



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

# MANUAL DE SEGURIDAD VIAL

R.D. N° 05 – 2017 – MTC/14



**Edición, Diciembre - 2017**

# **“MANUAL DE SEGURIDAD VIAL”**

**R.D. N° 05-2017-MTC/14**

MANUAL DE SEGURIDAD VIAL R.D. N° 05-2017-MTC/14

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones**

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

Dirección de Normatividad Vial

1ra Edición Lima \_\_\_\_\_ 2017

Tiraje: \_\_\_\_\_

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones**

Dirección: Jr. Zorritos 1203

Lima, Lima 01 Perú

Tel. (051) 615-7800

[www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)

Impreso por:

\_\_\_\_\_

Dirección:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Se terminó de imprimir en \_\_\_\_\_

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

**HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ: N° \_\_\_\_\_**

Impreso en Perú



## Resolución Directoral

N° 05-2017-MTC/14

Lima, 01 de agosto del 2017.

### CONSIDERANDO:

Que, el artículo 16° de la Ley N° 27181-Ley General del Transporte y Tránsito Terrestre establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es el órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, teniendo, entre otras, competencias normativas;

Que, en el marco de los alcances de dicha ley, por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC se aprobó el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, el cual ha señalado en el Numeral 4.1 de su artículo 4°, que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento. Asimismo, el artículo 19°, en concordancia con la Primera Disposición Complementaria Final de la misma norma, señala que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial;

Que, además, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, ha establecido en su artículo 18°, que los manuales son documentos de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial;

Que, en la relación de manuales previstos en el artículo 20° del mencionado reglamento, se encuentra el Manual de Seguridad Vial, el cual, según el artículo 30° del mismo, contiene las normas, guías y procedimientos para la gestión de la infraestructura vial en materia de seguridad vial, e incluye el diseño de los dispositivos y elementos de seguridad vial;

Que, de otro lado, de acuerdo con el artículo 60° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la Dirección de Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene, entre sus funciones, la de formular y actualizar normas de carácter técnico y/o administrativas relacionadas con la gestión de infraestructura vial (estudios, construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y uso de caminos);

Que, en ejercicio de tales funciones, la Dirección de Normatividad Vial planteó en el año 2015, la formulación del Manual de Seguridad Vial, mediante la contratación de los servicios de una empresa consultora;

Que, para tal efecto, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones contrató los servicios del Consorcio INTRA (conformado por las empresas:

Ingeniería de Tráfico SL Sucursal del Perú e Ingeniería de Tráfico SL) a fin que elabore la citada norma;

Que, luego de la formulación del manual y de otorgada la conformidad a los servicios de la mencionada consultora, la Dirección de Normatividad Vial presentó a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, con Memorándum N° 094-2016-MTC/14.04 de fecha 01 de junio del 2016, el proyecto final de dicha norma. Asimismo, la citada dirección sustentó tal proyecto normativo, con Informe N° 006-2016-MTC/14.04.GTMSV-JMFC/JCFC de fecha 30 de mayo del 2016;

Que, de acuerdo con lo previsto por el artículo 14° del Decreto Supremo N° 001-2009-JUS-"Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de proyectos normativos y difusión de normas legales de carácter general", y la Directiva N° 001-2011-MTC/01 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Directiva que establece el procedimiento para realizar la publicación de proyectos de normas legales, aprobada por Resolución Ministerial N° 543-2011-MTC/01; la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles dispuso, a través de la Resolución Directoral N° 19-2016-MTC/14 de fecha 06 de junio del 2016, la publicación del citado proyecto de manual en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con el objeto de recibir las sugerencias y comentarios de la ciudadanía en general, por un plazo de treinta (30) días hábiles;

Que, la publicación del proyecto de manual motivó la presentación de diversas observaciones, sugerencias, y aportes por parte de la ciudadanía;

Que, en mérito a ello, la Dirección de Normatividad Vial consideró conveniente la conformación de un Grupo de Trabajo, integrado por profesionales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles y del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional-PROVIAS NACIONAL, para realizar una revisión final del proyecto del Manual de Seguridad Vial e incorporar los aportes brindados por la ciudadanía. En ese sentido, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles designó tal grupo;

Que, luego de haber cumplido con el encargo efectuado, el mencionado Grupo de Trabajo ha presentado el Informe N° 001-2017-MTC/14.04-GT-MSV de fecha 28 de junio del 2017, en el cual detalla la labor realizada y recomienda la aprobación de la versión revisada del manual en mención;

Que, la Dirección de Normatividad Vial ha hecho suyo tal documento y, en ese sentido, mediante Informe N° 036-2017-MTC/14.04 de fecha 20 de julio del 2017 ha recomendado a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles la





## Resolución Directoral

N° 05-2017-MTC/14

Lima, 01 de agosto del 2017.

aprobación del Manual de Seguridad Vial. Asimismo, ha sustentado su aprobación con Informe Técnico N° 001-2017-MTC/14.04;

Que, estando a lo señalado, resulta pertinente dictar el acto administrativo de aprobación correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 006-2016-MTC/01;

### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO PRIMERO.-** Aprobar el Manual de Seguridad Vial, el cual obra en Anexo adjunto que consta de cuatrocientos sesenta (460) folios, y cuyo original forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.

Dicho manual constituye, de conformidad con el artículo 18° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio.

**ARTÍCULO SEGUNDO.-** Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano", y la publicación de su Anexo (contiene el Manual de Seguridad Vial), en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (<http://www.mtc.gob.pe>).

**ARTÍCULO TERCERO.-** La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

**ARTÍCULO CUARTO.-** Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese.



Ing. CARLOS E. LOZADA CONTRERAS  
DIRECTOR GENERAL  
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

## INTERCAMBIO VIAL PAITA EN PIURA



# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PRESENTACIÓN</b> .....   | <b>16</b> |
| <b>CAPÍTULO I GENERALIDADES</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>19</b> |
| <b>1.2 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>1.2.1 CODIFICACIÓN</b> .....   | <b>21</b> |
| <b>1.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....   | <b>21</b> |
| <b>1.4 SIGLAS Y ABREVIATURAS</b> .....  | <b>24</b> |
| <b>1.5 INCORPORACION DE NUEVOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL</b> .....         | <b>25</b> |
| <b>1.6 ANTECEDENTES</b> .....   | <b>25</b> |
| <b>1.6.1 PROBLEMA DE LA SALUD PÚBLICA A NIVEL MUNDIAL</b> .....                 | <b>25</b> |
| <b>1.6.2 DESARROLLO DE LA SEGURIDAD VIAL A NIVEL MUNDIAL</b> .....              | <b>27</b> |
| <b>1.6.2.1 Década de Acción de las Naciones Unidas</b> .....                    | <b>27</b> |
| <b>1.6.2.2 Organización Mundial de la Salud</b> .....                           | <b>34</b> |
| <b>1.6.2.3 Banco Mundial</b> .....  | <b>34</b> |
| <b>1.6.2.4 Organización para la Cooperación y el Desarrollo de Europa</b> ..... | <b>34</b> |
| <b>1.6.2.5 Visión Cero sueca</b> .....  | <b>35</b> |
| <b>1.6.2.6 La “Seguridad Sostenible” holandesa</b> .....                        | <b>36</b> |
| <b>1.6.3 LA SEGURIDAD VIAL EN PERÚ</b> .....                                    | <b>38</b> |
| <b>1.6.3.1 Comparativa Mundial e Iberoamericana</b> .....                       | <b>38</b> |
| <b>1.6.3.2 Comparativa entre Regiones a Nivel Mundial</b> .....                 | <b>40</b> |
| <b>1.6.3.3 Comparativa entre Perú y Otros Países</b> .....                      | <b>42</b> |
| <b>1.7 CONSIDERACIONES</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>1.7.1 PROPÓSITO DEL MSV</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>1.7.2 INTERVENCIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL A LOS PROYECTOS</b> .....            | <b>46</b> |
| <b>1.7.3 ALCANCES DE LA SEGURIDAD VIAL EN UN PROYECTO</b> .....                 | <b>47</b> |
| <b>1.7.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL SEGURA</b> .....         | <b>48</b> |
| <b>1.7.5 LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN DEL MSV</b> .....                        | <b>49</b> |
| <b>CAPÍTULO II PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA SEGURIDAD VIAL</b> .....          | <b>51</b> |
| <b>2.1 INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>51</b> |
| <b>2.2 LAS ACCIDENTES COMO BASE DEL ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD VIAL</b> .....     | <b>51</b> |
| <b>2.2.1 LA SEGURIDAD VIAL OBJETIVA Y SUBJETIVA</b> .....                       | <b>51</b> |
| <b>2.2.2 ALEATORIEDAD DE LOS ACCIDENTES</b> .....                               | <b>51</b> |
| <b>2.2.3 LOS PRINCIPALES FACTORES CONTRIBUYENTES A LOS ACCIDENTES</b> .....     | <b>52</b> |
| <b>2.3 ROL DEL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD VIAL</b> .....                     | <b>52</b> |
| <b>2.4 EL MODELO DE CONDUCCIÓN</b> .....  | <b>53</b> |
| <b>2.5 CARACTERÍSTICAS Y LIMITANTES DEL CONDUCTOR</b> .....                     | <b>55</b> |
| <b>2.5.1 TIEMPO DE PERCEPCIÓN Y REACCIÓN</b> .....                              | <b>62</b> |
| <b>2.5.2 USUARIOS VULNERABLES</b> .....   | <b>66</b> |
| <b>2.5.3 EDAD DE USUARIOS</b> .....   | <b>69</b> |
| <b>2.5.4 CONDUCCIÓN DISTRAÍDA</b> .....   | <b>70</b> |
| <b>2.5.5 ALCOHOL Y SOMNOLENCIA</b> .....  | <b>71</b> |
| <b>2.6 ORIENTACIÓN POSITIVA</b> .....   | <b>72</b> |
| <b>2.7 RELACIÓN DISEÑO - CONDUCTOR</b> .....                                    | <b>73</b> |
| <b>2.7.1 VÍAS URBANAS</b> .....   | <b>73</b> |
| <b>2.7.2 VÍAS RURALES</b> .....   | <b>74</b> |

|                     |  |            |
|---------------------|--|------------|
| 2.7.3               | INTERSECCIONES Y PUNTOS DE ACCESO .....                                | 74         |
| 2.7.4               | CARRETERAS CON MEDIANA Y ACCESOS CONTROLADOS .....                     | 80         |
| 2.7.5               | CARRETERAS BIDIRECCIONALES (SIN SEPARADOR CENTRAL).....                | 81         |
| <b>2.8</b>          | <b>CALMADO DE TRÁFICO .....</b>  | <b>82</b>  |
| 2.8.1               | EN QUÉ CONSISTE .....  | 83         |
| 2.8.2               | ELEVACIÓN DE CALZADA .....   | 83         |
| 2.8.3               | ESTRECHAMIENTO DE CALZADA .....  | 83         |
| 2.8.4               | CAMBIOS DE ALINEACIÓN .....  | 84         |
| 2.8.5               | TRATAMIENTO DE INTERSECCIONES .....                                    | 85         |
| 2.8.6               | LAS MINIGLORIETAS .....  | 85         |
| 2.8.7               | PAVIMENTOS .....   | 86         |
| 2.8.8               | LA APLICACIÓN DE PINTURA CON TEXTURA .....                             | 86         |
| 2.8.9               | LAS MARCAS VIALES TIPO "CHEVRON" .....                                 | 86         |
| 2.8.10              | ÁREAS PACIFICADAS .....  | 87         |
| 2.8.11              | REDUCTORES DE VELOCIDAD .....  | 87         |
| 2.8.12              | ELECCIÓN DE ELEMENTOS REDUCTORES.....                                  | 90         |
| <b>2.9</b>          | <b>GESTIÓN DE SEGURIDAD VIAL.....</b>                                  | <b>90</b>  |
| 2.9.1               | LÍMITES Y CONTROLES DE VELOCIDAD.....                                  | 91         |
| 2.9.2               | MÁRGENES DE LA CARRETERA .....   | 91         |
| 2.9.3               | CONTROL DE INTERSECCIONES.....   | 91         |
| 2.9.4               | CRUCE DE PEATONES .....  | 92         |
| 2.9.5               | ESTACIONAMIENTOS SOBRE LA CALZADA .....                                | 92         |
| 2.9.6               | CAMBIO DE CONDICIONES .....  | 92         |
| 2.9.7               | ÁREAS DE DETENCIÓN Y PARADAS DE BUSES.....                             | 93         |
| <b>CAPÍTULO III</b> | <b>INTERACCION ENTRE LA INFRAESTRUCTURA Y LA SEGURIDAD</b>             |            |
|                     | <b>VIAL.....</b>   | <b>94</b>  |
| <b>3.1</b>          | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>95</b>  |
| <b>3.2</b>          | <b>RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA Y LA</b>             |            |
|                     | <b>ACCIDENTALIDAD .....</b>  | <b>96</b>  |
| 3.2.1               | EN RELACIÓN A JERARQUIZACIÓN .....                                     | 97         |
| 3.2.2               | EN RELACIÓN AL USO DE SUELO.....                                       | 97         |
| <b>3.3</b>          | <b>LOS ACCIDENTES Y EL CONTROL DE ACCESOS .....</b>                    | <b>98</b>  |
| <b>3.4</b>          | <b>LOS ACCIDENTES Y EL ALINEAMIENTO .....</b>                          | <b>99</b>  |
| 3.4.1               | ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....   | 99         |
| 3.4.2               | ALINEAMIENTO VERTICAL .....  | 101        |
| 3.4.3               | LA COMBINACIÓN ENTRE EL ALINEAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL .....       | 102        |
| 3.4.4               | CURVAS DE TRANSICIÓN .....   | 102        |
| <b>3.5</b>          | <b>LOS ACCIDENTES Y LA SECCIÓN TRANSVERSAL .....</b>                   | <b>103</b> |
| 3.5.1               | NÚMERO DE CARRILES .....   | 103        |
| 3.5.2               | ANCHO DE CARRIL .....  | 104        |
| 3.5.3               | ANCHO DE ACOTAMIENTO O BERMA .....                                     | 105        |
| 3.5.4               | ANCHO DE CARRIL Y ACOTAMIENTO .....                                    | 106        |
| 3.5.5               | PENDIENTE TRANSVERSAL .....  | 107        |
| <b>3.6</b>          | <b>LOS ACCIDENTES Y LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD .....</b>              | <b>107</b> |
| 3.6.1               | DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....  | 107        |
| 3.6.2               | DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES.....                     | 107        |
| 3.6.3               | DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.....                   | 109        |
| <b>3.7</b>          | <b>LOS ACCIDENTES Y LAS CONDICIONES DE LOS MÁRGENES DE LA VÍA.....</b> | <b>109</b> |
| 3.7.1               | INCLINACIÓN TRANSVERSAL DE LOS MÁRGENES .....                          | 110        |
| 3.7.2               | OBSTÁCULOS EN LOS MÁRGENES.....  | 111        |



|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| 3.7.3       | DISPOSITIVOS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS.....  | 112        |
| 3.7.4       | ZONA DE SEGURIDAD EN MÁRGENES.....  | 113        |
| 3.7.5       | LA ZONA DE SEGURIDAD.....   | 116        |
| 3.7.6       | DESAGÜE Y DRENAJE.....  | 117        |
| 3.7.6.1     | Pasos a través de la cuneta.....  | 117        |
| 3.7.7       | APOYOS DE OBRAS DE PASO SOBRE EL CAMINO.....  | 118        |
| 3.7.8       | SOPORTES DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....   | 118        |
| 3.7.9       | SOPORTES Y POSTES SOS.....  | 118        |
| 3.7.10      | LUMINARIA.....  | 119        |
| <b>3.8</b>  | <b>LOS ACCIDENTES Y EL SEPARADOR CENTRAL.....</b>                                   | <b>119</b> |
| 3.8.1       | CRITERIOS PARA FIJAR LA ANCHURA DEL SEPARADOR CENTRAL.....                          | 119        |
| 3.8.2       | CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD EN EL SEPARADOR CENTRAL..... | 121        |
| 3.8.3       | EL CASO DE LAS SEPARADORAS CENTRALES ERICTAS.....                                   | 122        |
| 3.8.4       | PASOS A TRAVÉS DEL SEPARADOR CENTRAL.....   | 123        |
| 3.8.5       | ELEMENTOS LONGITUDINALES CONTINUOS EN EL SEPARADOR CENTRAL.....                     | 123        |
| 3.8.6       | OBSTÁCULOS AISLADOS EN EL SEPARADOR CENTRAL.....                                    | 124        |
| <b>3.9</b>  | <b>LOS ACCIDENTES Y LAS NARICES EN DIVERGENCIAS.....</b>                            | <b>124</b> |
| 3.9.1       | ISLAS EN ENLACES.....   | 124        |
| <b>3.10</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LA ILUMINACIÓN.....</b>   | <b>125</b> |
| <b>3.11</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LA SEÑALIZACIÓN - ELEMENTOS DE APOYO.....</b>                   | <b>125</b> |
| <b>3.12</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LOS CRUCES CON VÍAS FÉRREAS.....</b>                            | <b>128</b> |
| <b>3.13</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LAS INTERSECCIONES.....</b>                                     | <b>128</b> |
| <b>3.14</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LA SUPERFICIE DE RODADURA.....</b>                              | <b>129</b> |
| <b>3.15</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LOS PUENTES.....</b>  | <b>130</b> |
| 3.15.1      | SEGURIDAD VIAL EN LOS ACCESOS.....  | 130        |
| 3.15.2      | ALINEACIÓN Y SECCIÓN TRANSVERSAL.....   | 131        |
| 3.15.3      | SUPERFICIE DE RODADURA DEL PUENTE.....  | 131        |
| 3.15.4      | LOSA DE APROXIMACIÓN.....   | 131        |
| 3.15.5      | SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y PEATONAL EN PUENTES.....                         | 132        |
| 3.15.6      | SEGURIDAD VIAL EN LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE.....                                | 132        |
| <b>3.16</b> | <b>LOS ACCIDENTES Y LOS TUNELES.....</b>  | <b>134</b> |
| 3.16.1      | NÚMERO DE TUBOS Y CARRILES.....   | 135        |
| 3.16.2      | CENTRO DE CONTROL.....  | 135        |
| 3.16.3      | GEOMETRÍA DEL TÚNEL.....  | 135        |
| 3.16.4      | SEÑALIZACIÓN.....   | 136        |
| 3.16.5      | VÍAS DE EVACUACIÓN Y SALIDAS DE EMERGENCIA.....                                     | 136        |
| 3.16.6      | VEHÍCULOS AVERIADOS.....  | 137        |
| 3.16.7      | APARTADEROS.....  | 137        |
| 3.16.8      | RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS A LOS INCENDIOS.....                                 | 137        |
| 3.16.9      | ILUMINACIÓN.....  | 137        |
| 3.16.10     | VENTILACIÓN.....  | 137        |
| 3.16.11     | ESTACIONES DE EMERGENCIA.....   | 138        |
| 3.16.12     | SISTEMAS DE VIGILANCIA.....   | 138        |
| 3.16.13     | SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS.....                              | 138        |
| <b>3.17</b> | <b>CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD VIAL EN ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.....</b>          | <b>138</b> |
| 3.17.1      | PASOS A DESNIVEL.....   | 138        |
| 3.17.2      | OBRAS COMPLEMENTARIAS.....  | 139        |
| 3.17.2.1    | Postes SOS.....   | 139        |
| 3.17.2.2    | Paraderos de Bus.....   | 139        |
| 3.17.2.3    | Áreas de servicio.....  | 139        |

|                    |   |            |
|--------------------|---|------------|
| 3.17.3             | CONTROL DE PEAJE .....  | 140        |
| 3.17.4             | TELEPEAJE.....  | 141        |
| 3.17.5             | INFRAESTRUCTURA DE CONTROL DE PESAJE .....                                    | 142        |
| <b>3.18</b>        | <b>CONSIDERACIONES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION.....</b>                       | <b>142</b> |
| <b>CAPÍTULO IV</b> | <b>HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD VIAL .....</b>                                   | <b>144</b> |
| <b>4.1</b>         | <b>INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>145</b> |
| <b>4.2</b>         | <b>NECESIDAD .....</b>  | <b>145</b> |
| <b>4.3</b>         | <b>PLANES DE SEGURIDAD VIAL.....</b>  | <b>146</b> |
| 4.3.1              | DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.....                                     | 146        |
| 4.3.2              | NECESIDADES Y BENEFICIOS DE PLANES DE SEGURIDAD VIAL .....                    | 146        |
| 4.3.3              | PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD VIAL.....                                 | 147        |
| 4.3.4              | ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD .....  | 147        |
| 4.3.5              | EL BANCO MUNDIAL. ....  | 150        |
| 4.3.6              | METODOLOGÍA EN EL DESARROLLO ESTRATÉGICO DE SEGURIDAD VIAL .....              | 152        |
| 4.3.7              | TIPOS DE PLANES DE SEGURIDAD VIAL Y NECESIDADES .....                         | 154        |
| 4.3.7.1            | Plan estratégico de seguridad vial.....                                       | 154        |
| 4.3.7.2            | Planes específicos de seguridad vial .....                                    | 157        |
| 4.3.8              | RECOMENDACIONES PARA LOS PLANES.....  | 157        |
| 4.3.9              | PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL .....   | 157        |
| 4.3.9.1            | Instrumentos de planificación .....   | 158        |
| 4.3.9.2            | Transversalidad de la seguridad vial y la movilidad segura y sostenible ..... | 159        |
| 4.3.9.3            | Estrategia .....  | 159        |
| 4.3.10             | CONTENIDO MÍNIMO DE PLAN DE SEGURIDAD VIAL .....                              | 159        |
| 4.3.11             | LISTA DE CHEQUEO PARA PLANES DE SEGURIDAD VIAL.....                           | 161        |
| <b>4.4</b>         | <b>PROGRAMAS EDUCATIVOS .....</b>   | <b>161</b> |
| 4.4.1              | PROPÓSITO.....  | 161        |
| 4.4.2              | PROGRAMAS EDUCATIVOS EN EL PERÚ .....   | 161        |
| 4.4.3              | LA EDUCACIÓN EN SEGURIDAD VIAL .....  | 163        |
| <b>4.5</b>         | <b>AUDITORÍAS E INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL.....</b>                       | <b>164</b> |
| 4.5.1              | INTRODUCCIÓN.....   | 164        |
| 4.5.2              | DEFINICIÓN Y OBJETIVOS.....   | 165        |
| 4.5.3              | PREOCUPACIÓN DE SEGURIDAD VIAL .....  | 165        |
| 4.5.4              | ESTRATEGIA Y ALCANCE DE UNA ASV/ISV .....                                     | 165        |
| 4.5.4.1            | Cuando realizar una Auditoría e Inspección .....                              | 165        |
| 4.5.4.2            | Procedimientos.....   | 167        |
| 4.5.4.3            | La importancia de la prevención.....  | 168        |
| 4.5.4.4            | Tipos de proyectos a Auditar e Inspeccionar .....                             | 169        |
| 4.5.4.5            | Requisitos que debe cumplir una vía para ser Auditada y/o Inspeccionada ..... | 170        |
| <b>4.6</b>         | <b>AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL .....</b>                                     | <b>170</b> |
| 4.6.1              | ASPECTOS GENERALES .....  | 170        |
| 4.6.2              | OBJETIVOS Y BENEFICIOS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL .....                | 171        |
| 4.6.3              | LAS PARTES DE UNA AUDITORÍA Y SU PAPEL EN LA ORGANIZACIÓN .....               | 173        |
| 4.6.3.1            | El proyectista .....  | 173        |
| 4.6.3.2            | El equipo auditor .....   | 173        |
| 4.6.3.3            | La entidad contratante .....  | 174        |
| 4.6.3.4            | Compromisos.....  | 174        |
| 4.6.4              | CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL .....          | 175        |
| 4.6.5              | AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL DURANTE EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO .....    | 176        |
| 4.6.5.1            | Auditorías en perfil y factibilidad.....                                      | 176        |
| 4.6.5.2            | Auditorías en diseño preliminar.....  | 178        |
| 4.6.5.3            | Auditorías en estudio definitivo (diseño detallado).....                      | 179        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 4.6.5.4  | Auditorías en ejecución .....   | 179        |
| 4.6.5.5  | Auditorías de esquemas de tránsito de trabajos viales .....                       | 180        |
| 4.6.5.6  | Auditorías en preapertura .....   | 181        |
| 4.6.5.7  | Auditoria en explotación inicial .....  | 182        |
| 4.6.6    | <b>EL PROCEDIMIENTO DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL .....</b>                   | <b>182</b> |
| 4.6.6.1  | Definición y selección del equipo auditor .....                                   | 183        |
| 4.6.6.2  | Recopilación y entrega de información .....                                       | 183        |
| 4.6.6.3  | Reunión inicial en una auditoria de seguridad vial .....                          | 184        |
| 4.6.6.4  | Evaluación de la documentación e informes de ASV anteriores .....                 | 185        |
| 4.6.6.5  | Vista en campo (bajo todas las condiciones) .....                                 | 185        |
| 4.6.6.6  | Resultados de la auditoría .....  | 186        |
| 4.6.6.7  | Elaboración del informe de auditoría de seguridad vial .....                      | 187        |
| 4.6.6.8  | Reunión final .....   | 188        |
| 4.6.6.9  | Fin del proceso .....   | 188        |
| 4.6.6.10 | Respuesta al informe de auditoría .....   | 188        |
| 4.6.6.11 | Aprender del proceso .....  | 190        |
| 4.7      | <b>INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL .....</b>                                       | <b>190</b> |
| 4.7.1    | INTRODUCCIÓN .....  | 190        |
| 4.7.2    | DEFINICIÓN DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL .....                               | 192        |
| 4.7.3    | OBJETIVOS DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL .....                                | 192        |
| 4.7.4    | CONDICIONES Y PLANTEAMIENTOS .....  | 192        |
| 4.7.5    | INSPECCIONES Y ACCIDENTALIDAD .....   | 192        |
| 4.7.6    | INSPECCIONES Y CONSERVACIÓN .....   | 193        |
| 4.7.7    | INSPECCIONES Y FACTOR HUMANO .....  | 193        |
| 4.7.8    | REVISIÓN DE LA SEGURIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DEL USUARIO .....                   | 193        |
| 4.7.9    | REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR UN TRAMO EN SERVICIO PARA SER INSPECCIONADO .....     | 194        |
| 4.7.10   | <b>LAS PARTES DE UNA INSPECCIÓN Y SU PAPEL EN LA ORGANIZACIÓN .....</b>           | <b>195</b> |
| 4.7.10.1 | El proyectista .....  | 195        |
| 4.7.10.2 | El equipo inspector .....   | 195        |
| 4.7.10.3 | La entidad contratante .....  | 195        |
| 4.7.11   | <b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL .....</b>      | <b>195</b> |
| 4.7.12   | <b>INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL DURANTE EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO .....</b> | <b>196</b> |
| 4.7.12.1 | Operación – Mantenimiento .....   | 196        |
| 4.7.12.2 | Evaluación ex - post .....  | 197        |
| 4.7.13   | <b>EL PROCEDIMIENTO DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL .....</b>                  | <b>197</b> |
| 4.7.13.1 | Fase 1: Definición y selección del equipo inspector .....                         | 198        |
| 4.7.13.2 | Fase 2: Trabajo preliminar de oficina .....                                       | 200        |
| 4.7.13.3 | Fase 3: Trabajo de campo .....  | 200        |
| 4.7.13.4 | Fase 4: Informe de inspección .....   | 205        |
| 4.7.13.5 | Fase 5: Actuaciones preventivas y seguimiento .....                               | 207        |
| 4.8      | <b>LISTAS DE CHEQUEO .....</b>  | <b>207</b> |
| 4.8.1    | PROPÓSITO DE LAS LISTAS DE CHEQUEO .....  | 207        |
| 4.8.2    | APLICACIÓN DE LAS LISTAS DE CHEQUEO .....   | 208        |
| 4.8.3    | USO DE LAS LISTAS DE CHEQUEO .....  | 208        |
| 4.8.3.1  | Listas maestras .....   | 208        |
| 4.8.3.2  | Listas de chequeo .....   | 209        |
| 4.9      | <b>CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA RED VIAL .....</b>                              | <b>209</b> |
| 4.9.1    | NIVEL EXPOSICIÓN AL RIESGO (NER) .....  | 209        |
| 4.9.2    | ÍNDICES DE PELIGROSIDAD (IP) .....  | 210        |
| 4.9.3    | ÍNDICES DE PELIGROSIDAD GRAVE (IPG) .....   | 210        |
| 4.9.4    | ÍNDICES DE MORTALIDAD (IM) .....  | 210        |
| 4.9.5    | ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD (IA) .....  | 211        |
| 4.9.6    | ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD MORTAL (IAM) .....                                      | 211        |
| 4.9.7    | PERIODO DE ANÁLISIS DE RIESGO .....   | 212        |
| 4.9.8    | METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE UN ANÁLISIS DE RIESGO .....                       | 212        |
| 4.9.9    | ACCIDENTALIDAD POR CONCENTRACIÓN .....  | 212        |
| 4.9.10   | ACCIDENTES POTENCIALMENTE EVITABLES .....   | 213        |

|                   |   |            |
|-------------------|---|------------|
| 4.9.11            | EJEMPLOS DE METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS PELIGROSOS.....  | 214        |
| 4.9.12            | COMPARATIVA DE MÉTODOS NSM.....   | 216        |
| <b>4.10</b>       | <b>CONTROL POR CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES .....</b>  | <b>218</b> |
| 4.10.1            | ZONAS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES .....  | 218        |
| 4.10.2            | EL CONCEPTO DE TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES .....   | 219        |
| 4.10.3            | METODOLOGÍA PARA LA ELECCIÓN DEL MODELO .....   | 221        |
| 4.10.4            | PARÁMETROS DE CÁLCULO .....   | 221        |
| 4.10.4.1          | Unidad de análisis .....  | 221        |
| 4.10.4.2          | Gravedad de las accidentes .....  | 222        |
| 4.10.4.3          | Periodo de análisis .....   | 222        |
| 4.10.4.4          | Longitud del Tramo .....  | 223        |
| 4.10.4.5          | Segmentación .....  | 223        |
| 4.10.4.6          | Kilómetro Flotante .....  | 224        |
| 4.10.4.7          | Ponderación de las Accidentes .....   | 224        |
| 4.10.4.8          | Agrupación por rango de IMD .....   | 225        |
| 4.10.5            | IMPLEMENTACIÓN EN PERÚ MÉTODOS BASADOS EN VALORES OBSERVADOS: CÁLCULO DEL TCA POR PELIGROSIDAD. ....                    | 225        |
| 4.10.5.1          | Índice de peligrosidad (IP) .....   | 225        |
| 4.10.5.2          | Umbral de IP para determinar los tramos más peligrosos .....  | 226        |
| 4.10.5.3          | Criterios de selección .....  | 227        |
| 4.10.6            | METODOLOGÍAS BASADAS EN MODELOS ESTADÍSTICOS DE PREVISIÓN DE ACCIDENTES.....  | 228        |
| 4.10.6.1          | Clasificación de los tramos.....  | 228        |
| 4.10.6.2          | Modelo estadístico de predicción de accidentes .....  | 229        |
| 4.10.6.3          | Modelo de regresión lineal .....  | 229        |
| 4.10.6.4          | Modelos lineales generalizados (GLM) .....  | 231        |
| 4.10.7            | METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (BSM) .....                                     | 234        |
| 4.10.8            | PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PARA PERÚ METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (BSM)..... | 240        |
| <b>4.11</b>       | <b>CONTRAMEDIDAS DE BAJO COSTO.....</b>   | <b>241</b> |
| 4.11.1            | CONCEPTO DE CARRETERAS QUE PERDONAN .....   | 241        |
| 4.11.2            | ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LAS VÍAS .....  | 242        |
| <b>CAPÍTULO V</b> | <b>ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL.....</b>   | <b>244</b> |
| <b>5.1</b>        | <b>DEFINICIÓN DE NIVELES DE RESPONSABILIDAD .....</b>   | <b>245</b> |
| <b>5.2</b>        | <b>PASO 1: RECOLECCIÓN DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA RED VIAL.....</b>  | <b>246</b> |
| 5.2.1             | DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES .....   | 246        |
| 5.2.2             | TEORÍA DE LA REGRESIÓN A LA MEDIA .....   | 247        |
| 5.2.2.1           | Limitaciones debidas a la aleatoriedad de la data .....   | 247        |
| 5.2.3             | DATA DE ACCIDENTES .....  | 248        |
| 5.2.3.1           | Limitaciones en la precisión de la data .....   | 248        |
| 5.2.3.2           | Procedimiento para la recolección de data .....   | 248        |
| 5.2.4             | IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS O TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES .....  | 251        |
| 5.2.5             | EVOLUCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMACIÓN DE ACCIDENTES.....   | 252        |
| 5.2.5.1           | Métodos de frecuencia de accidentes e índice de accidentabilidad<br>252   |            |
| 5.2.5.2           | Medidas Indirectas de Seguridad Vial .....  | 252        |
| 5.2.5.3           | Estimación de Accidentes Utilizando Métodos Estadísticos .....  | 253        |
| <b>5.3</b>        | <b>PASO 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO.....</b>  | <b>253</b> |
| 5.3.1             | INTRODUCCIÓN.....   | 253        |
| 5.3.2             | ACTIVIDAD 1 – REVISIÓN DE DATA .....  | 254        |
| 5.3.2.1           | Estadísticas Descriptivas .....   | 255        |
| 5.3.2.2           | Resumen de Accidentes por Ubicación .....   | 257        |
| 5.3.3             | ACTIVIDAD 2 – EVALUACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN PERTINENTE .....   | 260        |
| 5.3.4             | ACTIVIDAD 3 - EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CAMPO .....  | 261        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 5.3.5    | IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....   | 262        |
| 5.4      | <b>PASO 3: MEDIDAS MITIGADORAS.....</b>   | <b>263</b> |
| 5.4.1    | INTRODUCCIÓN .....  | 263        |
| 5.4.2    | ACCIDENTES TÍPICOS .....  | 263        |
| 5.4.3    | IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES CONTRIBUYENTES .....   | 263        |
| 5.4.3.1  | <b>Criterios a considerar en la identificación de factores contribuyentes .....</b>                                 | <b>264</b> |
| 5.4.3.2  | <b>Factores contribuyentes.....</b>   | <b>264</b> |
| 5.4.4    | SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS MITIGADORAS .....  | 270        |
| 5.5      | <b>PASO 4: PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS .....</b>  | <b>270</b> |
| 5.5.1    | INTRODUCCIÓN .....  | 270        |
| 5.5.2    | MÉTODOS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS .....  | 272        |
| 5.5.3    | INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE PRIORIZACIÓN .....  | 274        |
| 5.6      | <b>PASO 5: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD .....</b>  | <b>274</b> |
| 5.6.1    | INTRODUCCIÓN .....  | 274        |
| 5.6.2    | OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN POSTERIOR .....   | 275        |
| 5.6.3    | EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LA SEGURIDAD VIAL – DEFINICIÓN Y PROPÓSITO .....                                       | 275        |
| 5.6.4    | MÉTODOS Y DISEÑOS DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN POSTERIOR .....   | 276        |
| 5.6.5    | EVALUACIÓN POSTERIOR DE UN PROYECTO ESPECÍFICO .....  | 278        |
| 5.6.6    | EVALUACIÓN POSTERIOR DE UN GRUPO DE PROYECTOS SIMILARES .....   | 278        |
| 5.6.7    | CUANTIFICACIÓN DE LOS FMCs COMO RESULTADO DE LA EVALUACIÓN POSTERIOR .....  | 278        |
| 5.6.8    | EVALUACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DE PROYECTOS IMPLEMENTADOS .....  | 278        |
| 5.7      | <b>PASO 6: MÉTODO PREDICTIVO .....</b>  | <b>279</b> |
| 5.7.1    | INTRODUCCIÓN .....  | 279        |
| 5.7.2    | DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO .....   | 280        |
| 5.7.3    | FÓRMULAS PREDICTIVAS.....   | 281        |
| 5.7.3.1  | <b>Vías urbanas .....</b>   | <b>281</b> |
| 5.7.3.2  | <b>Vías rurales de dos carriles con doble sentido de circulación.....</b>   | <b>283</b> |
| 5.7.3.3  | <b>Vías rurales de múltiples carriles .....</b>   | <b>285</b> |
| 5.7.4    | FACTORES DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES EN EL MÉTODO PREDICTIVO .....  | 287        |
| 5.7.5    | CALIBRACIÓN DE FÓRMULAS PREDICTIVAS PARA CONDICIONES LOCALES .....  | 287        |
| 5.7.6    | LIMITACIONES DEL MÉTODO PREDICTIVO .....  | 288        |
| 5.8      | <b>PASO 7: RENDICIÓN DE CUENTAS .....</b>   | <b>288</b> |
| 5.8.1    | ENTIDADES RESPONSABLES .....  | 288        |
| 5.8.2    | INFORMACIÓN QUE DEBERÁ PRESENTARSE EN UN INFORME DE SEGURIDAD VIAL .....  | 289        |
|          | <b>ANEXOS.....</b>  | <b>290</b> |
| ANEXO A1 | <b>FICHA GENERAL PARA AUDITORÍA E INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL .....</b>  | <b>291</b> |
| ANEXO A2 | <b>FICHA PARA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL.....</b>  | <b>294</b> |
| ANEXO A3 | <b>FICHA PARA INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL .....</b>  | <b>322</b> |
| ANEXO A4 | <b>MEJORAS PARA DISEÑO DE VIAS SEGURAS.....</b>   | <b>338</b> |
| ANEXO A5 | <b>SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BARRERAS DE SEGURIDAD PARA CARRETERA Y AMORTIGUADORES DE IMPACTO ...</b> | <b>406</b> |
| ANEXO A6 | <b>REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC).....</b>                     | <b>434</b> |

CARRETERA TOCACHE JUANJUI



## PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El "**Manual de Seguridad Vial**" en adelante también denominado **MSV**, forma parte de los **Manuales de Carreteras** establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional, su aplicación está en función al Artículo 18 del D.S. N° 034-2008-MTC y está dirigido para los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

En ese contexto, el **Manual de Seguridad Vial**, está orientado a dictar disposiciones que tienen por finalidad contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y su entorno, con el propósito de incrementar la seguridad intrínseca y la calidad de protección de las redes de carreteras en beneficio de todos los usuarios de las vías; no siendo por tanto de su competencia, los aspectos relativos a la seguridad vial del tránsito vehicular terrestre, que es materia de las normas que dicten los respectivos órganos competentes.

El **Manual de Seguridad Vial**, tiene por finalidad identificar y desarrollar las consideraciones y disposiciones, que deben cumplirse en cada una de las etapas de la gestión vial, por tanto, su aplicación tiene relación directa y se complementa con los demás documentos normativos que rigen la infraestructura vial, y principalmente con el Manual de Diseño Geométrico, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, Manual de Suelos y Pavimentos, entre otros.

Teniendo en consideración que, como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial está en permanente cambio e innovación, es necesario, que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente, por el órgano normativo de la infraestructura vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Lima, julio de 2017

CARRETERA HUAYLLAY – DV. COCHAMARCA, EN PASCO



## CAPÍTULO I GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El **Manual de Seguridad Vial (MSV)** tiene el objetivo de contribuir a la mejora de las características de seguridad de la infraestructura vial y su entorno, así como optimizar las condiciones de su nivel operativo, brindando una infraestructura eficiente, accesible y sostenible, contribuyendo de esta manera a promover el desarrollo de la calidad de vida de los usuarios.

El **Manual de Seguridad Vial** busca la reducción de los índices de accidentes viales, a través de la mejora de las características físicas de los componentes de la infraestructura vial, así como de su entorno. El manual es un documento normativo, que brinda las herramientas, los procedimientos, metodologías y consideraciones relativas a Seguridad Vial a tomarse en consideración en las diferentes etapas de los proyectos de infraestructura vial (estudio de factibilidad, diseño preliminar, diseño detallado, construcción, mantenimiento o conservación, operación y otros).

En la etapa de diseño: Deben tomarse en cuenta en el diseño geométrico; diseño de pavimentos; diseño de la señalización y los dispositivos del control del tránsito automotor; diseño de drenaje, puentes, túneles, intersecciones, obras complementarias y otros estudios

En la etapa de construcción: Deben tomarse en cuenta durante la ejecución de las obras de un proyecto vial, tales como: Plan de Seguridad Vial de la obra (personas, vehículos y maquinaria, instalaciones, entorno y usuarios en general); gestión del tránsito vehicular, desvíos e iluminación nocturna; plan de contingencia en caso de accidentes y emergencias o sucesos predecibles y no predecibles; dispositivos del control de tránsito y velocidades de circulación en zonas de trabajo.

En la etapa del mantenimiento: Deben tomarse en cuenta aspectos relativos al mantenimiento de pavimentos, bermas, señalización, dispositivos de control del tránsito, sistema de contención vehicular, estructuras (puentes, túneles, intersecciones, obras complementarias y otros), visibilidad y otros.

En la etapa de operación: Deben tomarse en cuenta los sistemas de monitoreo y control de tránsito vehicular y peatonal, sistemas de control de velocidades mediante sistema de fiscalización electrónica, sistema de comunicación para emergencias en la vía, sistema de información en la vía, sistema de fiscalización satelital (GPS); gestión del Derecho de Vía; gestión de incidentes y accidentes de tránsito (registro, almacenamiento, procesamiento y medidas correctivas); control de pesos y medidas; gestión de puntos de concentración de accidentes (identificación, análisis, soluciones y/o mitigación), impacto vial (tipo de vehículo en relación al diseño de la vía, evaluación de velocidades de operación, congestión vehicular, etc.); que brinden las funciones de gestión, control del tráfico, planificación, dirección, coordinación de las instalaciones y tecnologías para el control, regulación, vigilancia y mejora de la seguridad vial en su entorno así como la participación de todos los actores con responsabilidad en la gestión del tráfico entre otros.

Así mismo, incorpora el concepto de Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial: definición, objetivos, alcances, frecuencia y oportunidades de ejecución en las etapas de los proyectos de infraestructura vial (estudio de factibilidad, diseño preliminar, diseño detallado, construcción, mantenimiento o conservación, operación y otros);

así como, las recomendaciones para la superación de los problemas encontrados, orientadas a la mitigación (reducción de riesgos y la tasa de accidentes).

El conocimiento, la experiencia especializada y la implementación o desarrollo oportuno de las acciones necesarias, son los factores indispensables para obtener los mejores resultados de los procesos que configuran la actividad de Seguridad Vial, de este modo, el MSV es, en general, un recurso que proporciona herramientas para facilitar una mejor toma de decisiones en cada una de las etapas de un proyecto de infraestructura vial.

## 1.2 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL

El **Manual de Seguridad Vial** está organizado en capítulos, secciones y cada uno de los cuales están subdivididos en numerales respectivamente. Los capítulos son los siguientes:

### CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

Describe el propósito y los alcances del Manual, en la identificación de los procedimientos, metodologías y consideraciones relativas a Seguridad Vial a tomarse en consideración y cumplirse en las etapas de los proyectos de infraestructura vial (estudio de factibilidad, diseño preliminar, diseño detallado, construcción, mantenimiento o conservación, operación y otros). Así mismo, contiene la organización del Manual y Glosario de Términos.

### CAPÍTULO 2: ASPECTOS CONCEPTUALES

Plantea una visión general de los principios conceptuales en materia de seguridad vial a nivel internacional y nacional, que deben tenerse en consideración en el comportamiento y actitud humana, frente a los riesgos que de por sí representa el transporte y tránsito terrestre que utiliza la infraestructura vial, a fin de contribuir a la disminución de los accidentes de tránsito que generan pérdida de vidas humanas.

### CAPÍTULO 3: INTERACCIÓN ENTRE LA INFRAESTRUCTURA Y LA SEGURIDAD VIAL

Aborda la incorporación de conceptos, procedimientos y metodologías que deben tomarse en consideración durante las etapas de diseño y construcción de la infraestructura vial, identificando y desarrollando las consideraciones y disposiciones que deben adoptarse en materia de Seguridad Vial, con el propósito de que las mismas contribuyan de manera efectiva a la disminución de los accidentes de tránsito y consiguiente pérdida de vidas humanas.

### CAPÍTULO 4: HERRAMIENTAS DE LA SEGURIDAD VIAL

Este capítulo del mismo modo, identifica y desarrolla las consideraciones y disposiciones que en materia de Seguridad Vial deben adoptarse durante las etapas de diseño, construcción y de mantenimiento o conservación y operación de la infraestructura vial, las cuales principalmente están orientadas a determinar situaciones o elementos que podrían comprometer la seguridad vial.

### CAPÍTULO 5: ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

Este último capítulo, identifica y desarrolla disposiciones sobre la administración de la seguridad vial, con 8 pasos básicos, que van desde la recolección de datos y evaluación de la red vial, hasta cálculos de evaluación de efectividad y priorización

de proyectos, con análisis y diagnóstico, para proceder a disponer de un método predictivo.

Finalmente, como ANEXO A1, A2, A3, A4, A5 y A6, del Manual de Seguridad Vial se presenta consideraciones técnicas normativas que complementan a la normatividad vigente, tales como: Datos generales para Auditoría e Inspección de Seguridad Vial, ficha para Auditoría de Seguridad Vial, ficha para Inspección de Seguridad Vial, Propuestas de mejora para diseño de vías seguras, Sistema de contención de vehículos tipo barreras de seguridad y amortiguadores de impacto, Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC).

### 1.2.1 CODIFICACIÓN

A continuación se muestra un ejemplo de la codificación del Manual:

**Ejemplo: 2.4.2** corresponde a:

**CAPITULO II: PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA SEGURIDAD VIAL**

**2.4 SECCIÓN: CARACTERISTICAS Y LIMITACIONES DEL CONDUCTOR**

**2.4.1** Tiempo de percepción y reacción

**2.4.2** Usuarios vulnerables

### 1.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Los términos, siglas y abreviaturas utilizados en el presente Manual, corresponden al documento oficial denominado **"Glosario de Términos" de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial**", vigente.

Así mismo, solo para los efectos del presente Manual se utilizarán los siguientes términos y siglas:

**ACCIDENTE DE TRANSITO:** Una colisión o incidente en el que se ve implicados al menos un vehículo sobre ruedas para uso en carreteras (en adelante "vehículo de carretera"), en movimiento, en una vía pública o privada con acceso público a las inmediaciones.

**ACCIDENTE CON VÍCTIMAS:** Aquel en que una o varias personas resultan muertas o heridas.

**ACCIDENTE MORTAL:** Aquel en que una o varias personas resulta muertas dentro de las primeras veinticuatro horas.

**ACCIDENTE CON SOLO DAÑOS MATERIALES:** Aquel en que no se ha ocasionado ni heridos ni muertos.

**CONDUCTOR:** Toda persona que en las vías, lleva la dirección de un vehículo.

**COLISIÓN:** Encuentro violento entre dos vehículos, un vehículo y un objeto, o un vehículo y una persona. En el presente documento se usa este término intercambiamente con los términos siniestro y accidente.

**COLISIÓN TRASERA:** Colisión con otro vehículo utilizando el mismo carril y circulando en misma dirección, disminuyendo su velocidad o parada de manera temporal. Se excluye los accidentes con vehículos estacionados.

**COLISIÓN FRONTAL:** Colisión con otro vehículo utilizando el mismo carril y circulando en dirección contraria, disminuyendo su velocidad o parada de manera temporal. Se excluye los accidentes con vehículos estacionados.

**COLISIÓN CRUZADO O GIRADO:** Colisión con otro vehículo que se desplaza en una posición lateral porque está cruzando, saliendo o entrando en la vía. Se excluye las accidentes con vehículos estacionados o esperando para girar.

**COLISIÓN POR ALCANCE:** Colisión en la que un vehículo impacta por atrás a otro que viaja en el mismo sentido.

**COLISIÓN EN ÁNGULO RECTO:** Colisión en la que los vehículos impactan luego de trayectorias perpendiculares o cercanas a perpendiculares entre sí.

**COLISIÓN PARALELA:** Colisión en la que dos vehículos viajando en el mismo sentido se impacta lateralmente.

**COLISIÓN CON PEATÓN/BICICLETA:** Colisión entre un vehículo motorizado y un peatón o una bicicleta.

**CONTRAMEDIDA:** Proyecto que se aplica para mitigar el impacto directo de un tipo específico de accidente.

**CONTROL ACTIVO:** Sistema de control de tránsito con dispositivos mecánicos que reaccionan a la presencia vehicular, generalmente en cruces a nivel ferroviarios.

**CONTROL PASIVO:** Tipo de control que usa únicamente la señalización horizontal y vertical.

**DESPISTE:** Situación en la que un vehículo se sale de la vía de rodadura.

**DIRAGRAMA DE ACCIDENTES:** Representación de los siniestros en el plano de un cierto espacio de análisis de accidentes. Usualmente, se utiliza para ilustrar la ubicación y tipo de accidentes que ocurren en una determinada vía o intersección.

**FACTOR DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES:** Factor de Modificación de Accidentes: Factor utilizado para calcular el efecto de una contramedida sobre la accidentalidad.

**FACTORES DE LA SEGURIDAD VIAL:** los factores que intervienen en los accidentes viales son múltiples, sin embargo se puede agrupar en las siguientes categorías: acciones del conductor, condiciones mecánicas del vehículo, características geométricas de la vía y el medio ambiente físico o climático en el que opera el vehículo.

**FACTORES HUMANOS:** Comportamientos relacionados exclusivamente a psicología, fisiología, o quinesiología humana.

**FACTOR VEHÍCULO:** las condiciones mecánicas de un vehículo puede ser también la causa de los accidentes tales como: los frenos defectuosos en camiones pesados, etc.

**FACTOR INFRAESTRUCTURA:** las condiciones y la calidad de la vía, el pavimento, las cunetas, las intersecciones y el sistema de control de tránsito, pueden ser factores condicionantes para que ocurran los accidentes.

El medio ambiente físico y climático que circunda a un vehículo de transporte, también puede ser un factor en la ocurrencia de los accidentes.



**FORMULA PREDICTIVA:** Formula desarrollada para predecir el número de accidentes en una determinada vía o intersección en función a su volumen vehicular y sus características de diseño.

**HERIDO:** Toda persona que no ha resultado muerta en un accidente vial, pero ha sufrido una o varias heridas graves o leves.

**HERIDO GRAVE:** Toda persona herida en un accidente vial y cuyo estado precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas.

**HERIDO LEVE:** Toda persona herida en un accidente vial al que no puede aplicarse la definición de herido grave.

**ILUMINACIÓN DIFERENCIAL:** Es aquella que presenta un contraste respecto a un conjunto o sistema de iluminación existente en un tramo vial.

**INCIDENTE:** Cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada, sin resultado de daño para las personas.

**ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD:** Indicador que determina el número de accidentes comparado con alguna estadística poblacional tal como número de personas, número de viajes diarios, etc. Sirve para evaluar la siniestralidad en un lugar concreto, y compararlo con otros países o territorios.

**MÉTODO PREDICTIVO:** Método que agrupa un conjunto de fórmulas predictivas desarrolladas en base a data empírica de accidentes. Permite predecir o estimar los accidentes en vías existentes y vías aun por construirse.

**MOVILIDAD:** Conjunto de desplazamientos, tanto de personas como de mercancías, que se producen en un entorno físico.

**NIVEL DE PRIORIDAD:** Asignación de preferencia a una contramedida en función a alguna medida, ej. Costo/beneficio, social, entre otros.

**PUNTO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES:** Lugar de una calzada de una red de carreteras, en el que durante un año se haya producido tres o más accidentes con víctimas, con una separación máxima entre uno y otro de 200 metros.

**REDUCTOR DE VELOCIDAD:** Tipo de dispositivo para el control de velocidad diseñado con la finalidad de obligar al conductor a disminuir la velocidad de operación.

**REFUGIO:** Zona peatonal situada en la calzada y protegida del tránsito de vehículos.

**SEGURIDAD VIAL:** Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

**SEVERIDAD:** Acontecimiento de mayor seriedad en un accidente (fatal, heridos graves, etc.).

**SINIESTRO:** Suceso eventual o acción de la que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas. En el presente documento se utiliza intercambiamente con el término accidente y colisión.

**TRUCK CENTER:** Zona aledaña a una vía pensada para el estacionamiento del transporte de carga y descanso del conductor.

**TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (TCA):** Es aquel tramo de la red que presenta una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos características semejantes, y en los que, posiblemente, una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad.

**TRAMO POTENCIALMENTE PELIGROSO:** Tramos de una vía que, no llegando a ser un Tramo de Concentración de Accidentes, pero son puntos conflictivos detectados que requieren de una actuación de mejora de su Seguridad Vial.

**VELOCIDAD DE PASO:** Velocidad de operación resultante para el tránsito en el dispositivo.

**VISIÓN CERO:** Proyecto de Seguridad Vial multinacional que busca lograr un sistema de tránsito sin muertes o lesiones graves.

**ZONA DE PREVENCIÓN:** Área destinada a advertir a los usuarios la situación que la vía presenta más adelante.

**ZONA DE APROXIMACIÓN:** Área próxima al dispositivo en la cual se diseñará la señalización vial para lograr un sistema de reducción de velocidad eficiente.

**ZONA DE CONFLICTO:** Tramo de la carretera, que atraviesa una zona urbana, en la que las autoridades no puedan ejercer un control adecuado de la velocidad y donde habitualmente se excede los límites de velocidad permitidos, y por lo que se genera ocurrencias de accidentes, como en cruce de peatones, una intersección a nivel, etc.

**ZONA DE SEGURIDAD:** Área que separa el área de obras de los flujos vehiculares o peatonales.

**ZONA DE RECUPERACIÓN:** Sección de la calzada utilizada por un vehículo para recuperar su trayectoria después de un despiste total o parcial.

## 1.4 SIGLAS Y ABREVIATURAS

### SIGLAS

|        |   |
|--------|---|
| AASHTO | : Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials) |
| APE    | : Accidentes Potencialmente Evitables   |
| ASTM   | : Asociación Americana para el Ensayo de Materiales (American Society for Testing Materials)  |
| ASV    | : Auditoría de Seguridad Vial   |
| BCR    | : Razón Beneficio Costo   |
| BSM    | : Black Spot Management (Identificación de Puntos Negros)   |
| CITV   | : Centros de Inspección Técnica Vehicular   |
| CNSV   | : Consejo Nacional de Seguridad Vial  |
| CRSV   | : Consejo Regional de Seguridad Vial  |
| DGCF   | : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles  |
| DGL    | : Densidad de la gravedad de la lesión  |
| DGTT   | : Dirección General de Transporte Terrestre   |

|       |   |   |
|-------|---|---|
| DNV   | : | Dirección de Normatividad Vial  |
| DRTC  | : | Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones                        |
| FIA   | : | Federación Internacional del Automóvil                                    |
| FHWA  | : | Federal Highway Administration – USA                                      |
| INEI  | : | Instituto Nacional de Estadística e Informática                           |
| IM    | : | Índice de Mortalidad  |
| IMD   | : | Índice Medio Diario   |
| IP    | : | Índice de Peligrosidad  |
| IPG   | : | Índice de Peligrosidad Grave  |
| ISV   | : | Inspección de Seguridad Vial  |
| IRTAD | : | Internacional de Datos de Seguridad del Tráfico y el Grupo de Análisis    |
| MSV   | : | Manual de Seguridad Vial  |
| MTC   | : | Ministerio de Transportes y Comunicaciones                                |
| NCHRP | : | National Cooperative Highway Research Program – USA                       |
| NSM   | : | Network Safety Management (Identificación de Tramos Peligrosos)           |
| OCDE  | : | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos               |
| PCA   | : | Punto de Concentración de Accidentes                                      |
| PK    | : | Punto Kilométrico   |
| PS    | : | Potencial de Seguridad  |
| RPS   | : | Características geométricas de la vía o Road Protection Score             |
| SINAC | : | Sistema Nacional de Carreteras  |
| SOVAT | : | Sistema de orientación de víctimas de accidentes de tránsito y familiares |
| TCA   | : | Tramo de Concentración de Accidentes                                      |
| TPP   | : | Tramo Potencialmente Peligrosos   |

## **1.5 INCORPORACION DE NUEVOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL**

Teniendo en consideración los cambios tecnológicos y la necesidad de mejora de los dispositivo, elementos y/o componentes de la Seguridad Vial, el proponente presentará la propuesta, correspondiente con el respectivo sustento técnico, a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), quien llevara a cabo un proceso de evaluación y de ser el caso procederá a su aprobación e incorporación al presente Manual.

En aquellos casos que así lo ameriten, la DGCF del MTC podrá autorizar mediante acto administrativo, el uso experimental de nuevos dispositivos, elementos y/o componentes, siempre que contribuya a la optimización de la Seguridad Vial.

## **1.6 ANTECEDENTES**

### **1.6.1 PROBLEMA DE LA SALUD PÚBLICA A NIVEL MUNDIAL**

La accidentalidad vial se configura como uno de los mayores problemas de salud pública a nivel mundial, y si bien en países con medios y bajos niveles de ingresos como el nuestro se considera como “el precio del progreso”, la experiencia de los

países más desarrollados y con un alto nivel de ingresos debe ser clave para evitar los accidentes y la reducción del problema.

Los accidentes de tráfico y sus consecuencias siguen siendo un problema mundial, regional y nacional. Aunque muchos países están dando pasos para aumentar la seguridad vial, todavía queda mucho por hacer para detener o invertir la tendencia creciente de los accidentes y víctimas mortales consecuencia de los mismos.

A continuación se enumeran una serie de datos y realidades actuales en relación con el impacto mundial y humano de la inseguridad vial:

- ✓ 1,3 millones de personas fallecen en las carreteras cada año.
- ✓ 50 millones de personas resultan heridas y muchas de ellas quedan lesionadas de por vida.
- ✓ El 90% de los heridos en carretera tienen lugar en países en vías de desarrollo.
- ✓ Se prevé un incremento de la accidentalidad vial hasta la cifra de 1,9 millones de fallecidos en 2020.
- ✓ Los accidentes de tráfico son la primera causa de muerte entre jóvenes en el mundo.
- ✓ El costo económico de la accidentalidad vial en países en vías de desarrollo es de al menos 100.000 millones de dólares al año.
- ✓ Los accidentes de tráfico suponen una carga inmensa en hospitales y sistemas sanitarios.
- ✓ Los accidentes son prevenibles.
- ✓ Acciones planificadas y coordinadas que incluyan medidas prácticas pueden salvar millones de vidas.

Aunque las tasas de accidentes de tráfico en los países de ingresos altos se han estabilizado y/o disminuido en las últimas décadas según el caso, los datos indican que en la mayor parte de los países la epidemia mundial de lesiones por accidentes de tráfico sigue aumentando. Se estima que, a menos que se tomen medidas inmediatas, las víctimas mortales en las vías de circulación se incrementarán hasta convertirse en la quinta causa principal de mortalidad para 2030, mientras que actualmente es la novena, lo que se estima tendrá como resultado unos 2,4 millones de víctimas mortales por año.

La epidemia de traumatismos por accidentes de tránsito, repercute también de forma considerable sobre la economía de muchos países, especialmente los de ingresos bajos y medianos, que con frecuencia tienen también dificultades con otras necesidades de desarrollo. Se ha estimado que las lesiones de accidentes de tráfico tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el Producto Nacional Bruto respectivo de cada país, más que la cantidad total que esos países perciben en concepto de asistencia para el desarrollo, lo que asciende a un total de pérdidas a nivel mundial de más de \$ 500.000 millones. Las personas de entornos económicos pobres están desproporcionadamente afectadas por los traumatismos relacionados con el tráfico.

El sistema de las Naciones Unidas y sus Estados Miembros hace más de 60 años que reconocen la necesidad de reducir las víctimas mortales y los traumatismos por accidentes de tráfico. Diversas organizaciones mundiales y regionales, incluidas la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Banco Mundial, las comisiones regionales

de las Naciones Unidas y algunos bancos regionales de desarrollo, han efectuado estudios y planteado recomendaciones en materia de seguridad vial.

En estos últimos años, en buena parte de los países se ha observado un fortalecimiento de la voluntad política, con la aplicación generalizada de algunas de las recomendaciones del Informe mundial sobre prevención de traumatismos causados por el tránsito, de la OMS y Banco Mundial, en 2004, que proporciona orientación sobre cómo los países pueden poner en marcha un enfoque integral para mejorar la seguridad vial y reducir la mortalidad por accidentes de tráfico.

### **1.6.2 DESARROLLO DE LA SEGURIDAD VIAL A NIVEL MUNDIAL**

Se hace una referencia a la Seguridad Vial a nivel internacional. En todo el mundo se produce una pérdida del orden de 1.3 millones de vidas anuales en calles y carreteras (Fuente: Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2015, Organización Mundial de la Salud, Naciones Unidas). Estamos dentro de la década de acción por la Seguridad Vial de las Naciones Unidas (2010-2020). En 28 países se han adecuando las leyes para abordar los 5 factores de riesgo: velocidad, efecto de la bebida, casco, cinturón de seguridad, sistemas de seguridad para niños.

#### **1.6.2.1 Década de Acción de las Naciones Unidas**

*«El inicio del Decenio de Acción para la Seguridad Vial puede contribuir a que todos los países tengan más seguridad en el futuro. Hoy nuestros asociados de todo el mundo están iniciando planes nacionales o municipales en el marco del Decenio, celebrando deliberaciones sobre políticas y propiciando que las personas afectadas por accidentes de tránsito difundan sus experiencias de manera amplia. Ahora debemos impulsar esta campaña a toda marcha a fin de que todos conduzcan con mayor seguridad. Juntos podemos salvar millones de vidas».*

*Ban Ki-moon, Secretario General de las Naciones Unidas*

El objetivo general consiste en estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo antes de 2020. Ello se lograría mediante:

- La formulación y ejecución de estrategias y programas de seguridad vial sostenibles.
- La fijación de una meta ambiciosa, pero factible, de reducción del número de muertos a causa de las accidentes de tránsito antes de 2020 basándose en los marcos vigentes de metas regionales relativas a las víctimas.
- El reforzamiento de la infraestructura y capacidad de gestión para la ejecución técnica de actividades de seguridad vial a nivel nacional, regional y mundial.
- El mejoramiento de la calidad de la recopilación de datos a nivel nacional, regional y mundial.
- El seguimiento de los avances y del desempeño a través de una serie de indicadores predefinidos a nivel nacional, regional y mundial.
- El fomento de una mayor financiación destinada a la seguridad vial y de un mejor empleo de los recursos existentes, en particular velando por la existencia de un componente de seguridad vial en los proyectos de infraestructura vial.

El Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020 tiene como finalidad servir de documento de orientación que facilite medidas coordinadas y concertadas destinadas al logro de las metas y objetivos del Decenio.

Las actividades durante el Decenio deberían tener lugar en el plano local, nacional y regional, pero se hará hincapié principalmente en las medidas a nivel local y nacional. Se alienta a los países a que, dentro del marco jurídico de los gobiernos locales y nacionales, ejecuten las actividades de conformidad con los cinco pilares siguientes indicados en la Tabla 1:

Tabla 1. Cinco Pilares de la ONU

| CINCO PILARES                |   |                       |  |                               |
|------------------------------|---|-----------------------|--|-------------------------------|
| Pilar 1                      | Pilar 2                                 | Pilar 3               | Pilar 4                                  | Pilar 5                       |
| Gestión de la seguridad vial | Vías de tránsito y movilidad más segura | Vehículos más seguros | Usuarios de vías de tránsito más seguros | Respuesta tras las accidentes |

En el plano nacional, se alienta a los países a que apliquen los cinco pilares sobre la base de las recomendaciones del informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito, que propone la Comisión para la Seguridad Vial Mundial. Los países deberían considerar estas cinco áreas en el marco de su propia estrategia nacional de seguridad vial, su capacidad en esta materia y sus sistemas de recopilación de datos. Algunos países necesitarán una inclusión gradual de los cinco pilares.

Con el fin de orientar a las naciones de todo el mundo para que logren metas realistas, pero alcanzables, es necesaria una coordinación internacional global. La coordinación oficializada también proporcionará un mecanismo para facilitar el intercambio entre los Estados Miembros de sus experiencias relacionadas con la consecución de las metas nacionales.

#### **A. PILAR 1. GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL:**

Estimular la creación de alianzas multisectoriales y la designación de organismos coordinadores que tengan capacidad para elaborar estrategias, planes y metas nacionales en materia de seguridad vial y para dirigir su ejecución, basándose en la recopilación de datos y la investigación probatoria para evaluar el diseño de contramedidas y vigilar la aplicación y la eficacia.

- Actividad 1: Establecer un organismo coordinador (y mecanismos de coordinación conexos) sobre seguridad vial que cuente con la participación de interlocutores de una variedad de sectores, mediante:
  - ✓ La designación de un organismo coordinador y el establecimiento de una secretaría conexa.
  - ✓ El fomento del establecimiento de grupos de coordinación.
  - ✓ La elaboración de programas de trabajo básicos.
- Actividad 2: Elaborar una estrategia nacional (a nivel ministerial o del Consejo de Ministros) coordinada por el organismo principal, mediante:
  - ✓ La confirmación de las prioridades de inversión a largo plazo.

- ✓ La especificación de responsabilidades y de rendición de cuentas del organismo con respecto a la elaboración y ejecución de programas de trabajo básicos.
- ✓ La identificación de los proyectos de aplicación.
- ✓ La creación de alianzas.
- ✓ La promoción de iniciativas de gestión de la seguridad vial tales como la nueva norma ISO 39001 relativa a la gestión de la seguridad vial.
- ✓ El establecimiento y mantenimiento de los sistemas de recopilación de datos necesarios para proporcionar datos de referencia y seguir de cerca los avances logrados en materia de reducción de las defunciones y los traumatismos causados por el tránsito y otros indicadores importantes tales como los costos y otros.
- Actividad 3: Fijar a las actividades nacionales metas realistas y a largo plazo basadas en el análisis de datos nacionales sobre accidentes de tránsito, mediante:
  - ✓ La identificación de áreas para mejorar el desempeño.
  - ✓ La estimación de las posibles mejoras del desempeño.
- Actividad 4: Trabajar para garantizar que se disponga de fondos suficientes para la ejecución de actividades, mediante:
  - ✓ La presentación de argumentos para justificar la financiación sostenida basada en los costos y beneficios del rendimiento demostrado de las inversiones.
  - ✓ La recomendación de metas presupuestarias básicas anuales y a medio plazo.
  - ✓ El fomento del establecimiento de procedimientos para la asignación eficiente y eficaz de recursos en todos los programas de seguridad.
  - ✓ La utilización del 10% de las inversiones en infraestructura para la seguridad vial.
  - ✓ La determinación y aplicación de mecanismos de financiación innovadores.
- Actividad 5: Establecer y respaldar sistemas de datos para el seguimiento y evaluación continuas, a fin de incorporar varios procesos e indicadores de resultados, con inclusión del establecimiento y apoyo de sistemas locales y nacionales para medir y seguir de cerca:
  - ✓ Las accidentes de tránsito, las defunciones y traumatismos causados por ellos.
  - ✓ Los resultados intermedios, tales como la velocidad media o las tasas de utilización del casco y del cinturón de seguridad, entre otros.
  - ✓ Los resultados de las intervenciones en materia de seguridad vial.
  - ✓ El impacto económico de los traumatismos causados por el tránsito.
  - ✓ La exposición a los traumatismos causados por el tránsito.

## **B. PILAR 2. VÍAS DE TRÁNSITO Y MOVILIDAD MÁS SEGURAS:**

Incrementar la seguridad intrínseca y la calidad de protección de las redes de carreteras en beneficio de todos los usuarios de las vías de tránsito, especialmente de los más vulnerables (por ejemplo, los peatones, los ciclistas y los motociclistas). Ello se logrará mediante la aplicación de evaluaciones de la infraestructura vial y el mejoramiento de la planificación, el diseño, la construcción y operación de las carreteras teniendo en cuenta la seguridad.

- Actividad 1: Fomentar entre las autoridades viales, los ingenieros de carreteras y los planificadores urbanos la implementación en la seguridad vial y la rendición de cuentas, mediante:
  - ✓ El estímulo a los gobiernos y autoridades viales para que fijen una meta consistente en “eliminar las vías de tránsito de alto riesgo antes de 2020”.
  - ✓ El estímulo a las autoridades viales para que consignen un mínimo del 10% de los presupuestos de vialidad a los programas dedicados a la obtención de infraestructuras viales más seguras.
  - ✓ La asignación a las autoridades viales de la responsabilidad jurídica, por el mejoramiento de la seguridad vial en sus redes, mediante medidas económicamente viables, así como de la presentación de informes anuales sobre la situación de la seguridad, las tendencias y las labores correctivas emprendidas.
  - ✓ El establecimiento de una unidad especializada en tránsito o seguridad vial para seguir y mejorar la seguridad de la red de carreteras.
  - ✓ La promoción del enfoque de sistema seguro y de la función de infraestructura vial sostenible y tolerante.
  - ✓ El seguimiento del rendimiento de las inversiones en infraestructura vial con respecto a la seguridad a cargo de las autoridades viales nacionales, los bancos de desarrollo y otros organismos.
- Actividad 2: Fomentar la inclusión de las necesidades de todos los usuarios de las vías de tránsito en la planificación urbana, la gestión de la demanda de transportes y la gestión del uso del territorio sostenible, mediante:
  - ✓ La planificación del uso del territorio para dar respuesta a las necesidades de una movilidad segura para todos, con inclusión de la gestión de demanda de viajes, las necesidades de acceso, las exigencias del mercado y las condiciones geográficas y demográficas.
  - ✓ La inclusión de evaluaciones de la repercusión de la seguridad como parte de todas las decisiones adoptadas en materia de planificación y desarrollo.
  - ✓ La instauración de procedimientos eficaces de acceso y control del desarrollo para evitar una evolución poco segura.
- Actividad 3: Fomentar el funcionamiento seguro, el mantenimiento y la mejora de la infraestructura vial existente, exigiendo a las autoridades viales que:
  - ✓ Determinen el número de muertos y heridos en función del tipo de usuario de las vías de tránsito, así como los factores infraestructurales clave que influyen en el riesgo para cada grupo de usuarios.
  - ✓ Identifiquen las carreteras o tramos de carretera peligrosos en los que se produce un número excesivo de accidentes o de accidentes graves, y adopten medidas correctivas pertinentes.
  - ✓ Realicen evaluaciones de la seguridad de la infraestructura vial existente y apliquen soluciones eficientes de ingeniería para mejorar los resultados en materia de seguridad.
  - ✓ Desempeñen un papel de liderazgo en relación con el control de velocidad y con un diseño y funcionamiento de la red de carreteras que sean sensibles a la velocidad.

- ✓ Garanticen la seguridad de las zonas de trabajo.
- Actividad 4: Fomentar la creación de nuevas infraestructuras seguras que satisfagan las necesidades de movilidad y acceso de todos los usuarios, alentando a las autoridades pertinentes a que:
  - ✓ Tomen en cuenta todos los modos de transporte al construir nuevas infraestructuras.
  - ✓ Fijen normas de seguridad mínimas para nuevos diseños e inversiones en carreteras que garanticen la inclusión de las necesidades de seguridad de todos los usuarios de las vías de tránsito en las especificaciones de los nuevos proyectos.
  - ✓ Utilicen los resultados de evaluaciones independientes de la repercusión de la seguridad vial y de auditorías de seguridad en la planificación, diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento de los nuevos proyectos viales, y que apliquen debidamente las recomendaciones de las auditorías.
- Actividad 5: Alentar la creación de capacidad y la transferencia de conocimientos en materia de infraestructuras seguras, mediante:
  - ✓ La creación de alianzas con los bancos de desarrollo, autoridades nacionales, sociedad civil, proveedores de servicios educativos y sector privado para garantizar la comprensión y aplicación acertada de los principios del diseño de infraestructuras seguras;
  - ✓ La promoción de la formación en materia de seguridad vial y de soluciones de ingeniería de seguridad de bajo costo, auditorías de seguridad y evaluaciones de las carreteras;
  - ✓ La elaboración y promoción de normas para el diseño y el funcionamiento de vías de tránsito seguras que reconozcan e integren los factores humanos y el diseño de los vehículos.
- Actividad 6: Fomentar actividades de investigación y desarrollo relativas a la mayor seguridad en las vías de tránsito y la movilidad, mediante:
  - ✓ La finalización e intercambio de investigaciones sobre la viabilidad comercial de una infraestructura vial más segura y sobre los niveles de inversión necesarios para alcanzar las metas del Decenio de Acción.
  - ✓ La promoción de actividades de investigación y desarrollo relativas al mejoramiento de la seguridad de la infraestructura para las redes de carreteras en los países de ingresos bajos y medianos.
  - ✓ La promoción de proyectos de demostración para evaluar las innovaciones en materia de mejoras de la seguridad, especialmente para los usuarios vulnerables de las vías de tránsito.

### **C. PILAR 3. VEHÍCULOS MÁS SEGUROS:**

Alentar el despliegue universal de mejores tecnologías de seguridad pasiva y activa de los vehículos, combinando la armonización de las normas mundiales pertinentes, los sistemas de información a los consumidores y los incentivos destinados a acelerar la introducción de nuevas tecnologías.

- ✓ Actividad 1: Alentar a los Estados Miembros a que apliquen y promulguen las reglamentaciones de seguridad sobre vehículos de motor elaboradas por el

Foro Mundial de las Naciones Unidas para la Armonización de las Reglamentaciones sobre Vehículos.

- ✓ Actividad 2: Alentar la aplicación de nuevos programas de evaluación de vehículos en todas las regiones del mundo para aumentar la disponibilidad de información a los consumidores sobre las prestaciones de seguridad de vehículos de motor.
- ✓ Actividad 3: Alentar la concertación para garantizar que todos los nuevos vehículos de motor estén, como mínimo, equipados con cinturones de seguridad y anclajes que cumplan los requisitos reglamentarios y las normas aplicables a las pruebas de colisión.
- ✓ Actividad 4: Alentar el despliegue universal en las motocicletas de tecnologías de prevención de accidentes con eficacia demostrada, tales como los sistemas de control electrónicos de estabilidad y antibloqueo de la frenada.
- ✓ Actividad 5: Alentar la utilización de incentivos fiscales y de otra índole para los vehículos de motor que ofrezcan altos niveles de protección a los usuarios de las vías de tránsito y desalentar las importaciones y exportaciones de vehículos nuevos y usados cuyas normas de seguridad sean reducidas.
- ✓ Actividad 6: Alentar la aplicación de las reglamentaciones de protección de los peatones y el aumento de las investigaciones sobre tecnologías de seguridad diseñadas para reducir los riesgos que corren los usuarios vulnerables de las vías de tránsito.
- ✓ Actividad 7: Alentar a los responsables de la gestión de flotas de vehículos de los sectores públicos y privados a que compren, utilicen y mantengan vehículos que ofrezcan tecnologías de seguridad modernas y con altos niveles de protección de los pasajeros.

#### **D. PILAR 4. USUARIOS DE VÍAS DE TRÁNSITO MÁS SEGUROS:**

Promover y llevar a cabo programas integrales para mejorar el comportamiento de los usuarios de las vías de tránsito. Supervisión permanente o potenciación de las leyes y normas en combinación con la educación o sensibilización pública para aumentar las tasas de utilización del cinturón de seguridad y asco, y para reducir la conducción bajo los efectos del alcohol, la velocidad y otros factores de riesgo.

- ✓ Actividad 1: Concientizar sobre los factores de riesgo de la seguridad vial y las medidas preventivas, y realizar campañas de mercadotecnia social para ayudar a influir en las actitudes y opiniones sobre la necesidad de programas de seguridad de las vías de tránsito.
- ✓ Actividad 2: Establecer y vigilar el cumplimiento de los límites de velocidad y las normas y reglas basadas en datos probatorios para reducir las accidentes y traumatismos relacionados con la velocidad.
- ✓ Actividad 3: Establecer y vigilar el cumplimiento de las leyes sobre la conducción bajo los efectos del alcohol y las normas y reglas basadas en datos probatorios para reducir las accidentes y los traumatismos relacionados con el consumo de alcohol.
- ✓ Actividad 4: Establecer y vigilar el cumplimiento de las leyes, normas y reglas basadas en datos probatorios relativos al uso del casco por motociclistas, a fin de reducir los traumatismos craneoencefálicos.

- ✓ Actividad 5: Establecer y vigilar el cumplimiento de las leyes, normas y reglas basadas en datos probatorios relativas al uso del cinturón de seguridad y los sistemas de retención para niños, a fin de reducir los traumatismos ocasionados por las accidentes .
- ✓ Actividad 6: Establecer y vigilar el cumplimiento de las leyes de transporte, salud y seguridad laboral, y las normas y reglas para el funcionamiento seguro de los vehículos comerciales de carga y de transporte, los servicios de transporte de pasajeros por carretera y el resto del parque automotor público y privado, a fin de reducir los traumatismos ocasionados por los accidentes.
- ✓ Actividad 7: Investigar, elaborar y promover políticas y prácticas integrales para reducir los traumatismos causados por el tránsito relacionados con el trabajo en los sectores públicos, privados e informales, en apoyo de las normas reconocidas a nivel internacional que rigen los sistemas de gestión de la seguridad vial, salud y la seguridad laboral.
- ✓ Actividad 8: Fomentar el establecimiento de sistemas de concesión de permisos de conducción graduales a conductores jóvenes.

## **E. PILAR 5. RESPUESTA TRAS LAS ACCIDENTES :**

Incrementar la capacidad de respuesta a las emergencias ocasionadas por las accidentes de tránsito y mejorar la capacidad de los sistemas de salud y de protección civil para brindar a las víctimas tratamiento de emergencia apropiado y rehabilitación a largo plazo.

- ✓ Actividad 1: Crear sistemas de atención prehospitalaria, incluida la extracción de las víctimas de los vehículos siniestrados, y poner en funcionamiento un número telefónico único a nivel nacional para emergencias, aplicando para ello las buenas prácticas existentes.
- ✓ Actividad 2: Crear sistemas de atención traumatológica hospitalaria y evaluar la calidad de la atención mediante la aplicación de buenas prácticas sobre sistemas de atención traumatológica y garantía de la calidad.
- ✓ Actividad 3: Prestar servicios de pronta rehabilitación y de apoyo a los pacientes lesionados y a los deudos de los fallecidos en accidentes de tránsito, para minimizar los traumatismos tanto físicos como psicológicos.
- ✓ Actividad 4: Alentar el establecimiento de sistemas de seguros apropiados para los usuarios de las vías de tránsito, a fin de financiar los servicios de rehabilitación de las víctimas de accidentes, mediante la introducción de responsabilidad civil obligatoria y reconocimiento mutuo a nivel internacional de los seguros.
- ✓ Actividad 5: Fomentar una investigación exhaustiva de las accidentes y la aplicación de una respuesta jurídica eficaz a las defunciones y traumatismos por accidentes de tránsito y, por ende, fomentar soluciones equitativas y de justicia para los deudos y lesionados.
- ✓ Actividad 6: Fomentar los estímulos e incentivos para que los empleadores contraten y conserven a personas con capacidades restringidas.
- ✓ Actividad 7: Alentar actividades de investigación y desarrollo sobre el mejoramiento de la respuesta tras los accidentes.

El seguimiento de los avances para cumplir la finalidad del Decenio se efectuará mediante:

- ✓ El seguimiento de los indicadores.
- ✓ El rastreo de los hitos vinculados al Decenio.
- ✓ La evaluación del Decenio a la mitad y al final del período.

A continuación, se presentan posibles indicadores que pueden medirse a nivel mundial para efectuar un seguimiento del proceso y resultados:

#### **1.6.2.2 Organización Mundial de la Salud**

La OMS y las Comisiones Regionales de Naciones Unidas para la seguridad vial y otros interesados han sido los encargados de preparar el Plan Mundial para el Decenio de Seguridad Vial como documento que sirva de orientación y que facilite la consecución de sus objetivos. En el año 2004 la OMS publicó el informe de prevención de traumatismos causados por los accidentes de tráfico, y en la actualidad existen grupos de trabajo por regiones mundiales para desarrollar un protocolo armonizado mundial de acumulada, tratamiento y explotación de datos de accidentes de circulación vial. Además, llevó a cabo el Informe sobre la situación mundial de seguridad vial, que se realizó a través de una encuesta a 178 países y que se publicó en el año 2009. Los resultados muestran que cerca de la mitad de las personas que mueren cada año por accidentes de circulación vial en el mundo son peatones, motoristas, ciclistas y pasajeros del transporte público, y esta cifra es aún mayor en los países más pobres del mundo. El informe sugiere que dentro de cada país debe existir una colaboración entre los actores y los organismos cuyas políticas repercuten sobre la seguridad de los usuarios de las vías.

#### **1.6.2.3 Banco Mundial**

El Fondo Global para la Seguridad Vial del Banco Mundial se creó en noviembre de 2005, para generar financiación y asistencia técnica para las actividades a nivel global, regional y nacional, con el fin de que los países no desarrollados y en vías de desarrollo pudieran agilizar y expandir sus esfuerzos en la puesta en práctica de medidas que mejoren su seguridad vial. Esta iniciativa liderada por el Banco Mundial cuenta con el apoyo de sus socios fundadores y donantes, la FIA, P. Bajos y la Agencia sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

#### **1.6.2.4 Organización para la Cooperación y el Desarrollo de Europa**

El ITF, Foro Internacional del Transporte, es un organismo intergubernamental que pertenece al grupo de organismos de la OCDE. El Foro es una plataforma mundial para los responsables de las formulaciones políticas y las partes interesadas, y tiene por objetivo ayudar a los dirigentes políticos y al público en general a comprender mejor la función del transporte en el crecimiento económico, así como el papel que desempeña la política de transporte en la respuesta a las dimensiones sociales y ambientales del desarrollo sostenible. En el año 2004, la OCDE y el Foro Internacional de Transporte establecieron un Centro Conjunto de investigación sobre el Transporte. En materia de seguridad vial, en la actualidad se lleva a cabo una investigación sobre la eficacia de las estrategias y medidas puestas en marcha para la reducción de la siniestralidad vial en los países miembros. El grupo de trabajo, que inició su jornada en 2010, está formado por representantes de Australia, Austria, Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Japón, Corea, México, P. Bajos, España, Suecia, Reino Unido y EEUU.

El informe final con las conclusiones fue publicado en el primer semestre de 2012. Desde el punto de vista de la calidad de los datos estadísticos sobre seguridad vial, en línea con lo establecido en el Plan Mundial de Seguridad Vial para el Decenio 2011

– 2020, merece destacarse el trabajo desarrollado en el grupo de trabajo IRTAD, la base de datos internacional de Tráfico y Accidentes.

#### 1.6.2.5 Visión Cero sueca

Suecia está considerado uno de los países más seguros a nivel mundial (tasa de fallecidos por millón habitantes), por lo que el desarrollo de la seguridad vial en este país merece una atención especial. En la última década, probablemente no sean los planes de acción en seguridad vial los que han situado a Suecia a la vanguardia mundial, sino precisamente su radicalmente diferente concepto o filosofía sobre la seguridad del sistema de transporte por carretera.

Figura 1. Visión Cero sueca



La filosofía general que guía el planteamiento sueco y las decisiones relativas a la seguridad vial fue bautizada con el nombre de "Visión Cero". Adoptada por el Congreso sueco en 1997, asume que no es éticamente aceptable que alguien muera o sufra heridas graves dentro del sistema de transporte por carretera, y que cuando ello sucede es porque se ha producido un fallo en la interacción entre las entidades que forman dicho sistema. Las entidades responsables, según la Visión Cero, de la seguridad son:

- ✓ Políticos, Legisladores y gestores de la seguridad vial.
- ✓ Funcionarios y técnicos a cargo de la planificación de la seguridad vial y la movilidad por carretera.
- ✓ Cuerpos de policía.
- ✓ Administraciones/Titulares de carreteras.
- ✓ Entidades que se ocupan de la conservación vial.
- ✓ Formadores de conductores, fabricantes de vehículos.
- ✓ Conductores y los usuarios de las vías.

La Visión Cero sueca modifica de modo radical el sentido de la responsabilidad de la seguridad vial: mientras que en el enfoque convencional el usuario tiene la mayor parte de la responsabilidad en relación con su seguridad (y los accidentes, según esta concepción, se originan generalmente porque los usuarios quebrantan alguna de las normas establecidas), en el nuevo escenario se establece explícitamente que la

responsabilidad ha de ser compartida entre quienes diseñan el sistema (todos aquellos citados anteriormente) y los que lo utilizan. Así, el diseño de las carreteras debe incorporar el concepto de “vías benignas, o benevolentes”, el cual está basado en los siguientes tres aspectos básicos:

- ✓ La conducta peligrosa ha de prevenirse con medidas técnicas cuando sea posible.
- ✓ Si ocurre un accidente, deben existir medidas técnicas y estructurales de seguridad vial que ofrezcan protección frente a las lesiones graves.
- ✓ Si finalmente no resulta posible prevenir una lesión, sus consecuencias deben ser minimizadas mediante procedimientos óptimos de rescate y asistencia médica.

Por otro lado, la Visión Cero altera igualmente el orden de prioridades en el sistema de circulación vial. Mientras que convencionalmente la movilidad representa el objetivo final, y la seguridad es función del grado deseado de movilidad, la Visión Cero establece con claridad meridiana que “la vida y la salud no pueden ser negociadas a cambio de otros beneficios sociales” como la movilidad.

La Visión Cero sueca no es un objetivo que deba ser alcanzado en un año concreto, sino una imagen deseable de una sociedad futura en donde nadie debería resultar fallecido o gravemente herido como resultado de su participación en el tráfico rodado. Esta “imagen” se articula en torno a cuatro pilares clave indicadas en la Tabla 2:

Tabla 2. Los Cuatro Principios de la Visión Cero de Sueca

| PRINCIPIOS DE LA VISION CERO DE SUECIA   |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Ética  | Responsabilidad   | seguridad  | Mecanismos para cambio  |
| La vida y la salud humana son primordiales y toman prioridad por encima de la movilidad y otros objetivos del sistema de tránsito. | Proveedores (de vehículos y de la vialidad) y reguladores de sistemas de tránsito (el estado y los gobiernos de todo nivel) comparten responsabilidad con los usuarios del mismo. | Los sistemas de tránsito tienen que tomar en cuenta los errores humanos y minimizar tanto la posibilidad de errores como el daño posible cuando ocurren. | Los proveedores y reguladores tienen que hacer todo lo posible para garantizar la seguridad de todos los ciudadanos, cooperar con los usuarios de la vía, y estar dispuestos a realizar cambios para conseguir la seguridad vial. |

### 1.6.2.6 La “Seguridad Sostenible” holandesa

El pensamiento central de la Seguridad Sostenible holandesa, muy similar en numerosos aspectos al de la Visión Cero sueca, puede resumirse en que “los accidentes de tráfico deben ser evitados y, cuando ello no sea posible, se deberán poner todos los medios para impedir que se produzcan lesiones graves”. El punto de inicio de la Seguridad Sostenible es “reducir de entrada y drásticamente la probabilidad de accidente mediante el diseño de la infraestructura; a continuación, en caso de que finalmente sucedan los accidentes, el proceso que determina su gravedad debe ser controlado de modo que las heridas graves sean virtualmente excluidas”. En el concepto de la Seguridad Sostenible, el usuario asume el papel central del sistema vial, lo que implica que tanto los vehículos como la propia tarea

de conducción deben adaptarse a las limitaciones de los usuarios, incluidos los más débiles.

Tres de los pilares de la Seguridad Sostenible son:

- ✓ Los usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, motociclistas y ciclomotoristas).
- ✓ El concepto de carreteras o vías “auto-explicativas”, cuyo trazado y señalización deben mostrar con claridad a los conductores cuál es la conducta o comportamiento seguro en cada momento.
- ✓ La jerarquización de las vías de acuerdo a su función, de modo que sean más coherentes con el concepto anterior de vías “auto-explicativas”.

Además, según la Seguridad Sostenible, el sistema de transporte por carretera tiene que cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ La función de las vías y su uso tiene que coincidir y la infraestructura tiene que diseñarse para tener en cuenta las limitaciones humanas.
- ✓ Los vehículos a motor tienen que estar diseñados y equipados de modo que faciliten la tarea de la conducción y proporcionen protección en caso de accidente.
- ✓ Los usuarios de las vías deben tener a su alcance una formación e información adecuadas y deben ser incentivados para rehuir conductas peligrosas y hábitos que reduzcan sus capacidades y habilidades.

Figura 2. Los beneficios de seguridad sostenible holandesa



### 1.6.3 LA SEGURIDAD VIAL EN PERÚ

A pesar de la evolución favorable de los índices de accidentalidad del año 2014, los accidentes de viales han experimentado un constante crecimiento en Perú a lo largo del tiempo, aumentando en los últimos 10 años la cifra en más de un 30%, y acumulando en este periodo más de 850,000 accidentes.

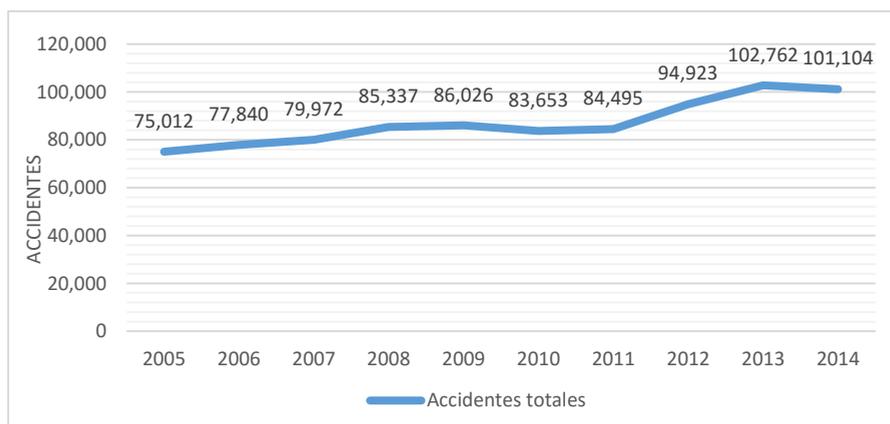
Estas cifras continúan representando un problema de gran impacto social y económico, convirtiéndose en un problema de salud pública para la sociedad peruana.

Es responsabilidad de las administraciones trabajar para reducir la siniestralidad en las carreteras, utilizando todos los medios posibles y disponibles.

Situando al Perú en el marco de los objetivos marcados por el Plan Mundial para el decenio de la acción para la Seguridad Vial 2011-2020, se han desarrollado las metas globales de accidentes del nuevo Plan para el 2024. Son las siguientes:

- Disminuir en un 50% la tasa de accidentes de tránsito totales por cada 100 mil habitantes al final de la vigencia del Plan.
- Disminuir en un 50% la tasa de fallecidos en accidentes de tránsito por cada 10 mil vehículos al final de la vigencia del Plan.
- Disminuir en un 50% la tasa de lesionados en accidentes de tránsito por cada 10 mil vehículos al final de la vigencia del Plan.

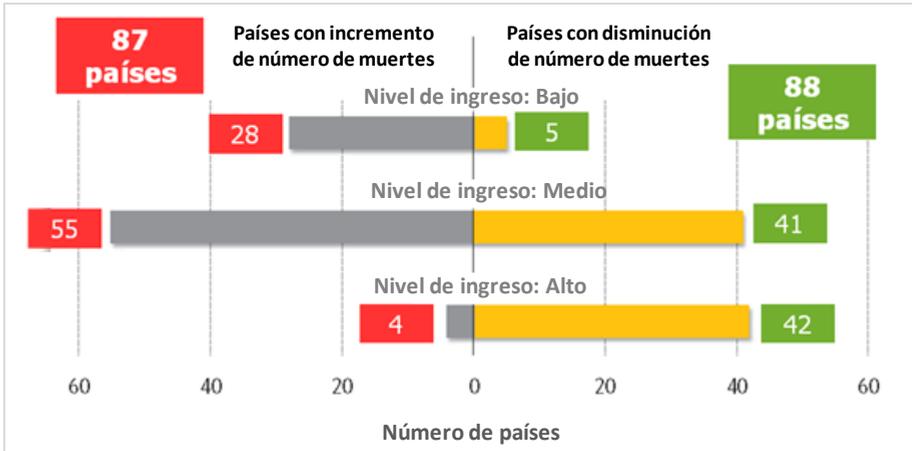
Figura 3. Evolución de los Accidentes en Perú 2005-2014



#### 1.6.3.1 Comparativa Mundial e Iberoamericana

Según el reporte publicado por la Organización Mundial de la Salud "Global Status Report on Road Safety 2013, World Health Organization (WHO)"; de los casi 180 países que hay actualmente en el mundo, 88 países han reducido el número de víctimas mortales por accidentes de tránsito en el periodo 2007-2010, mientras que en 87 se ha incrementado el número de víctimas mortales. En el año 2010 se contabilizaron 1,3 millones de fallecidos en siniestros viales.

Figura 4. Víctimas Mortales por Nivel Económico del País (2007-2010)



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

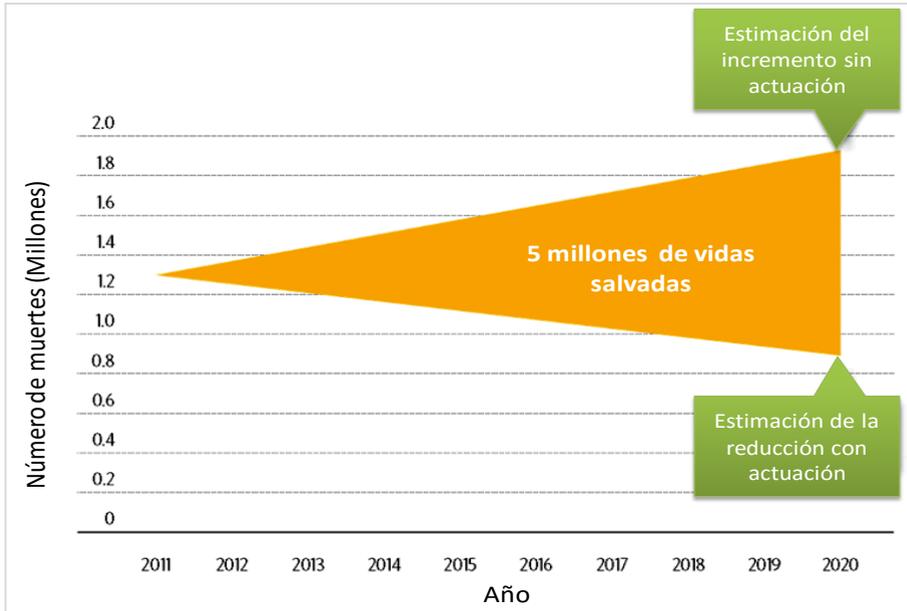
La OMS contabiliza que 28 países han adecuado sus leyes para abordar los 5 factores básicos de riesgo:

Figura 5. Los cinco factores básicos de riesgo según la OMS.



Sistemas de seguridad para niños. Según ya se ha comentado en la introducción, el país está enmarcado dentro del Plan Mundial para el decenio de la acción para la Seguridad Vial 2011-2020, y se espera para el final del decenio la consecución de los objetivos planteados, En la gráfica siguiente se puede observar el número de muertes en millones que estima la OMS en 2020 según se sigan las actuaciones que se plantean en el plan o no.

Figura 6. Estimación de Muertes por Accidentes de Tráfico a Nivel Mundial



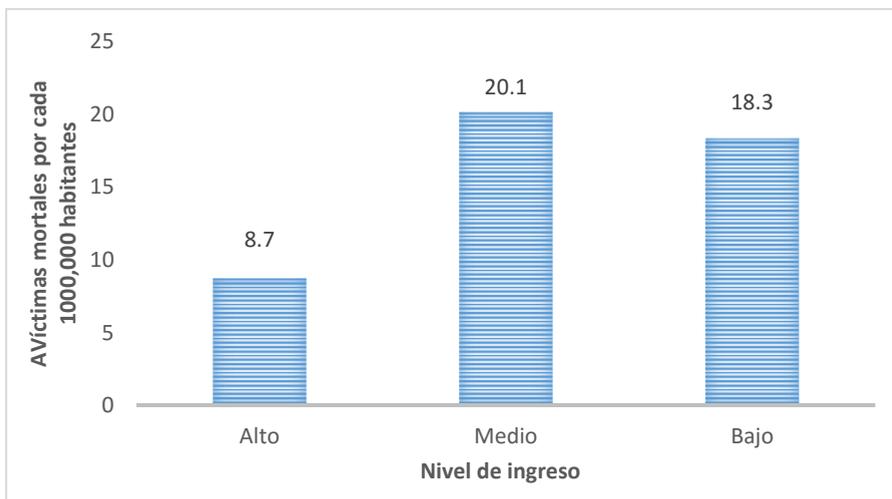
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS).

### 1.6.3.2 Comparativa entre Regiones a Nivel Mundial

A continuación se presentan una serie de gráficas que pretenden ilustrar el estado de la seguridad vial a nivel mundial; contrastando diferentes regiones y países. En primer lugar se comparan las víctimas mortales según el nivel económico del país; dividiendo a éstos en tres clases, nivel de ingreso alta, media y baja.

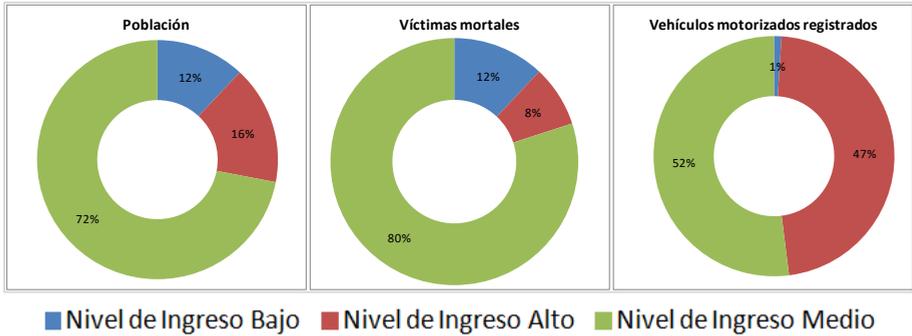
Según se desprende de la gráfica que sigue, el promedio global de víctimas mortales por 100,000 habitantes es de 18.

Figura 7. Víctimas Mortales por Población y Nivel Económico del País



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

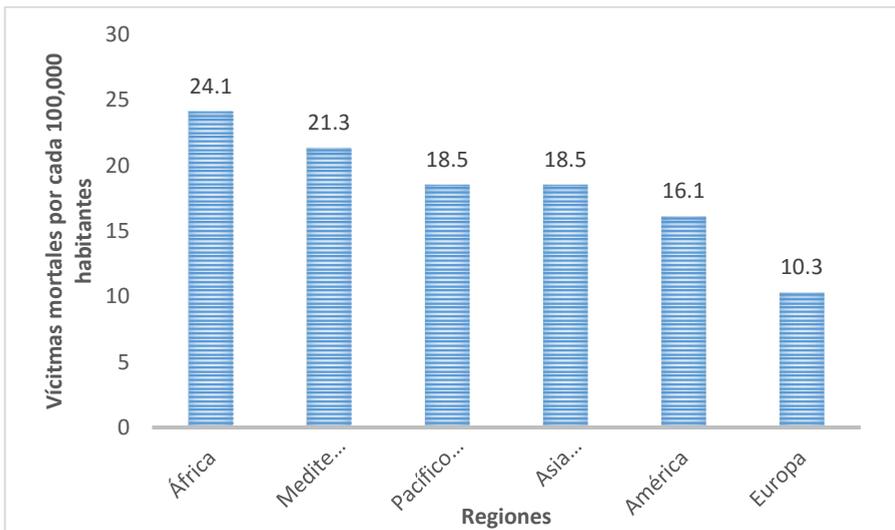
Figura 8. Población, Víctimas Mortales y Vehículos Registrados, por Nivel Económico del País



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

En la figura anterior se compara la población, los fallecidos en carreteras y los vehículos registrados según 3 clases de países, los de nivel de riqueza alta, media y baja. Se observa que en los países de riqueza media se sitúan el 80% de las víctimas mortales por accidente de tráfico, pero tan sólo el 52% de vehículos registrados. Si se divide el número de accidentes mortales por regiones a nivel mundial, se obtiene la tabla que se presenta a continuación.

Figura 9. Víctimas Mortales por Población y Región



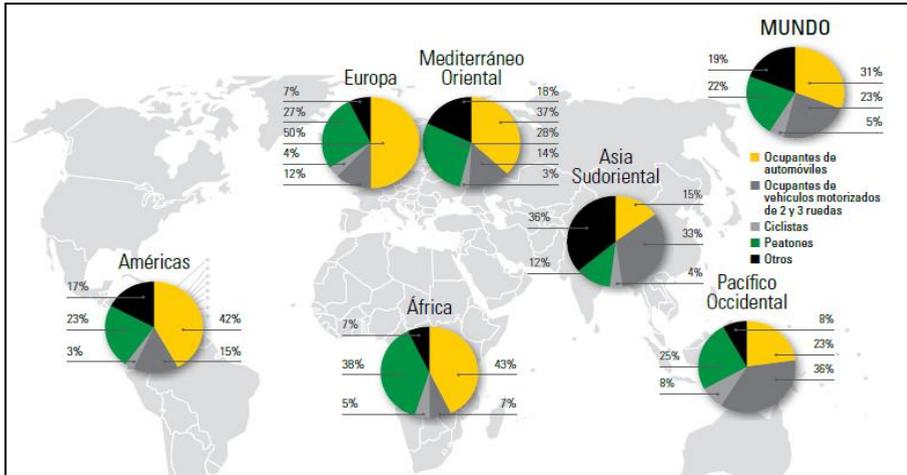
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

Se observa en la figura anterior que en la región americana el promedio de muertes por cada 100,000 habitantes es de 16.1; por debajo de la media mundial (18).

En la siguiente gráfica, que se divide también por regiones mundiales, se discriminan los accidentes según tipo de usuario.

Se observa que, a nivel mundial, el 50% de las víctimas son usuarios vulnerables (peatones, ciclistas y motoristas).

Figura 10. Víctimas Mortales por Tipo de Usuario y Región

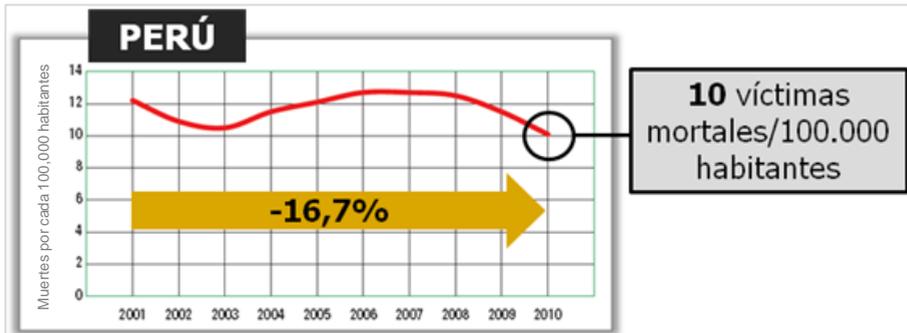


Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

### 1.6.3.3 Comparativa entre Perú y Otros Países

Por último se pretende comparar mediante tablas y gráficas el nivel de Seguridad Vial que existe en el Perú respecto de otras regiones y países vecinos.

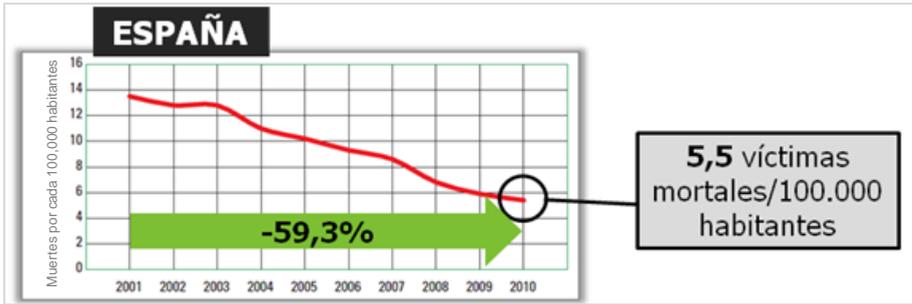
Figura 11. Víctimas Mortales en el Perú



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

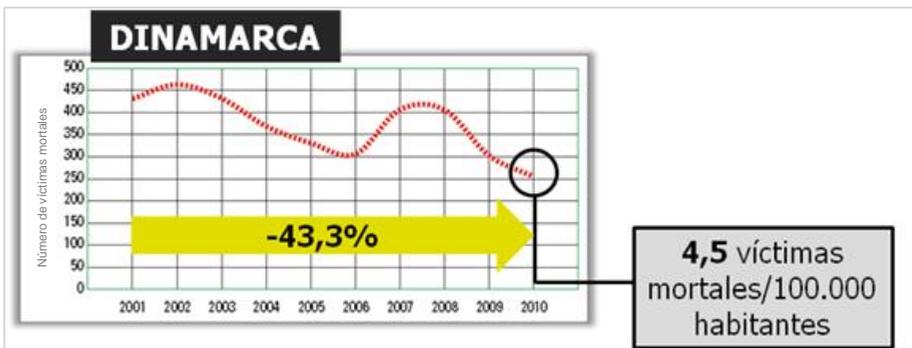
Según la Organización Mundial de la Salud, el nivel de fallecidos en siniestros viales en el Perú era de 10 víctimas mortales por cada 100,000 habitantes en el año 2010. El nivel está muy por debajo de la media mundial, pero si se compara con otros países desarrollados, está todavía muy por encima en cuanto a fallecidos, En las tablas siguientes se compara el Perú con España y con los dos países más desarrollados a nivel mundial en términos de Seguridad Vial, Dinamarca y Suecia:

Figura 12. Víctimas Mortales en España



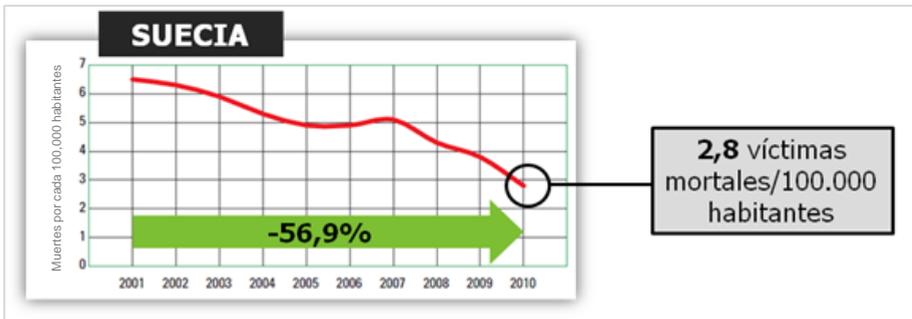
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

Figura 13. Víctimas Mortales en Dinamarca



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

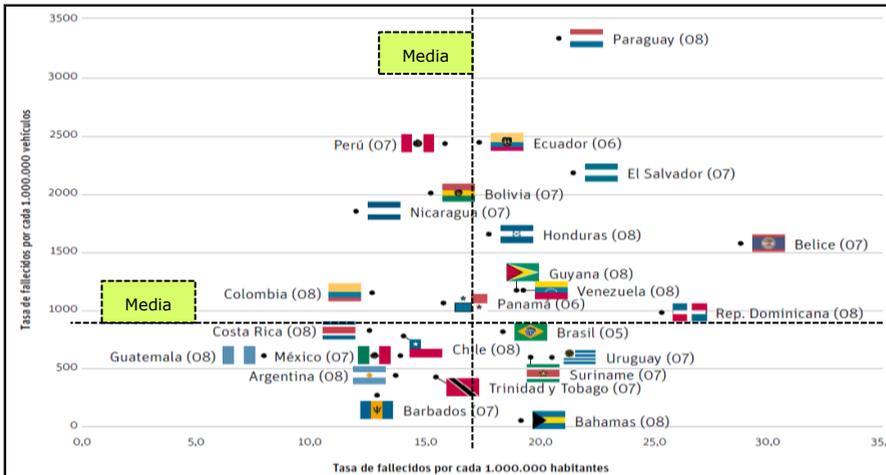
Figura 14. Víctimas Mortales en Suecia



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

Comparando el país con sus vecinos, se detalla la siguiente gráfica, que relaciona la tasa de fallecidos poblacional y por vehículo en países de América Latina y el Caribe (ALC), de ahí se desprende que el Perú está por debajo de la media en la región en cuanto a fallecidos por habitante, pero muy por encima de la media en la relación entre fallecidos por número de vehículos.

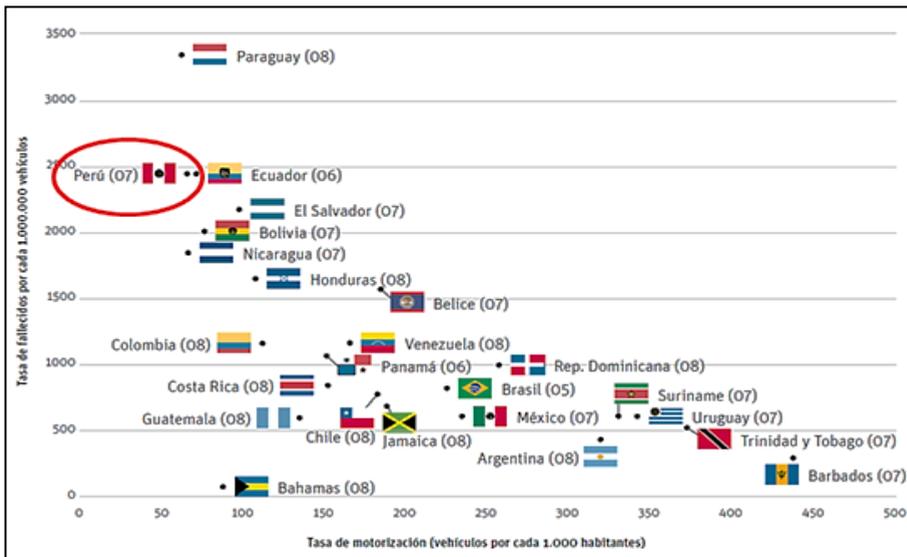
Figura 15. Víctimas Mortales en ALC por Vehículo y por Habitante



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Asociación Española de la Carretera (AEC)

La gráfica siguiente desarrolla mejor el análisis anterior, pues se observa que la tasa de motorización de Perú en la región es de las más bajas, Del mismo modo, la tasa de fallecidos por vehículo en ALC es de las más elevadas, sólo superada por Paraguay.

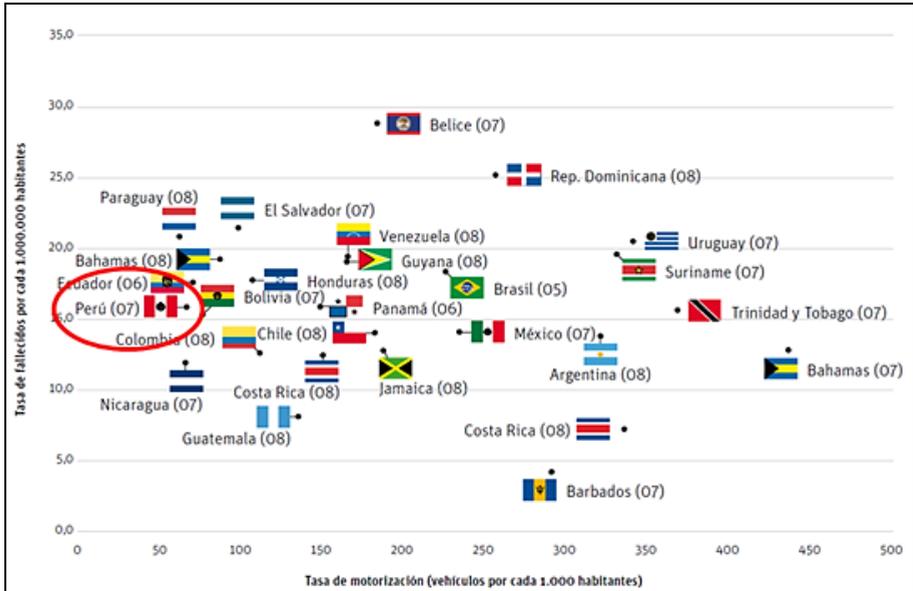
Figura 16. Tasa de Motorización y Tasa de Fallecidos por Vehículo en ALC



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Asociación Española de la Carretera (AEC)

Si se compara la tasa de fallecidos por habitante, se observa que Perú está en la media de los países de la región:

Figura 17. Tasa de Fallecidos y Tasa de Motorización en ALC



Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Asociación Española de la Carretera (AEC)

## 1.7 CONSIDERACIONES

### 1.7.1 PROPÓSITO DEL MSV

El **Manual de Seguridad Vial**, tiene el propósito de contribuir a la reducción de la cifra de muertos y la severidad de accidentes de circulación vial en Perú en los próximos años.

El manual desarrolla iniciativas en la mejora de la seguridad de las infraestructuras. Cuyos objetivos estratégicos son: construcción de infraestructuras viales más seguras, impulso de la tecnología inteligente, mejora del cumplimiento de las normas, desarrollo de una reingeniería a las vías de circulación.

Asimismo el manual plantea acciones para disminuir los índices de accidentes viales, teniendo como primer paso las actuaciones correctivas "a posteriori" sobre los Puntos de Concentración de Accidentes (puntos negros), para pasar a mejorar de manera proactiva "a priori" la seguridad de itinerarios o áreas mediante la implantación masiva de medidas de seguridad vial.

Por tanto La Seguridad Vial exige una respuesta coordinada y multisectorial de todos los factores de seguridad vial (factor humano, factor vehículo y factor institucional (legal, de control y otros)), además de otros sectores involucrados: el gobierno (incluyendo el sector transporte, salud, educación, finanzas, policía e instituciones de planificación urbana), los profesionales de seguridad vial, la sociedad civil (incluidas las organizaciones no gubernamentales, y clubes de automóviles), las universidades y el sector privado (constructores y organizaciones de mantenimiento de carreteras, fabricantes de automóviles y de autopartes, compañías de seguros, y los propios usuarios de las carreteras). Es fundamental que todos estos actores y organizaciones se unan para trabajar conjuntamente en la implementación de la Seguridad Vial Sostenible del país.

### 1.7.2 INTERVENCIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL A LOS PROYECTOS

El MSV, desarrolla la interacción de la infraestructura con la seguridad vial, buscando promover la implantación de herramientas avanzadas de mejora de las características de los componentes de las infraestructuras viales: a través de los planes, programas, estudio de impacto de la seguridad vial, las auditorías e inspecciones de seguridad vial, gestión de TCA, etc.; dichos proyectos deberán contar con sustento técnico, y son elaborados y firmados por ingenieros con estudios y experiencia en seguridad vial.

La infraestructura debe contar con estándares de seguridad en las vías existentes y en el diseño de proyectos nuevos, así como de adecuados planes de conservación y mantenimiento. El MSV, deberá ser considerado en el ciclo de vida del proyecto, por ello se presentan las herramientas de intervención en cada fase del proyecto, el mismo que se indica en la siguiente Tabla 3.

- ✓ Planes y programas.
- ✓ Estudio de impacto de seguridad vial.
- ✓ Auditoría de seguridad vial.
- ✓ Inspección de seguridad vial

Tabla 3. Etapas de intervención de la seguridad vial en los proyectos.

| Tipo de proyectos              | Aplicabilidad   | Fase del proyecto             | Herramientas   | Temas a ser considerados  |
|--------------------------------|---|-------------------------------|--|---|
| VIAS (rurales y urbanos)       | Ejecución nueva:<br>Rehabilitación:<br>Reconstrucción:<br>Mejoramiento: | Planificación                 | Análisis del impacto de la seguridad vial  | Calificación de la seguridad vial   |
|                                |   | Estudio de factibilidad       | Auditoría de seguridad vial.   | Los resultados de la auditoría se registrarán en los informes de auditoría, donde se indican los riesgos potenciales para la seguridad y formula recomendaciones. |
|                                |   | Diseño preliminar             |  |   |
|                                |   | Diseño detallado              |  |   |
|                                |   | Ejecución                     |  |   |
|                                | Antes/inicio de la apertura   |                               |  |   |
| Mantenimiento de vías          | Operación de las vías existentes  | Inspección de seguridad vial. | Propuesta de medidas adecuadas con el objetivo de eliminar o paliar estos problemas. |   |
| Proyectos de transporte masivo | Proyectos de transporte masivo (BRT, Metros, etc.)                      | Planificación                 | Evaluación del impacto de la seguridad vial  | Calificación de la seguridad vial   |
|                                |   | Estudio de factibilidad       | Auditoría de seguridad vial.   | Los resultados de la auditoría se registrarán en los informes, donde se indican los riesgos potenciales para la seguridad y formula recomendaciones.              |
|                                |   | Diseño preliminar             |  |   |
|                                |   | Diseño detallado              |  |   |
|                                |   | Ejecución                     |  |   |
|                                |   | Antes/después de la apertura  |  |   |

| Tipo de proyectos             | Aplicabilidad   | Fase del proyecto            | Herramientas                               | Temas a ser considerados  |
|-------------------------------|---|------------------------------|--|---|
| Proyectos que generan tráfico | Infraestructura de intercambio modal  | Planificación                | Evaluación de Impacto de la Seguridad Vial | Calificación de la seguridad vial   |
|                               |   | Estudio de factibilidad      | Auditoría de seguridad vial.               | Los resultados de la auditoría se registrarán en los informes de auditoría, donde se indican los riesgos potenciales para la seguridad y formula recomendaciones. |
|                               |   | Diseño preliminar            |  |   |
|                               |   | Diseño detallado             |  |   |
|                               |   | Ejecución                    |  |   |
|                               |   | Antes/después de la apertura |  |   |
|                               | Edificios (centros educativos, hospitales, puertos, aeropuertos, viviendas, terminales terrestres, instalaciones de tránsito, etc.) | Planificación                | Evaluación de Impacto de la Seguridad Vial | Calificación de la seguridad vial   |
|                               |   | Estudio de factibilidad      | Auditoría de seguridad vial.               | Los resultados de la auditoría se registrarán en los informes de auditoría, donde se indican los riesgos potenciales para la seguridad y formula recomendaciones. |
|                               |   | Diseño preliminar            |  |   |
|                               |   | Diseño detallado             |  |   |
|                               |   | Ejecución                    |  |   |
|                               |   | Antes/después de la apertura |  |   |

### 1.7.3 ALCANCES DE LA SEGURIDAD VIAL EN UN PROYECTO

Los alcances de la Seguridad Vial son amplios, cubriendo todas las fases del ciclo de vida de los proyectos viales. En este Manual se hace constantemente mención a este hecho, persiguiéndose con esto una incorporación real del tema al diseño, construcción, mantenimiento, conservación y operación, de las infraestructuras viales como de su entorno, orientadas a brindar vías seguras y amables.

- ✓ Coordinación del trazo longitudinal y vertical de las carreteras.
- ✓ Estado de conservación del pavimento.
- ✓ Iluminación.
- ✓ Adecuación de la señalización fija vertical y la señalización fija horizontal (marcas viales).
- ✓ Diseño y mantenimiento del margen de la vía, de modo que se tienda hacia "márgenes clementes" que limiten la gravedad de los accidentes en caso de salida de la vía.
- ✓ Homogeneidad, consistencia y facilidad de lectura o predicción de la vía, de manera que la vía Advierta, Informe, Guíe, Controle y Perdona errores humanos:
  - Trazo.
  - Pavimento.
  - Señalización e indicaciones.
  - Límites de velocidad.
  - Número de carriles y ancho de carriles.

- ✓ Gestión del tráfico y señalización variable/circunstancial:
  - Existencia de una autoridad responsable y con capacidades para la gestión eficiente del tráfico y de los recursos viales para minimizar la congestión y la accidentalidad.
  - Equipamiento humano y tecnológico disponible para la gestión del tráfico.
  - Medidas de gestión de la oferta y la demanda para maximizar la capacidad de las vías en función de la demanda (origen, destino, tipo de vehículos, motivos del viaje, concentración temporal, etc.).
  - Vigilancia y Control del tráfico presencial o telemático que evite el agravamiento de circunstancias concretas.

#### **1.7.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL SEGURA**

El diseño de los proyectos de infraestructura deberá incluir los criterios y características básicas a fin de garantizar la seguridad en la infraestructura vial, considerando los siguientes principios:

**A. FUNCIONALIDAD:** Diferentes categorías de carreteras requieren un diseño compatible con su función. El tráfico se debe distribuir en cada tipología de red sobre un diseño pensado específicamente para su función.

**B. HOMOGENEIDAD:** Las diferencias de velocidad, dirección y masa entre los vehículos que utilizan una misma carretera o intersección debe ser reducida al mínimo.

**C. PREDICTIBILIDAD:** Las carreteras se deben construir para que resulte obvio el tipo de comportamiento esperado; deben ser auto-explicativas.

#### **D. LEGIBILIDAD**

- ✓ La vía y entorno son siempre bien percibidos e interpretados, y el conductor adapta su conducción a esas características.
- ✓ La información llega a través de la vista (80%).
- ✓ El proyectista puede controlar la conducción mediante la elección de la información que recibe el usuario.
- ✓ Todos los usuarios deben realizar la misma lectura de la vía.
- ✓ La lectura debe ser fácil, amigable, rápida e inequívoca.

#### **E. CREDIBILIDAD**

- ✓ Coherencia entre la realidad de la vía y las expectativas del conductor (trazo y señalización).
- ✓ El conductor no es un suicida potencial, no hay que engañarlo ni asustarlo; sólo hay que informarle correctamente.
- ✓ La información (los mensajes) no habituales deben restringirse para casos especiales o no comunes.
- ✓ El abuso "ayuda" a la pérdida de credibilidad (paneles en curvas, limitaciones velocidad excesivas,).

#### **F. CONSISTENCIA**

- ✓ Soluciones similares y homogéneas ante problemas o circunstancias similares.
- ✓ Satisfacer en todo momento las expectativas del conductor.

- ✓ Expectativa cubierta, actuación predecible y adecuada.
- ✓ Expectativas: "a priori", en base experiencia y aprendizaje "ad hoc", en base al itinerario del (tramo) recorrido.
- ✓ El diseño consistente minimiza las violaciones a las expectativas del conductor, a través de trazado homogéneo.
- ✓ Puntos críticos: intersecciones, ancho carriles y arceles, curvaturas horizontales y verticales.

## **G. CARGA DE TRABAJO**

- ✓ Mide el esfuerzo de asimilación y/o decisión del usuario sobre cada tramo o punto singular de una carretera.
- ✓ El objetivo debe ser minimizar las zonas de sobrecarga de trabajo (rotondas, enlaces, áreas de trenzado, etc.).
- ✓ Minimizar demasiado la carga de trabajo también puede resultar peligroso, monotonía (autovías,...).

## **H. CARRETERAS QUE PERDONAN**

- ✓ Diseño que compensa los errores humanos o mecánicos y minimiza las consecuencias de los accidentes,
- ✓ Es la línea de trabajo de mayor rentabilidad a corto plazo,
- ✓ Tres tipos de actuación básicas:
  - Despejes laterales y aperturas de visibilidad,
  - Retirada de obstáculos y tendido de taludes,
  - Protección de obstáculos.

## **I. DISEÑO PARA LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO:**

- ✓ El MSV, busca brindar al usuario la satisfacción y seguridad en nuestras vías.
- ✓ Se trata de diseñar y gestionar las vías adaptándose a las limitaciones de facultades humanas y a sus expectativas,
- ✓ La infraestructura debe tener capacidad de hacer predecible la conducta del usuario y/o adaptarla a lo esperable,
- ✓ De alguna manera, se pretende limitar los grados de libertad del usuario, o al menos la magnitud de los mismos,
- ✓ Tres Pilares Básicos para un diseño seguro/acondicionamiento:
  - Especialización funcional de las vías (criterios de diseño adaptados a cada categoría). Un camino, una función.
  - Minimización consecuencias accidentes (masas, velocidades y direcciones de los vehículos)
  - Reducción incertidumbre en los usuarios (características de la carretera y comportamiento del resto de usuarios más predecible)

### **1.7.5 LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN DEL MSV**

El MSV desarrolla las mejoras de las condiciones de seguridad para el factor infraestructura, sin embargo cabe indicar que la seguridad vial no solo está orientada a la infraestructura vial, sino también a otros factores involucrados, como son:

## Gestión de la movilidad

El concepto de Gestión de la Movilidad nace con el objeto de promocionar un transporte sostenible (social, económica y medioambientalmente) y gestionar la demanda de los diferentes modos de transporte en favor de aquellos más seguros y eficientes. El eje vertebral de la Gestión de la Movilidad son las medidas blandas (soft measures), que no requieren grandes inversiones y con un rendimiento beneficio/costo elevado, tales como:

- ✓ Información y concientización.
- ✓ Comunicación.
- ✓ Coordinación de servicios entre distintos operadores de transporte.
- ✓ Planificación y monitorización de la movilidad.
- ✓ Diseño de estrategias y campañas para incentivar económicamente el cambio modal y hábitos de movilidad eficiente y segura.

### Seguridad del usuario y comportamiento de los usuarios:

- ✓ Conciencia social colectiva de la accidentalidad y problemática vial.
- ✓ Valor por la vida y el tiempo de la sociedad.
- ✓ Hábitos y conductas de riesgo insertas en los usos y costumbres de la sociedad.
- ✓ Respeto por la integridad física y moral del resto de ciudadanos.
- ✓ Concepción y respeto de la autoridad encargada de la vigilancia y disciplina de tráfico.
- ✓ Integridad y seriedad de la autoridad policial encargada de la vigilancia y disciplina de tráfico.
- ✓ Modelo de formación vial y pruebas de aptitud para la obtención de la autorización administrativa para la conducción.
- ✓ Diseminación y presencia de la Educación Vial en ámbitos formales (Educación Primaria, Educación Secundaria) y ámbitos no formales (colectivos de personas mayores, adolescentes, usuarios vulnerables, etc.).

### Seguridad vehicular:

- ✓ PIB per cápita del país o territorio analizado.
- ✓ Incentivos públicos y ayudas para la renovación del parque móvil en busca de la adquisición de vehículos con mayor seguridad activa y pasiva.
- ✓ Exigencias de la sociedad a los fabricantes de vehículos por unos vehículos cada vez más seguros.
- ✓ Integración de tecnologías cooperativas V2V y V2I que permiten la comunicación entre vehículos y entre vehículo e infraestructuras.

La aplicación de las leyes de transporte y tránsito, el cumplimiento de las normas, la educación vial, las mejoras en la infraestructura y otras relacionadas con la seguridad vial, contribuyen a crear un adecuado sistema de transporte y tránsito terrestre.

En tal sentido, estos factores son decisivos para contribuir en una mejora de la gestión de la seguridad vial y así disminuir los altos índices de accidentes del tránsito.

## **CAPÍTULO II PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA SEGURIDAD VIAL**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se presentan los conceptos, principios y fundamentos desde el punto de vista de la seguridad vial es así que se consideran los siguientes temas: las accidentes como base de análisis, el rol del factor humano, los modelos de conducción, las características y limitaciones del conductor, el concepto de orientación positiva, la gestión de la seguridad vial, el tránsito calmado y los programas educativos que se deben desarrollar como una medida que puedan contribuir a incrementar los niveles de seguridad a nivel nacional.

### **2.2 LAS ACCIDENTES COMO BASE DEL ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD VIAL**

Se abordan los accidentes como dato básico de análisis de la seguridad vial. Los siniestros son fenómenos inesperados y poco frecuentes. Los datos observados presentan grandes limitaciones derivados de su propia recolección, debido a que no tenemos una ficha de registro único, de regresión a la media y de aleatoriedad.

#### **2.2.1 LA SEGURIDAD VIAL OBJETIVA Y SUBJETIVA**

La seguridad vial no se relaciona intrínsecamente con estándares de diseño, pese a que puede existir una relación estrecha entre ambos. Sin embargo, la experiencia demuestra que no todo lo que cumple un estándar es seguro, y no todo lo que no cumple es inseguro.

A la seguridad vial basada en la experiencia se le denomina seguridad vial objetiva ya que se basa en evidencia real e histórica. A la seguridad vial que se asume por el hecho de cumplir con un estándar se le denomina seguridad vial subjetiva, ya que se asume que existe seguridad vial por el hecho de cumplir un estándar de diseño. Esta realidad es importante al momento de enfrentarse con situaciones en las que los estándares no se pueden cumplir por diferentes razones. En estas situaciones se debe considerar si el incumplimiento con el estándar generaría un problema objetivo de seguridad vial.

#### **2.2.2 ALEATORIEDAD DE LOS ACCIDENTES**

La frecuencia de accidentes, fluctúa naturalmente en el tiempo para un lugar determinado. Por este motivo, los promedios de accidentes a corto plazo pueden variar significativamente en comparación a un promedio a largo plazo. La aleatoriedad de la ocurrencia de accidentes, indica que promedios a corto plazo no son una buena fuente para determinar la frecuencia promedio de accidentes. Por ejemplo, si se utiliza únicamente un año de data, no se sabe con certeza si este año es un punto alto o bajo en la frecuencia promedio de accidentes a largo plazo, debido a la aleatoriedad natural de las accidentes. Por este mismo motivo, no se puede comparar un año con otro directamente, dado que un año es demasiado corto para saber realmente el promedio de accidentes en un lugar determinado.

Al no tomar en cuenta la regresión a la media, crea lo que se conoce como "error por regresión a la media." Si un lugar se selecciona para introducir una contramedida basándose en data a corto plazo, se comete este tipo de error.

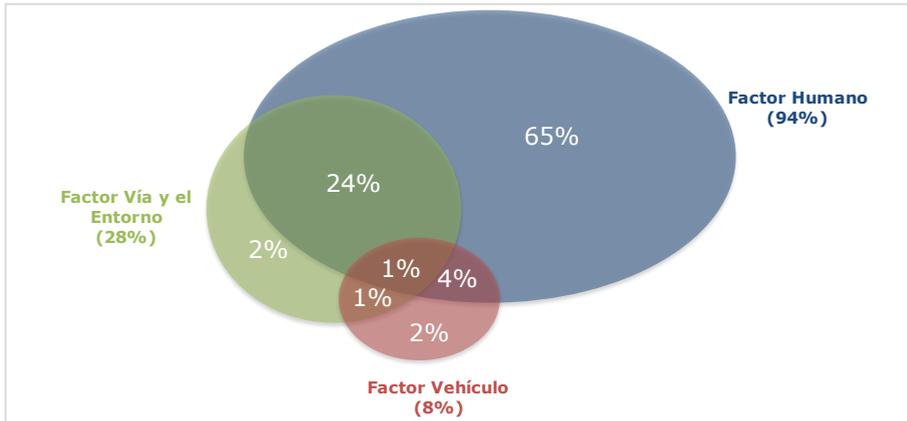
### 2.2.3 LOS PRINCIPALES FACTORES CONTRIBUYENTES A LOS ACCIDENTES

Existen tres factores principales contribuyentes a las accidentes, ver Figura 18:

- ✓ Infraestructura y/o vía, Vehículo, Usuario.

Una determinada colisión puede tener a dos o incluso a los tres factores como contribuyentes en mayor o menor medida. Este hecho genera dificultad al momento de asignar responsabilidad de una colisión ya que puede asignarse erróneamente a un elemento como el factor contribuyente principal cuando se desconoce la contribución de los otros elementos.

Figura 18. Los Tres Factores que Contribuyen a los Siniestros Viales



Fuente: New South Wales Roads and Traffic Authority (RTNSW), 1996

Por este motivo, al momento de obtener data estadística se debe tener precaución en la interpretación de la misma, ya que en el Perú en la mayoría de los casos el personal policial no registrará la contribución de la vía en la ocurrencia de la colisión, salvo que esta sea muy evidente (semáforo apagado por ejemplo). Este hecho genera que se sobreestime la contribución del usuario en la ocurrencia de accidentes. Es por este motivo que las estadísticas que se manejan a nivel nacional, casi siempre muestran una contribución desproporcionadamente alta del usuario sobre aquella de la vía o vehículo.

### 2.3 ROL DEL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD VIAL

Se analiza el rol del Factor Humano en la Seguridad Vial, siendo un aspecto destacable en la consecución de accidentes. Aproximadamente en el 94% de los accidentes ocurridos, el factor humano es responsable o corresponsable. Según los datos conocidos, en Perú en el año de 2014 el factor humano está presente en el 82% de los accidentes.

En esta sección se describen los factores claves de la conducta humana en relación a cómo los conductores interactúan con los componentes de la infraestructura incluyendo su geometría, señalización vertical, horizontal y otros factores visibles y sensibles en la vía. En otras palabras, los conductores intentarán de "leer" la vía que perciben en cualquier momento y asumirán que la vía más adelante será similar a la que acaban de transitar.

Con una comprensión precisa de cómo los conductores interactúan con la vía, se podrá tomar mejores decisiones en proyectos para que sean diseñados y construidos

de modo que minimicen el porcentaje de accidentes generados por el factor humano. El objetivo es proveer una infraestructura que minimice las consecuencias de las acciones humanas inevitables, mediante un diseño que tome en cuenta las características humanas y sus limitaciones.

Con frecuencia, los conductores cometen errores debido a las limitaciones físicas de los humanos, su capacidad de percepción y sus limitaciones cognitivas. Algunos accidentes no ocurren porque los conductores suelen compensar errores de otros conductores, o porque las mismas circunstancias perdonan (por ejemplo, hay espacio para maniobrar y evitar los accidentes).

Por otro lado, la distracción o cansancio al volante por falta de atención del conductor, pueden conducir a errores. También un conductor puede estar sobrecargado por el procesamiento de la información necesaria para llevar a cabo múltiples tareas al mismo tiempo, lo que a la larga puede producir un error en la conducción. Para reducir su carga de información, los conductores se basan en un conocimiento a priori, basado en patrones aprendidos de respuesta; por lo tanto, son más propensos a cometer errores cuando sus expectativas no se cumplen.

Además de los errores involuntarios, a veces los conductores realizan maniobras de alto riesgo y cometen de forma deliberada infracciones de los dispositivos de control del tráfico y las leyes. Por ejemplo, adelantar en curvas con visibilidad reducida aun cuando la señalización lo prohíbe. En estos casos la seguridad vial se puede mejorar usando otros dispositivos que superan en tamaño y número lo requerido.

Estos últimos años se detecta una nueva forma de distracción asociada al uso de los dispositivos móviles (teléfono celular, GPS y otros) durante la conducción. En segundos, el conductor pierde la atención total requerida para una conducta segura y no es consciente de ello. Debido a la distracción, el conductor puede no darse cuenta de importantes elementos de señalización y otros factores como la presencia de peatones o vehículos a punto de cruzar la vía. Así, es especialmente peligroso el proceso de ver y responder mensajes instantáneos, ya que el conductor aparta de forma prolongada la visión de la vía.

## 2.4 EL MODELO DE CONDUCCIÓN

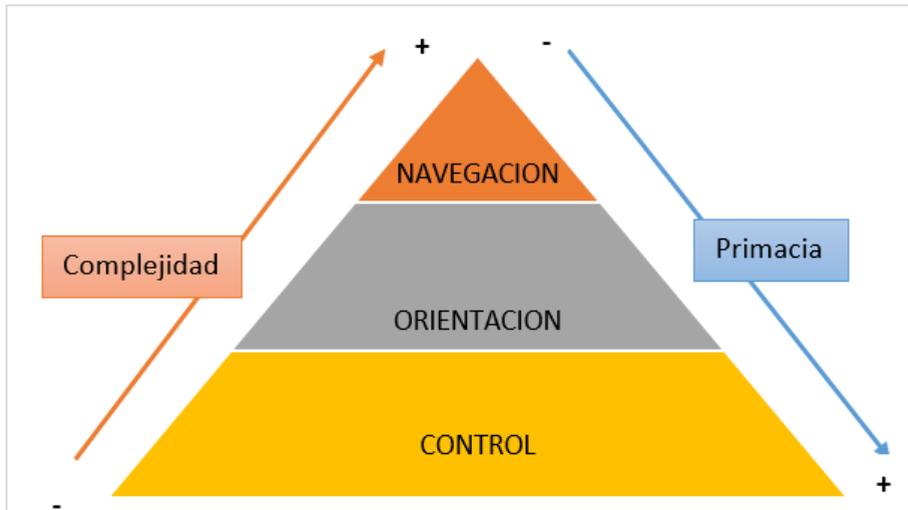
La conducción comprende muchas tareas, algunas de las cuales se deben realizar simultáneamente. Los tres principales son:

- ✓ **Control:** Manipulación física del vehículo mediante el volante, acelerador y frenos del vehículo. El conductor recibe información por sus sentidos naturales de equilibrio, oído y tacto.
- ✓ **Orientación:** Selección de una velocidad y trayectoria segura mediante un proceso de decisiones continuas para posicionarse en el carril, mantener distancia entre vehículos y realizar maniobras complicadas como el adelantamiento. El conductor recibe información de la vía, el entorno, otros elementos de tránsito y de la señalización vial.
- ✓ **Navegación:** Es un proceso de planificar y llevar a cabo un viaje de origen a fin. La información puede llegar de hitos naturales y artificiales, señalización informativa, mapas, internet y sistemas electrónicos.

Cada una de estas tareas implica la observación de diferentes fuentes de información y los distintos niveles de toma de decisiones. La relación entre las tareas se puede ilustrar de forma jerárquica, tal como se muestra en la siguiente figura. La jerarquía

se basa en la complejidad y el predominio de cada tarea. La navegación es la más compleja de las tres, mientras que el control constituye la base para la realización de las demás tareas de conducción. La Figura 19 se muestra las tareas principales del modelo de conducción.

Figura 19. Tareas Principales del Modelo de Conducción

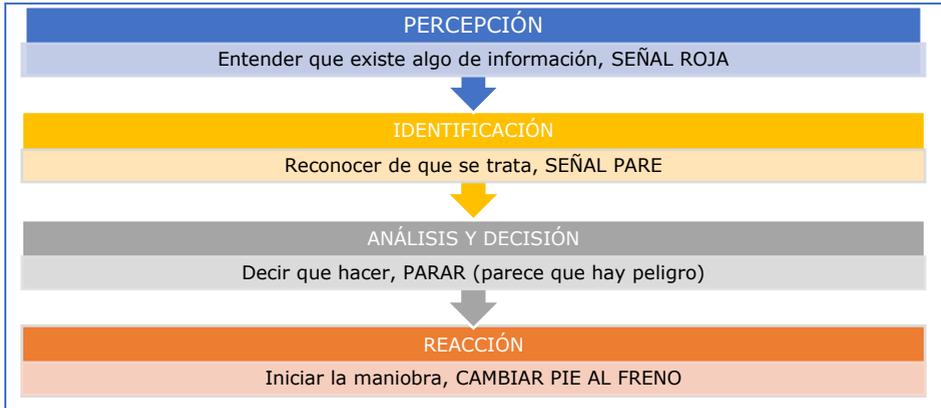


Fuente: Adaptado de Alexander y Lunenfeld, 1986

Una experiencia de conducción exitosa requiere de una integración sin problemas de las tres tareas, y la atención del conductor debe adaptarse a la tarea o tareas que correspondan según las circunstancias. Esto se puede lograr, si no sucede simultáneamente una alta carga de trabajo en las tres tareas a la vez.

- Tiempo de percepción-reacción: El tiempo de percepción-reacción (TPR) es producto de la complejidad de una situación, la capacidad actual del conductor y la preparación previa del conductor. La cantidad de tiempo, (lo que puede ser medido en distancia según la velocidad del vehículo) para que un conductor pueda responder a un estímulo depende de elementos humanos, incluyendo la edad del conductor, la habilidad del conductor a procesar información, el estado de alerta del conductor, las expectativas del conductor y su visión. En todo caso, cada reacción debe pasar por un proceso de percepción, identificación, análisis y decisión para luego reaccionar, ver Figura 20.

Figura 20. Proceso de Percepción-Reacción



Fuente: Highway Safety Manual (AASHTO)

- Elección Velocidad: Los conductores utilizan indicaciones perceptivas y de mensajes indirectas de la configuración de la ruta para seleccionar una velocidad que ellos perciben como segura.
- La información recogida a través de la visión periférica puede llevar a los conductores a acelerar o reducir la velocidad en función de la distancia, desde el vehículo a los objetos de carretera. Los conductores pueden conducir más rápido de lo que creen, una vez adaptados a la velocidad de la carretera.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS Y LIMITANTES DEL CONDUCTOR

Esta sección describe las capacidades y limitaciones en la realización de las tareas por parte del conductor. Se analizan la atención y procesamiento de la información, las expectativas del conductor, la visión, el tiempo de percepción y tiempo de reacción, y la elección de la velocidad, con percepción subjetiva del riesgo.

### A. ATENCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La atención del conductor y la capacidad de procesar información es limitada y está en función de su condición física y mental, de las distracciones a las cuales está sometido en cualquier momento y de la simplicidad/complejidad de "leer" la vía para poder determinar el control requerido, el mejor encausamiento por seleccionar y como llegar a su destino.

Los conductores subconscientemente determinan las cargas de información aceptables que pueden manejar. Cuando la carga de información entrante excede su capacidad, los conductores tienden a menospreciar otras informaciones, regidas según nivel de importancia y a menudo se basan en la experiencia del pasado para gestionar la cantidad de nueva información que deben procesar durante la conducción. Es recomendable, que cuando el conductor tenga sobrecarga de información, silencie la radio, el celular, a los acompañantes y en muchos casos, baje la velocidad.

Al igual que con la toma de decisiones de cualquier tipo, el error es posible durante este proceso y como demuestra la experiencia sueca, debería estar siempre anticipado en el diseño vial.

De este modo, un conductor puede descuidar parte de la información que puede ser crítica, mientras retiene información menos importante.

La Tabla 4 presenta varios ejemplos de escenarios donde existe sobrecarga de información del conductor.

*Tabla 4. Ejemplo Escenarios de Sobrecarga del Conductor*

| Escenario   | Ejemplo  |
|---|--|
| Altas exigencias de más de una fuente de información.             | Entrada a una autopista con un alto volumen de tráfico desde un ramal de enlace.             |
| Necesidad de tomar una decisión compleja rápidamente.             | Circular o detenerse ante un semáforo en ámbar cerca de la línea de parada.                  |
| Necesidad de retener gran cantidad de información en poco tiempo. | Un pórtico con múltiples señales de información en un lugar poco habitual para el conductor. |

Como se muestra en la tabla anterior, las condiciones del tráfico y situaciones operacionales pueden sobrecargar al usuario de muchas maneras.

Algunas consideraciones de diseño de carreteras para reducir la carga de trabajo de control de la información por parte de los conductores son:

- ✓ Presentar la información de una manera consistente para mantener la carga de trabajo adecuada.
- ✓ Presentar la información de forma secuencial, en lugar de todas a la vez, para cada una de las tareas de navegación, orientación y control.
- ✓ Proporcionar guías para ayudar a los conductores a dar prioridad a la información más importante, a fin de reducir su carga de trabajo.

Además de las limitaciones de procesamiento de información, la atención de los conductores no está totalmente controlada por su consciencia. Se debe tener en cuenta que, para los conductores con un cierto grado de experiencia, la conducción es un ejercicio altamente automatizado. Es decir, el manejo es a menudo realizado mientras la mente del conductor se dedica a pensar en otros asuntos. La mayoría de los conductores han experimentado el fenómeno de ser conscientes de no haber prestado atención suficiente durante un trayecto de la vía.

Cuando menos exigente sea el manejo, la atención del conductor disminuirá, ya sea a través de preocupaciones internas o a través de la participación en tareas fuera del ámbito puramente de la conducción.

Esta falta de atención puede provocar movimientos involuntarios fuera del carril, o la no detección de una señal vertical de tránsito, o un vehículo o peatón en una intersección.

## **B. EXPECTATIVAS DEL CONDUCTOR**

Una forma de adaptarse a las limitaciones de procesamiento de información humana es diseñar vías acorde a las expectativas del conductor. Cuando los conductores pueden confiar en la experiencia pasada para ayudar con las tareas de control, orientación o de navegación hay un menor procesamiento, ya que sólo tienen que procesar la nueva información. Los conductores desarrollan procesos mentales de las expectativas tanto a largo como a corto plazo. Los ejemplos de las expectativas a

largo plazo que un controlador desconocido traerá a un nuevo tramo de carretera incluyen:

- ✓ Las salidas de autopista próximas estarán en el lado derecho de la carretera.
- ✓ En cruce entre una vía principal y otra secundaria, la señal de PARE será para la carretera secundaria.
- ✓ Al acercarse a una intersección, los conductores que desean girar a la izquierda estarán en el carril de la izquierda.
- ✓ Un carril continuo (en una autopista o vía arterial) no va a terminar en un enlace o intersección.

Los ejemplos de las expectativas a corto plazo incluyen:

- ✓ Después de conducir un par de kilómetros en un camino sinuoso con suavidad, las próximas curvas seguirán siendo suaves. Después de viajar a una velocidad relativamente alta para una cierta distancia considerable, los conductores esperan que el camino por delante será diseñado para circular a la misma velocidad.
- ✓ Después de conducir a una velocidad constante en un tramo con coordinación semafórica, los conductores pueden no percibir correctamente una intersección con una duración del ciclo diferente.

## **C. VISIÓN**

Aproximadamente el 90% de la información utilizada por un conductor es obtenida visualmente. Es importante que la información esté diseñada y presentada de tal modo que los usuarios puedan ver, comprender y responder a ella de manera apropiada en un tiempo razonable.

La agudeza visual es el aspecto más conocido de la visión relacionada con la conducción, entre otros aspectos igualmente importantes, los que se describen a continuación:

- ✓ Agudeza visual: Capacidad de ver detalles a distancia.
- ✓ Cono de visión de lectura o visión precisa.
- ✓ Sensibilidad de contraste: Capacidad de detectar pequeñas diferencias en luminancia (brillo de la luz) entre un objeto y su fondo.
- ✓ Visión periférica: Capacidad para detectar objetos que están fuera del área de visión.
- ✓ Movimiento en profundidad: Capacidad para estimar la velocidad del otro vehículo por la tasa de cambio del ángulo visual del vehículo creado en el ojo.
- ✓ Búsqueda visual: Capacidad de buscar la escena cambiante de la carretera para recopilar información de la misma.

### **C.1. AGUDEZA VISUAL**

La agudeza visual determina, qué tan bien los conductores pueden ver los detalles en la distancia. Es importante para las tareas de orientación y navegación, que requieren señales para poder identificar objetos de potencial riesgo.

En condiciones ideales (con luz del día, alto contraste de texto negro en blanco y tiempo ilimitado), una persona con una agudeza visual de 20/20, considerada "visión normal", puede leer señales que subtenden un ángulo de 5 minutos de arco. Una

persona con 20/40 visión, necesita señales que subtienden dos veces este ángulo, o 10 minutos de arco. Con respeto a las señales de tráfico, una persona con visión 20/20 puede apenas leer las señales que son de 2.5 cm de altura en 18 metros, y letras que son de 5 cm de alto en 36 metros, y así sucesivamente. Una persona con 20/40 visión necesitaría señales de dos veces esta altura para leerlos a la misma distancia. Dado que las condiciones de conducción reales varían a menudo de las condiciones ideales y debido a que la visión del conductor varía con la edad, la agudeza del conductor se asume a menudo para ser menor de 18 metros por cada 2.5 cm de altura de letra para las fuentes utilizadas en las señales de autopista.

### **C.2. LA SENSIBILIDAD DE CONTRASTE**

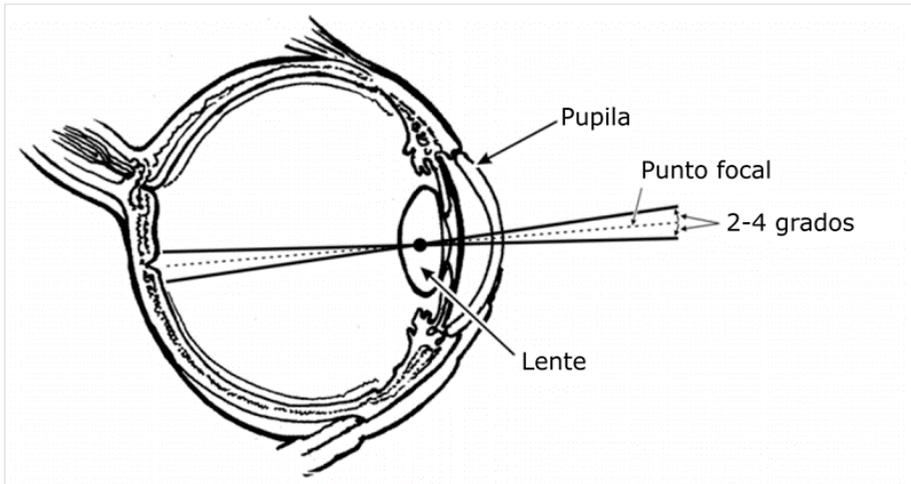
La sensibilidad de contraste es la capacidad de detectar pequeñas diferencias de luminancia (brillo de la luz) entre un objeto y el fondo.

Cuanto menor es la luminancia del objeto apuntado, se requiere mayor contraste para ver. El objeto de destino podría ser una frenada, escombros en la carretera, o un peatón. Una buena agudeza visual, no implica necesariamente una buena sensibilidad de contraste. Para personas con una agudeza visual de 20/20, la distancia a la que se detectan los objetos no reflectantes por la noche puede variar en un factor de 5 a 1. Los conductores con visión normal, pero pobre sensibilidad al contraste, requieren estar muy cerca de un objeto de bajo contraste antes de la detección del mismo. Estudios experimentales muestran que en ocasiones se requiere hasta 10 metros antes de detectar a un peatón con ropa oscura en el lado izquierdo de la carretera. En general, los peatones tienden a sobreestimar su visibilidad ante los conductores por la noche. En promedio, los conductores ven a los peatones en aproximadamente la mitad de la distancia a la que los peatones piensan que pueden ser vistos. Esto puede conllevar a que los peatones supongan que los conductores los han visto y que los conductores se vean sorprendidos por la presencia inesperada de peatones ocasionando situaciones peligrosas.

### **C.3. VISIÓN PERIFÉRICA:**

El campo visual del ojo humano es de aproximadamente 55 grados por encima de la horizontal, 70 grados por debajo de la horizontal y 90 grados a la izquierda y a la derecha. Sin embargo, sólo una pequeña zona del campo visual permite la visión precisa. Este área de visión precisa incluye un cono de aproximadamente 2-4 grados desde el punto focal. El campo visual de menor resolución fuera de la zona de visión precisa, se conoce como visión periférica. Aunque la agudeza se reduce, las metas de interés pueden ser detectadas en la visión periférica con baja resolución. Una vez detectadas, los ojos cambian de modo que el objetivo es visto usando el área del ojo con visión precisa (Ver Figura 21).

Figura 21. Área de Visión Precisa en el Ojo



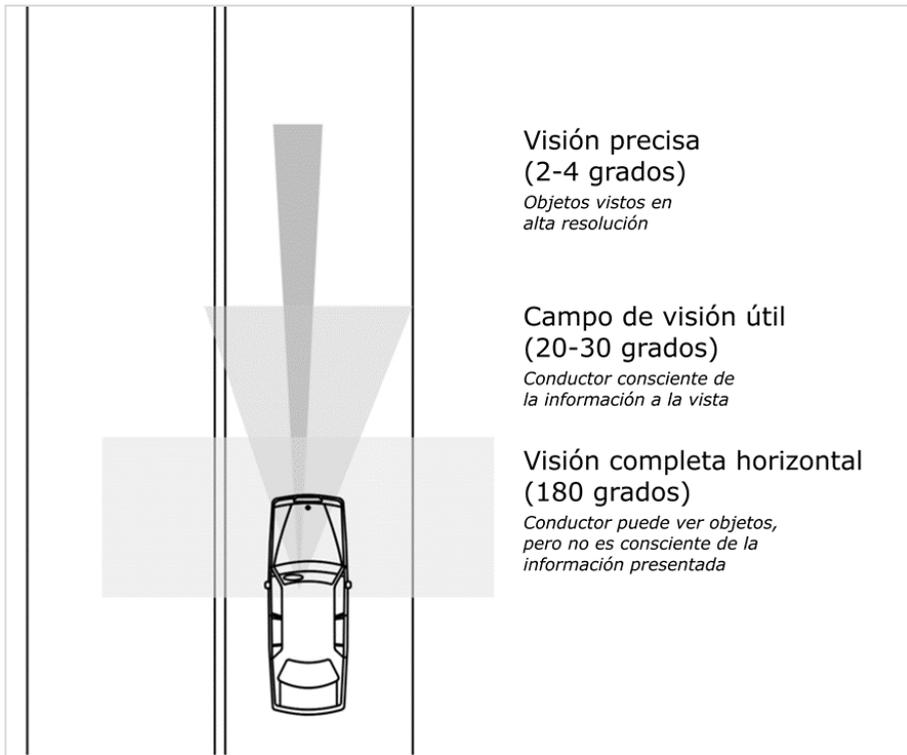
Fuente: Highway Safety Manual (AASHTO)

Lo que los conductores necesitan detectar en su visión periférica, en una intersección de la vía, son vehículos, peatones y señales. En general, los objetos de mejor detección por la visión periférica son objetos que están más cerca del centro de coordinación, que difieren en gran medida desde sus orígenes en términos de brillo, color y textura, que son grandes y que se están moviendo. Los estudios demuestran que la mayoría de los objetos se notan cuando se encuentran a menos de 10 a 15 grados desde el punto focal y que, incluso cuando los objetos destacan y son claramente visibles, las miradas en ángulos de más de 30 grados son poco habituales.

La detección de blancos en la visión periférica, también depende de las exigencias impuestas al conductor. A mayor exigencia, el "cono visual de conciencia" o el "campo útil de visión" se estrechan, y es menos probable que el conductor detecte objetos periféricos.

La Figura 22 resume la visión del conductor y muestra como el campo de visión aumenta desde el punto focal. Los objetivos se ven en alta resolución dentro de los 2-4 grados centrales del campo de visión. Durante la realización de la tarea de conducir, el conductor es consciente de la información de la vista periférica, dentro de los 20 a 30 grados centrales. El conductor puede ver físicamente la información sobre un área de 180 grados, pero no es consciente de ésta mientras se conduce, a menos que tenga un elemento motivador que lo obligue a centrar su atención en dicho elemento.

Figura 22. Visibilidad Relativa de Destino del Objeto con Visión Periférica



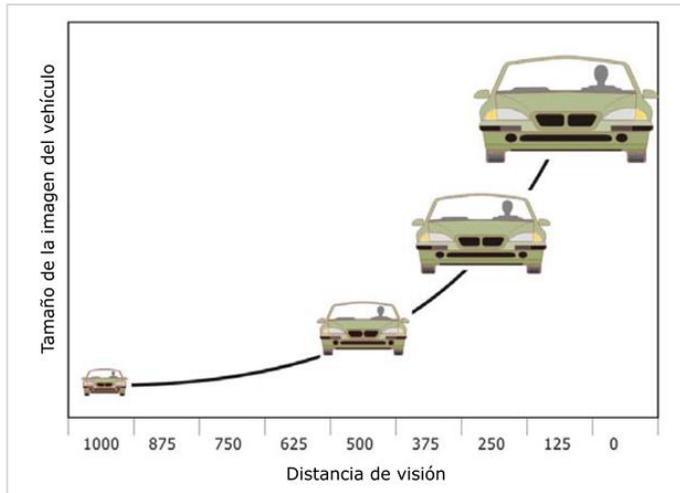
Fuente: Highway Safety Manual (AASHTO)

#### C.4. MOVIMIENTO EN PROFUNDIDAD:

Hay numerosas situaciones de conducción que requieren controladores para estimar el movimiento de vehículos basados en la tasa de cambio de ángulo visual creado en el ojo por el vehículo. Estas situaciones incluyen el seguimiento seguro de un vehículo a otro en el tráfico, la selección de un espacio de seguridad para incorporarse en una intersección con una vía de doble sentido de circulación regulada con señal de PARE, y el adelanto de un vehículo a otro ocupando momentáneamente, el carril de circulación en sentido contrario.

La señal principal que los conductores perciben para determinar su velocidad de aproximación a otro vehículo, es la velocidad de cambio del tamaño de imagen.

Figura 23. Relación entre la Distancia de Visualización y Tamaño de la Imagen



Fuente: Adaptado de Olson y Farber (distancia de visión en metros)

Como se muestra en la figura anterior, la relación entre la distancia de visión y el tamaño de la imagen del vehículo no es una relación lineal. Al tratarse de una relación no lineal es probable que los conductores tengan dificultad y no estimen de manera precisa la velocidad de aproximación.

Los conductores utilizan el cambio observado en el tamaño de un vehículo distante (medido por el ángulo visual ocupado por el vehículo), para estimar la velocidad de viaje del vehículo. Los conductores tienen dificultades para detectar los cambios en la velocidad del vehículo durante una larga distancia, debido a la pequeña cantidad de cambio en el tamaño del vehículo que se produce por segundo. Esto es particularmente importante en situaciones de adelantamiento en carreteras de dos carriles, donde los conductores deben ser sensibles a la velocidad de los vehículos que se aproximan. Cuando el vehículo que se aproxima está a una distancia a la que un conductor podría pasar al vehículo delantero, el tamaño de ese vehículo que se aproxima está cambiando gradualmente y el conductor puede no ser capaz de distinguir si el vehículo que se aproxima está viajando a una velocidad superior o inferior a la del promedio de los vehículos. Para superar situaciones como ésta, los conductores se han mostrado dispuestos a aceptar intervalos de tiempos insuficientes, cuando se adelanta a vehículos que circulan a alta velocidad, y a rechazar espacios de tiempo suficientes cuando se adelanta a vehículos de baja velocidad.

Las limitaciones, en la percepción del conductor, de la velocidad de aproximación también pueden conducir a un mayor potencial de accidentes posteriores cuando los conductores que viajan en autopistas se aproximan a vehículos detenidos o que circulan a baja velocidad y estiman incorrectamente la distancia de frenado disponible. Por ejemplo, en una carretera rural de dos carriles, donde un conductor quiere girar a la izquierda, el vehículo debe parar en el medio del carril para esperar un espacio prudente para cruzar al tráfico que circula en sentido contrario; en este caso, un conductor que se aproxima puede no detectar el vehículo detenido y el uso

de señales de giro o la visibilidad de luces de freno llegan a ser cruciales para evitar accidentes.

### **C.5 OBSERVACIÓN VISUAL:**

La conducción obliga a la observación activa de la escena de la carretera, la cual cambia rápidamente, esto requiere una rápida recopilación y absorción de la información vial. Mientras que la longitud de fijación de la vista en un tema en particular puede ser tan breve como 0.1 segundo para tareas simples como la comprobación de posición en el carril, la fijación de un tema complejo puede tardar hasta 2 segundos.

Múltiples estudios que se han realizado utilizando cámaras especializadas en las que se registran los movimientos de los ojos del conductor, revelaron cómo los conductores distribuyen su atención en distintas tareas de sub-conducción y los breves períodos de tiempo (fijaciones) asignados a cualquier objeto mientras se mueve. En un camino abierto, los conductores del estudio fijaron aproximadamente un 90% del tiempo dentro de una región vertical de 4 grados y horizontalmente desde un punto directamente por delante del conductor. Dentro de esta región enfocada, poco más de 50 % de todas las fijaciones oculares se produjeron en el lado derecho de la carretera, donde se encuentran las señales de tráfico. Esto indica que el conductor está concentrado.

El patrón de observación visual cambia cuando un conductor está encarando una curva horizontal en oposición a la conducción por la tangente. En secciones tangentes, los conductores pueden recopilar la información lateral de la carretera que está recorriendo y de la que viene en adelante. En la curva, la demanda visual se duplica, así como cuando la ubicación del cartel de la calle y de la carretera se desplaza (hacia la izquierda o hacia la derecha) de la información sobre la posición de carril. Los estudios de movimiento del ojo muestran que los conductores cambian su comportamiento de observación varios segundos antes del inicio de la curva. Estos hallazgos sugieren que las señales de prevención y velocidad en curva estén ubicadas antes de 30 metros de la zona de aproximación, reduciendo así los desafíos de observación visual.

Otros usuarios de la carretera, como peatones y ciclistas, también tienen una tarea de observación visual. Los peatones realizan una observación visual si dentro de tres segundos de entrar en la trayectoria del vehículo giran la cabeza hacia la dirección en la que el vehículo se aproxima. La observación visual varía con respecto a tres tipos de amenazas: los vehículos de atrás, los vehículos del lado y los vehículos de delante; los vehículos que vienen por detrás requerirán el mayor movimiento de la cabeza. Estas observaciones son realizadas por solamente el 30 % de los peatones. Las observaciones de vehículos que vienen por el lado y desde delante son más frecuentes, y son realizadas por aproximadamente un 50 y 60 % de los peatones, respectivamente.

#### **2.5.1 TIEMPO DE PERCEPCIÓN Y REACCIÓN**

Tiempo de percepción-reacción (TPR), incluye el tiempo para detectar un objetivo, procesar la información, decidir sobre una respuesta, e iniciar una reacción. Aunque los valores más altos tales como 1.5 o 2.5 segundos se utilizan comúnmente porque acomoda el gran porcentaje de conductores en la mayoría de situaciones, es importante señalar que TPR no es fijo y depende de elementos humanos indicados

anteriormente en este manual, incluyendo el procesamiento de la información, estado de alerta del conductor, expectativas del conductor y visión.

Los siguientes puntos describen los componentes de tiempo de percepción-reacción: la detección, la decisión y la respuesta.

## **A. DETECCIÓN**

La iniciación del TPR comienza con la detección de un objeto u obstáculo que puede suponer una potencial de causa de incidente. En esta fase el conductor no sabe si el objeto observado es realmente algo por el que debe preocuparse.

La detección de un objeto en condiciones ideales puede requerir de una fracción de segundo en algunos casos; sin embargo, por la noche un objeto de bajo contraste con el fondo, puede requerir muchos segundos para ser detectado. El objeto no puede verse hasta que el contraste del objeto excede el umbral de sensibilidad al contraste del controlador de visualización.

Las fallas en la detección son más probables en los siguientes casos:

- ✓ Objetos que están más de unos pocos grados de la línea de visión del conductor.
- ✓ Objetos con bajo contraste con el fondo.
- ✓ Objetos pequeños.
- ✓ Objetos con presencia de reflejos.
- ✓ Objetos estáticos.
- ✓ Objetos inesperados.

Una vez que un objeto u obstáculo ha sido detectado, deben determinarse los detalles del mismo con el fin de tener suficiente información para tomar una decisión. Como se detalla en la siguiente sección, la identificación se retrasará cuando el objeto detectado es desconocido e inesperado. Por ejemplo, un camión con remolque bajo, bloqueando sin reflectores adecuados y en una carretera de noche será inesperado y difícil de identificar.

## **B. ANÁLISIS Y DECISIÓN**

Una vez que un objeto u obstáculo ha sido detectado y suficiente información ha sido recopilada para identificarlo, se puede tomar una decisión en cuanto a qué acción tomar. En realidad, más que una acción, se trata de un proceso mental que conlleva a conocer la situación y determinar cómo responderá el conductor.

El tiempo de decisión depende altamente de las circunstancias. Muchas decisiones se toman de forma rápida cuando la respuesta es obvia. Por ejemplo, cuando el conductor está a una distancia sustancial de la intersección y el semáforo cambia a luz roja, se necesita un tiempo mínimo para tomar una decisión. Si, por otro lado, el conductor se encuentra cerca de la intersección y el semáforo cambia a luz amarilla, se crean ciertas dudas: ¿es posible detener cómodamente sin riesgo que el vehículo posterior colisione con el nuestro?, o ¿es mejor cruzar la intersección? Se tardará mayor tiempo para tomar la decisión de parar o continuar, dado que hay dos opciones razonables y mayor información para procesar.

La toma de decisiones requiere más tiempo cuando hay escasa o excesiva cantidad de información. Si el conductor necesita más información, debe buscarla; por otro

lado, si hay demasiada información, el conductor debe ordenarla para encontrar los elementos más importantes. La toma de decisiones también requiere más tiempo cuando los conductores tienen que determinar la naturaleza de la información poco clara, como por ejemplo discontinuidades en los elementos reflectantes en una carretera por la noche.

### **C. RESPUESTA**

Cuando la información se ha recopilado, procesado, y se ha tomado una decisión, se necesita un tiempo para responder físicamente. El tiempo de respuesta es principalmente una función de capacidad física para actuar sobre la decisión y puede variar con la edad, estilo de vida (deportivo, activo o sedentario) y el estado de alerta.

### **D. TIEMPOS DE PERCEPCIÓN-REACCIÓN EN DISTINTAS SITUACIONES**

Existen varios factores presentes en cada situación de conducción, que afectan al tiempo de percepción – reacción del conductor; por lo tanto, no es un valor fijo. Una guía clara para determinar la distancia de frenado ante un obstáculo, procede de un estudio de tiempos de percepción- reacción. El experimento se llevó a cabo a plena luz del día, mientras un conductor conducía por una colina y mirando la carretera; de pronto un objeto bloqueó parcialmente la carretera y la mayoría de conductores (85%) reaccionó en 1.3 segundos, y el 95% de los conductores reaccionaron dentro de 1.6 segundos. En un estudio más reciente, en el que también se examinó la respuesta de los conductores a los objetos inesperados que entran en la calzada, se concluyó que un tiempo de percepción-reacción de aproximadamente 2.0 segundos, parece incluir casi todas las respuestas de los sujetos en todas las condiciones ensayadas.

Sin embargo, un tiempo de percepción-reacción de 2.0 segundos puede no ser apropiado cuando hay un objeto de bajo contraste y visto por la noche. Incluso cuando un objeto está dentro de la línea de la vista del conductor, la falta de iluminación e insuficiente contraste entre el objeto y el fondo, pueden ocasionar que el conductor no lo vea. El tiempo de percepción-reacción no empieza hasta que el objeto ha alcanzado el nivel de visibilidad necesario para la detección, que varía acorde al conductor y al nivel de expectativa del mismo. Un estudio con un simulador de conducción, detectó que los conductores tuvieron un promedio de 1.4 segundos para responder ante la presencia de un peatón con alto contraste en el margen de las carreteras, y 2.8 segundos para responder ante la presencia de un peatón con bajo contraste, lo que indica un impacto sustancial de contraste en el tiempo de percepción-reacción. Debe considerarse que los conductores en los experimentos y estudios están más en alerta que en una situación normal; por lo tanto los tiempos reales de percepción-reacción podrían esperarse que sean mayores.

Como se desprende de este apartado, el tiempo de percepción-reacción no es un valor fijo, depende de la visión del conductor, la visibilidad de un dispositivo, complejidad de la respuesta requerida y urgencia de dicha respuesta.

### **E. ELECCIÓN DE VELOCIDAD**

Un aspecto central de la seguridad vial es la elección de velocidad de la conducción. Sin ser la única ni la más importante. Los conductores seleccionan la velocidad según la "lectura" que realicen de la carretera. La comprensión de estas "señales" puede ayudar a establecer las velocidades de autorregulación con cumplimiento mínimo o

nulo. En esta sección se incluye un resumen de las señales y de cómo la percepción de la carretera influye en la elección de la velocidad.

## **F. SEÑALES PERCEPTIVAS**

La señal principal de un conductor para la elección de velocidad proviene de la visión periférica. En experimentos en los que se pide a los conductores estimar su velocidad de desplazamiento con su visión periférica bloqueada (sólo se utilizaba el campo de vista central), mostraba que la capacidad de velocidad de cálculo es pobre. Esto es porque el punto de vista cambia muy lentamente en el centro de una escena de la carretera. Si por otra parte, la porción central de visión de la carretera está bloqueada, y a los conductores se les pide estimar la velocidad basada en la visión periférica, los conductores ajustan su respuesta mucho mejor.

El "streaming" o flujo óptico de la información en la visión periférica es una de las mayores influencias en las estimaciones de la velocidad de los conductores. En consecuencia, si los estímulos periféricos están muy cerca, los conductores sienten que van más rápido que si se encuentran con una situación abierta. En un estudio, se les pidió a los conductores conducir a 60 mph (100 km/h aprox.) con el velocímetro cubierto y la velocidad promedio fue de 57 mph (90 km/h aprox.). Con las mismas instrucciones, pero a lo largo de una ruta rodeada de árboles, la velocidad promedio fue de 53 mph (85 km/h aprox.). Los investigadores creen que los árboles cerca de la carretera siempre estimulan la visión periférica, dando una sensación de mayor velocidad.

El nivel de ruido también es una señal importante para la elección de la velocidad. Varios estudios examinaron cómo quitar los signos de ruido que influyen en la velocidad de desplazamiento. Si bien los oídos de los conductores se cubrieron (con orejeras) se les pidió que viajaran a una velocidad determinada. Todos los conductores subestimaron la rapidez con que iban y se fueron de 4 a 6 mph (6 a 10 km/h aprox.) más rápido que cuando los signos de sonido habituales estuvieron presentes. Con respecto a la reducción de velocidades, ha sido contraproducente silenciar progresivamente el paso de los vehículos y proporcionar pavimentos más suaves.

Otro aspecto de la elección de la velocidad es la adaptación de velocidad. Esta es la experiencia de dejar una autopista después de un largo periodo de conducción y de tener una dificultad de respetar el límite de velocidad en una carretera principal. El efecto de adaptación ha demostrado durar hasta cinco o seis minutos después de salir de una autopista, y ocurren incluso después de periodos muy cortos de alta velocidad. Existen diversas técnicas de gestión de acceso y para calmar el tráfico hay dispositivos que pueden ayudar a reducir los efectos de adaptación de velocidad.

Resumiendo, se puede concluir que los elementos periféricos son mejores controladores de la velocidad que las señales verticales.

## **G. SIGNOS DE LA CARRETERA**

Los conductores pueden interpretar el entorno de la carretera como un todo para fomentar velocidades rápidas o lentas en función de los efectos de la geometría, el terreno u otros elementos. A pesar de que los conductores pueden no tener toda la información para evaluar correctamente una velocidad segura, siempre responden a lo que pueden ver. Los conductores tienden a conducir más rápido en una carretera recta, con varios carriles, márgenes anchos y una amplia zona despejada, que en

una carretera estrecha, sinuosa, sin márgenes o con un acantilado al costado. Por ejemplo, las velocidades en las tangentes de una carretera rural están relacionadas con la sección transversal y otras variables como el radio de la curva antes y después de la tangente, las distancias de visibilidad disponibles, y el terreno en general.

Complicaciones en la tarea de conducir debido a la geometría de la carretera (por ejemplo, curvas cerradas, márgenes estrechos), influyen fuertemente en la percepción del riesgo por parte del conductor y en la velocidad.

Señales de velocidad en curvas parecen tener poco efecto en la velocidad de aproximación a la curva, probablemente porque los conductores sienten que no tienen suficiente información de la carretera. Un estudio registró las velocidades de 40 conductores no familiarizados con la ruta, en las curvas con y sin placas de velocidad. Aunque los movimientos oculares del conductor fueron grabados y se encontraron que los conductores miraban la señal de peligro, la presencia de una placa de velocidad no tuvo ningún efecto en la velocidad seleccionada.

En contraste, un estudio de las secciones tangentes en 36 calles encontró alguna influencia de la velocidad límite, pero ninguna influencia de variables de diseño en la carretera. Las secciones estudiadas tenían límites de velocidad que oscilaron desde 40 hasta 90 km/h. El límite de velocidad representó el 53 % de la varianza en la velocidad, pero factores como la alineación, la sección transversal, la presencia de mediana en la carretera no se encontró estadísticamente relevantes en relación con la velocidad de operación.

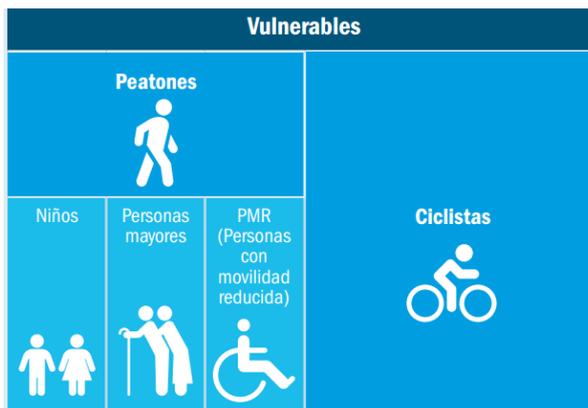
### 2.5.2 USUARIOS VULNERABLES

La Declaración de Moscú, surgida de la Primera Conferencia Ministerial Mundial de las Naciones Unidas sobre Seguridad Vial celebrada a finales de 2009, propone 11 líneas generales de acción para el tratamiento de la seguridad vial.

La línea número cuatro, concretamente, dice lo siguiente:

“Elaborar y aplicar políticas y medidas genéricas para la protección de todas las personas que participan en el tránsito y especialmente de los colectivos vulnerables.” La protección de dichos colectivos ha pasado a ser en los últimos años, por tanto, uno de los objetivos prioritarios de los organismos internacionales, y su seguridad es considerada además como una cuestión de salud pública global. La Figura 24 muestra colectivos de usuarios vulnerables.

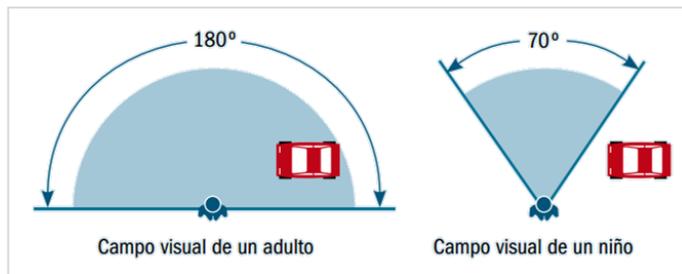
Figura 24. Colectivo de usuarios vulnerables



El peatón es el principal protagonista del espacio público y, al mismo tiempo, el elemento más frágil frente a los distintos medios de transporte con los que convive; es decir, el más vulnerable en caso de accidente de tráfico, incluso frente a la bicicleta. El grado de vulnerabilidad depende en gran medida, sin embargo, de la edad de la persona, de su condición física y de sus pautas y hábitos de comportamiento a la hora de desplazarse por la calle.

Así, en el caso de los niños, su baja estatura y sus reacciones a veces imprevisibles, sobre todo cuando se desplazan en grupo, influyen de forma decisiva en su riesgo de accidente, ya que pueden no ser vistos o incluso sorprender a los conductores de los vehículos. Su visión y nivel de audición tampoco están desarrollados completamente por lo que su percepción del espacio público y de los vehículos a motor que circulan es distinta a la de los adultos. La Figura 25 muestra el campo visual de un adulto y de un niño en la calle.

Figura 25. Campo visual de un adulto y de un niño en la calle



En el caso de las personas de edad avanzada, cuyo número aumenta cada año a causa del envejecimiento de la población, sus movimientos más lentos, sus limitaciones visuales y auditivas, y sus reacciones igualmente poco previsible multiplica también su riesgo frente a los vehículos a motor.

Las personas con movilidad reducida son el tercer grupo de población más vulnerable dentro del colectivo de los peatones, ya que se ven afectados por su baja altura cuando se desplazan en silla de ruedas y por sus movimientos más lentos. Numerosas personas con movilidad reducida son, además, personas mayores, lo que las convierte en un subgrupo con un grado de vulnerabilidad todavía mayor. Si, como se expone en el apartado siguiente, el diseño del espacio público no tiene en cuenta determinados factores de riesgo, la vulnerabilidad de estos sectores se incrementa de forma notable, ya que la presencia de determinados obstáculos o elementos urbanos reduce la visibilidad y capacidad de reacción del conductor.

Los usuarios de la bicicleta son también un grupo vulnerable frente a la mayoría de medios de transporte, excepto los peatones. Su encaje en el espacio urbano es uno de los temas actuales de debate y reflexión, ya que su fragilidad frente a los vehículos a motor afecta su convivencia segura con éstos en la calle. En los últimos años, la bicicleta ha ido ganando protagonismo como sistema de transporte urbano, lo que ha impulsado la creación de itinerarios y carriles especiales para que los ciclistas se desplacen con comodidad y seguridad. En algunos lugares, compartiendo calzada con los vehículos a motor (si bien con algún elemento físico o señalización horizontal de separación); en otros, compartiendo las aceras y zonas peatonales con los ciudadanos a pie. En ambos casos, sin embargo, pueden manifestarse algunas

situaciones de riesgo que deben tenerse en cuenta a la hora de encontrar el lugar más idóneo para este sistema de desplazamiento.

Estrategias de seguridad vial para los usuarios ver Tabla 5:

*Tabla 5. Estrategias de seguridad vial para los usuarios*

| Prioridades                             | Colectivos y temas clave | Objetivos operativos   |
|---|--------------------------|--|
| Proteger a los usuarios más vulnerables | Niños                    | Proporcionar entornos y trayectos escolares seguros                            |
|   |                          | Mejorar la utilización eficiente de los Sistemas de Retención Infantil         |
|   |                          | Impulsar la seguridad vial en el currículum escolar                            |
|   | Jóvenes                  | Mejorar la capacitación y actitudes de los conductores jóvenes                 |
|   |                          | Realizar intervenciones activas en el entorno de ocio nocturno                 |
|   | Mayores                  | Mejorar el seguimiento de las capacidades de los mayores para la conducción    |
|   |                          | Proporcionar espacios seguros de movilidad para mayores                        |
|   |                          | Mejorar el conocimiento sobre la accidentalidad de los mayores y su movilidad  |
|   | Peatones                 | Promover el desplazamiento a pie como forma de movilidad económica y saludable |
|   |                          | Proporcionar espacios seguros de movilidad para peatones                       |
|   |                          | Mejorar el conocimiento sobre la accidentalidad de los peatones y su movilidad |
|   | Ciclistas                | Promover el uso de la bicicleta como modo de desplazamiento eficiente          |
|   |                          | Mejorar la capacitación y actitudes de los ciclistas y resto de usuarios       |
|   |                          | Mejorar el conocimiento de los ciclistas                                       |

Fuente: La movilidad segura de los colectivos más vulnerables (DGT)

- ✓ Otros Grupos Especiales: Se trata de grupos que se consideran como peatones, pero que se mueven por medio de patines, patinetas u otros dispositivos con ruedas. Este grupo provee una manera más rápida de moverse pero requiere de un cierto grado de destreza por parte de los usuarios, que generalmente se trata de adolescentes que realizan maniobras a velocidades considerables y en ocasiones no respetan las señales, lo que conlleva a generar situaciones de alto riesgo para los demás usuarios de la vía.

¿Qué se puede hacer para disminuir los atropellos de usuarios vulnerables?

- ✓ Las calles y carreteras deben estar adaptadas a las necesidades de los conductores y peatones vulnerables, para reducir los accidentes en entornos urbanos y periurbanos, insistiendo en medidas de bajo costo.

En zonas pobladas debe considerarse la instalación de:

- Dispositivos de alerta:

- Semáforos ámbar intermitentes con señalización vertical de límite de velocidad.
- Paneles de mensaje variable, limitando la velocidad.
- Bandas transversales pintadas en la calzada.
- Bandas transversales rugosas (fresadas, resaltadas o a nivel).
- Dispositivos de disminución de la velocidad:
  - Coordinación de semáforos, forzando secuencias de apertura que eviten velocidades mayores.
  - Rotondas y mini rotondas (con escaso tráfico de vehículos pesados).
  - Estrechamientos de calzadas progresivas.
  - Reductores de velocidad.

### 2.5.3 EDAD DE USUARIOS

La edad de los usuarios influye en la conducción y usualmente los jóvenes perciben menos peligro que los mayores. Conductores mayores de 55 años y menores de 25 años tienen un tiempo de reacción similar ante peligros potenciales. En los mayores puede deberse a tiempos de respuesta simples por la edad; en los jóvenes podría deberse a la falta de reconocimiento de situaciones peligrosas por falta de experiencia.

- ✓ Percepción del riesgo y experiencia: Los individuos con más años de conducción perciben más riesgo que los jóvenes. Usualmente conductores con menos experiencia perciben más riesgos.
- ✓ Desviaciones en la percepción del riesgo: miedo a conducir un vehículo, por haber sufrido accidentes, ataques de pánico conduciendo o de ansiedad.

#### A. GENTE JOVEN:

Los factores de riesgo asociados a la siniestralidad de los jóvenes son:

- ✓ Factores psicológicos:
  - Baja percepción del riesgo,
  - Sobreestimación de capacidad; por ejemplo conducir permanente el vehículo con una mano en el volante y la otra en la palanca de cambios.
  - Poca estimación de cómo una situación se puede convertir en riesgo; por ejemplo, seguir muy cerca de un vehículo con carga mal estivada.
  - Déficit de experiencia por la edad.
- ✓ Factores socioculturales: En algunos casos el comportamiento de los jóvenes están determinados por los modelos familiares culturales y de estilo de vida.

#### B. GENTE MAYOR:

No hay acuerdo en las investigaciones a la hora de definir una edad concreta para considerar al conductor mayor. Así, aunque las estadísticas muestran una mayor tasa de riesgo (fallecidos por millón de población) a partir de los 65 años, el hecho de tener o superar esta edad no es en sí un indicador de deterioro físico, visual o cognitivo que afecte a la conducción.

Algunos problemas en los conductores mayores de 65 años suceden en las siguientes circunstancias:

- ✓ Giros a la izquierda en intersecciones sin carril de espera.
- ✓ Escaso tamaño, iluminación y retrorreflectividad de señalética horizontal y vertical.
- ✓ Vehículos estacionados cerca de un paso de peatones.
- ✓ La conducción nocturna.

Cuando a los peatones son mayores de 65 años hay adicionalmente otras problemáticas que pueden conllevar un riesgo para la seguridad vial:

- ✓ Cambios sensoriales:
  - Reducción del campo visual.
  - Pérdida auditiva.
- ✓ Cambios cognitivos:
  - Disminución de la capacidad de seleccionar información.
  - Disminución de la capacidad de realizar diversas actividades de manera simultánea.
  - Pérdida de atención.
- ✓ Cambios físicos:
  - Disminución de la capacidad motora y articular

### **C. USUARIOS CON MAYOR RIESGO:**

Los usuarios con mayor riesgo por edad son los jóvenes varones dado que conducen:

- ✓ De manera activa e incluso agresiva.
- ✓ Con mayor frecuencia de consumo de drogas y alcohol.
- ✓ Con conductas arriesgadas y temerarias.

#### **2.5.4 CONDUCCIÓN DISTRAÍDA**

La conducción requiere un alto nivel de atención; sin embargo, observamos frecuentemente que conductores compatibilizan la conducción con otras tareas que reducen su atención, generando distracciones que son la causa principal de siniestralidad.

Las fuentes de distracción más habituales son:

- ✓ Pasajeros: Los pasajeros son una fuente de distracción para el 75% de los conductores. De todos los pasajeros los niños son lo más significativos en lo que se refiere a las distracciones.
- ✓ Pensamientos/Preocupaciones: Conlleva a un aumento de velocidad, menor respeto a las señales de tránsito, conductas temerarias, intolerancia y agresividad.
- ✓ Manipulativas: Que pueden ser las tradicionales, como fumar o buscar algo en la guantera; o tecnológicas, como manipular la radio, el navegador, entre otros. Estas además conllevan a una distracción visual.
- ✓ Utilizar el teléfono celular: Disminuyen la atención a la carretera y al tránsito. Se ha demostrado que incluso con el teléfono "manos libres", el tiempo de reacción de un conductor se ve afectado.

- ✓ Visuales: Consiste en concentrar la atención en tareas ajenas a la conducción, como mirar a un accidente, a otros vehículos, carteles publicitarios, entre otros.

Hay que tener en cuenta que si se conduce a 120 km/h, un desvío de la vista de 3 segundos equivale recorrer a "ciegas" aproximadamente 100 metros; así mismo cuando se incrementa la masa de un vehículo se requiere una distancia de frenado mayor.

Las distracciones como causa de accidentes son muy altas en todos los países y circunstancias.

### 2.5.5 ALCOHOL Y SOMNOLENCIA

En esta sección se trata específicamente de dos tipos de conductores; aquellos que están bajo la influencia del alcohol y aquellos afectados por el factor somnolencia.

#### A. Consumo de Alcohol

La alcoholemia es la cantidad de alcohol presente en la sangre; su unidad es en gramos de alcohol por volumen de sangre en litros.

Factores que modifican la alcoholemia:

- ✓ El peso del individuo.
- ✓ La cantidad de agua en el organismo.
- ✓ El género: las mujeres tienen niveles más elevados de alcohol que los varones, a igual peso corporal y cantidad de alcohol consumida, debido al menor metabolismo de alcohol a nivel gástrico y menor proporción de agua en el organismo.
- ✓ El hábito de beber (acelera el metabolismo del alcohol) y la genética individual.

Los efectos del alcohol en la conducción de vehículos según el grado de alcoholemia se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Efectos del Alcohol en la Conducción

| Efectos del alcohol            | Grado de alcoholemia |
|--------------------------------|----------------------|
| Zona de riesgo                 | 0.3 a 0.5 g/l        |
| Zona de alarma                 | 0.5 a 0.8 g/l        |
| Conducción peligrosa           | 0.8 a 1.5 g/l        |
| Conducción altamente peligrosa | 1.5 a 2.5 g/l        |
| Conducción imposible           | >3 g/l               |

#### B. SOMNOLENCIA

La somnolencia se define como la probabilidad de quedarse dormido conduciendo. Es un factor implicado directa o indirectamente en 15 y 30% de las accidentes de tránsito.

Los factores que favorecen la somnolencia son:

- ✓ Momento del día: horas de peligro (entre las 3 y 5 h) y (entre las 14 y las 16 h).

- ✓ La estimulación ambiental y el nivel de actividad del conductor.
- ✓ Horas sin dormir de forma continua.
- ✓ Condición de las personas:
  - Personas matutinas (despejada por las mañanas)
  - Personas vespertinas (mayor rendimiento por las tardes)

Influencia de la somnolencia en la capacidad de conducir:

- ✓ Incremento del tiempo de reacción.
- ✓ Menor concentración y más distracciones.
- ✓ Toma de decisiones más lentas; mas errores.
- ✓ Alteraciones motoras.
- ✓ Movimientos más automatizados.
- ✓ Aparición de micro-sueños.
- ✓ Alteración de la percepción; con privaciones de dormir superior a 48 horas se pueden llegar a padecer alucinaciones e ilusiones visuales.
- ✓ Toma de decisiones más lentas que inducen a más errores.
- ✓ Cambios de comportamiento.
- ✓ Un caso específico es el "Síndrome de la Apnea Obstructiva del Sueño" (SAOS); el cual es un factor clave en aproximadamente 60% de los accidentes relacionados con el transporte profesional. No se duerme por la noche y se experimentan fuertes periodos de sueño durante el día.

## 2.6 ORIENTACIÓN POSITIVA

El concepto de orientación positiva consiste en que el diseño de la vía brinde al conductor, de manera oportuna, la información necesaria de las características de la vía para tener un viaje eficiente y seguro.

El conocimiento de las limitaciones y la dependencia humana en la expectativa de compensar dichas limitaciones en el procesamiento de información, permite un enfoque de "orientación positiva" para el diseño de carreteras. Este enfoque se basa en una combinación de factores humanos y en los principios de la ingeniería de tráfico. El principio básico es que el diseño de la carretera tiene un rol importante en el comportamiento de los conductores. Cuando a los conductores no se les proporciona la información en el momento oportuno, están sobrecargados de información o cuando sus expectativas no se cumplen, se cometen errores y sus respuestas son más lentas.

El diseño que se ajusta a las expectativas a largo plazo reduce la posibilidad de error. Por ejemplo, los conductores esperan que no haya semáforos en las autopistas y que las salidas de autopista estén a la derecha. Si el diseño se ajusta a las expectativas se reduce el riesgo de accidente. Las expectativas a corto plazo también pueden verse afectadas por las decisiones de diseño. Un ejemplo de una expectativa a corto plazo es que las curvas posteriores a un tramo de carretera son graduales, dado que todas las curvas anteriores fueron graduales.

Con respecto a los dispositivos de control de tráfico, el enfoque de la orientación positiva hace hincapié en ayudar al conductor con el procesamiento de información con precisión y rapidez considerando los siguientes aspectos:

- ✓ **Primacía:** Determinar las ubicación de señales de acuerdo con la importancia de la información, y evitar presentar información cuando no es esencial.
- ✓ **Difusión:** Cuando toda la información requerida por el conductor no puede ser colocada en una señal o en una sola ubicación, se debe distribuir la señalización en la vía para que la información se dé en pequeñas porciones para reducir la carga de información.
- ✓ **Codificación:** Siempre que sea posible, se debe organizar los dispositivos de información en unidades más grandes. El color y la forma de codificación de las señales de tráfico, llevan a cabo esta organización y representación de información específica, basado en el color de fondo y la forma del panel (por ejemplo, señales de advertencia son señales amarillas, reglamentarias son de color blanco, etc.).
- ✓ **Redundancia:** Diga lo mismo en más de una forma. Por ejemplo, la señal de PARE tiene una única forma y mensaje, que transmite el mensaje de detención. Un segundo ejemplo de la redundancia es dar la misma información mediante el uso de dos dispositivos (por ejemplo, "no pasar" indicada con señal vertical y marcas en el pavimento).

## 2.7 RELACIÓN DISEÑO - CONDUCTOR

### 2.7.1 VÍAS URBANAS

En las vías urbanas es importante considerar la relación diseño - conductor para que este tenga una buena legibilidad del entorno.

Los sectores urbanos aledaños a las carreteras, generan serios conflictos de seguridad de tránsito, originados por los diferentes usos que se espera que tenga la carretera. Por un lado, los peatones tienden a percibir la vía como local, atravesándola sin percibir que la velocidad de operación a la que viajan los vehículos supera ampliamente las velocidades por ellos estimadas. Producto de lo anterior, en las carreteras que acceden o salen de nuestras ciudades o atraviesan pueblos con características urbanas tenemos los más altos índices de atropellamiento con resultados de víctimas fatales.

Un segundo aspecto relacionado con estos sectores tiene relación con los conductores. Por ejemplo, hay conductores que utilizan la carretera como vía local, deteniéndose, ingresando o realizando arriesgadas maniobras en la carretera, generando serios conflictos con los usuarios de paso, que desde su punto de vista circulan por una vía "rápida" o interurbana.

En ambas situaciones el problema se basa en la percepción que tienen los usuarios del medio por el cual se desplazan. Cuando los usuarios perciben diferentes usos para un mismo medio, se generan los conflictos y confusiones, que en el caso de la vialidad tienen como resultado accidentes de tránsito. Para evitar lo antes expresado, el mensaje debe ser claro para todos los usuarios. Si la ruta se trata de una carretera que ingresa a un sector con presencia de peatones, comercio y accesos particulares directo a la calzada, entonces la carretera ha cambiado su jerarquía y deben generarse las medidas de diseño que indiquen a los conductores que deben bajar su velocidad. Lo anterior da lugar a una gran variedad de medidas de control de tráfico indicando a los conductores a que perciban el cambio de vía y se vean incentivados a desacelerar, lo cual se puede reforzar con señales de límite de velocidad máxima. Se debe tener presente que la sola instalación de señales puede no modificar las velocidades de operación, dado que el conductor puede no percibir la necesidad ni el

riesgo de seguir transitando a la velocidad que llevaba durante su viaje en la zona interurbana.

### 2.7.2 VÍAS RURALES

Se analiza la relación diseño-conductor, dado que el conductor debe ajustarse a las reglas de seguridad y no lo contrario (reglas de seguridad ajustadas al conductor). Se analizan también las intersecciones y puntos de acceso, intercambios viales, autopistas y carreteras.

Esta sección considera los principales elementos de diseño de carreteras, controladores y errores humanos asociados con los tipos de accidentes más comunes. No pretende ser un resumen completo, pero está destinado a proporcionar ejemplos para ayudar a identificar oportunidades donde el factor humano y el conocimiento se pueden aplicar para mejorar el diseño.

### 2.7.3 INTERSECCIONES Y PUNTOS DE ACCESO

Como se indicó anteriormente, la tarea de conducir implica el control, encausamiento y elementos de navegación. En las intersecciones, cada uno de estos elementos presenta retos:

- ✓ Control: El camino a través de la intersección está sin marcar y puede involucrar un giro.
- ✓ Encausamiento (orientación): Existen numerosos conflictos potenciales con otros vehículos, peatones y ciclistas en caminos conflictivos.
- ✓ Navegación: Los cambios de dirección se hacen generalmente en las intersecciones y la señalización con el nombre de la carretera puede ser difícil de ubicar y leer para poder hacer cualquier cambio de carril requerido.

En el proceso de circulación por cualquier intersección, los conductores están obligados a:

- ✓ Detectar la intersección.
- ✓ Identificar la señalización, carriles y caminos apropiados.
- ✓ Observar vehículos, peatones y ciclistas en un sendero en conflicto.
- ✓ Predecir las posibles de maniobras de los demás usuarios.
- ✓ Evaluar la adecuación de espacio de tiempo entre vehículos (gaps) para movimientos de giro.
- ✓ Hacer rápidamente una decisión de detenerse o moverse en la aproximación a la zona de decisión de un cruce semaforizado.
- ✓ Completar con éxito el paso a través del cruce o las maniobras de giro.

Por lo tanto, las intersecciones ponen altas exigencias a los conductores en función de la observación visual, estimación del espacio de tiempo entre vehículos (gap) para pasar, y los requisitos de toma de decisiones que aumentan las posibilidades de error. Las estadísticas de accidentes de tránsito, muestran que aunque las intersecciones constituyen una pequeña parte de la red de carreteras, alrededor del 50 % de todas las accidentes urbanas y el 25 % de las accidentes en zonas rurales, están relacionados con las intersecciones. Un estudio de los factores humanos, que contribuyen a las causas de los accidentes, encontró que el tipo más frecuente de error fue el de "puesto de observación inadecuada", y que el 74 % de estos errores ocurrieron en las intersecciones. En aproximadamente la mitad de los casos, los

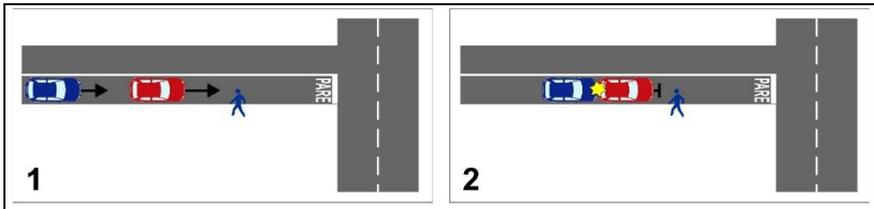
conductores no pudieron ver, y en la otra mitad los conductores miraron, pero no vieron.

### A. ERRORES EN ACCIDENTES POR ALCANCE:

Los errores que conducen a accidentes por alcance incluyen los siguientes:

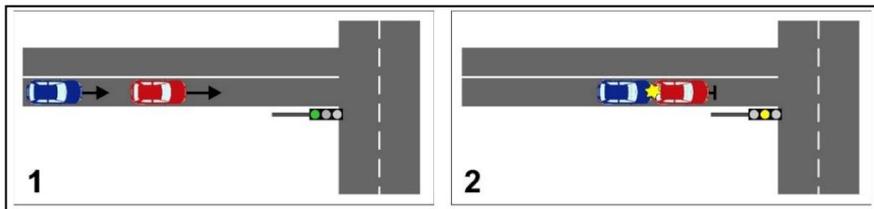
- ✓ Se supone que el primer vehículo, una vez que se mueve hacia adelante, continuará hasta la señal de PARE, pero se detiene debido al reconocimiento tardío de que existe un vehículo o peatón en el camino.

Figura 26. Errores de Colisión por Alcance, Caso 1



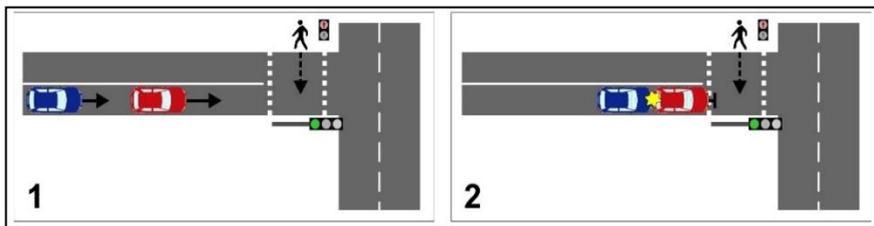
- ✓ Se supone que el primer vehículo seguirá en un semáforo en verde o ámbar, pero se detiene debido a una mayor cautela. Los conductores de los vehículos posteriores pueden tomar decisiones diferentes en esta "zona de dilema". Conforme aumenta la velocidad, la longitud de la zona de dilema aumenta. Además, conforme aumenta la velocidad, la deceleración requerida es mayor y la probabilidad de una colisión posterior también aumentará.

Figura 27. Errores de Colisión por Alcance, Caso 2



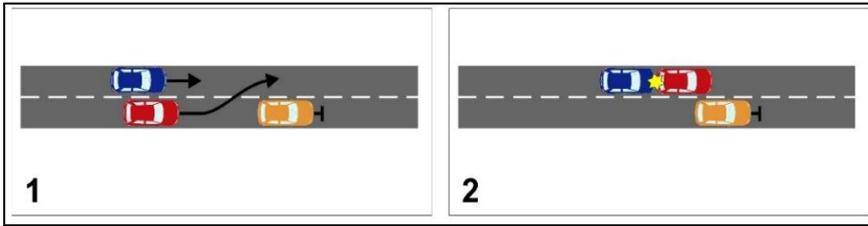
- ✓ Se supone que el primer vehículo continuará a través de un semáforo en verde o ámbar pero el conductor reduce la velocidad o se detiene debido a un vehículo entrando o saliendo de un punto justo antes de la intersección, o un vehículo que sale de un punto de acceso repentinamente entrando en el carril, o un cruce de un peatón con el semáforo en rojo.

Figura 28. Errores de Colisión por Alcance, Caso 3



- ✓ Cambiar de carril para evitar desaceleración o un vehículo parado, con una mala observación del entorno.

Figura 29. Errores de Colisión por Alcance, Caso 4



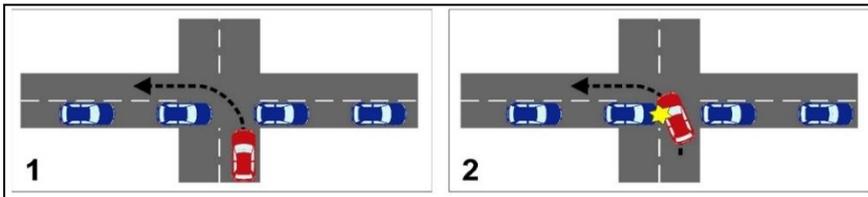
- ✓ Situaciones de distracción que pueden conducir al fracaso para detectar, retardar o detener vehículos por delante. Las situaciones de distracción podrían incluir:
  - Preocupación por los pensamientos personales y Atención dirigida a las tareas de no-conducción dentro del vehículo.
  - La distracción de la carretera por un objeto en el borde de la carretera.
  - Anticipación del semáforo situado más adelante.

## B. ERRORES EN ACCIDENTES EN GIROS

Los movimientos de giro suelen ser más exigentes con respecto a la observación visual, análisis de espacios de tiempo entre vehículos (gaps), y el control de ruta. Los movimientos de giro pueden dar lugar a accidentes en las intersecciones o puntos de acceso debido a los siguientes aspectos:

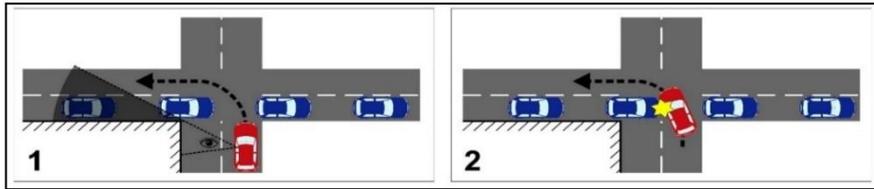
- ✓ Limitaciones de percepción: Los errores de percepción en la estimación de la velocidad de vehículos que se aproximan podrían conllevar a seleccionar un espacio de tiempo entre vehículos (gaps) para el giro a la izquierda inapropiado. Los conductores que giran a la izquierda con luz verde permisiva pueden no darse cuenta de que un vehículo se aproxima a gran velocidad.

Figura 30. Errores en Accidentes en Giros, Caso 1



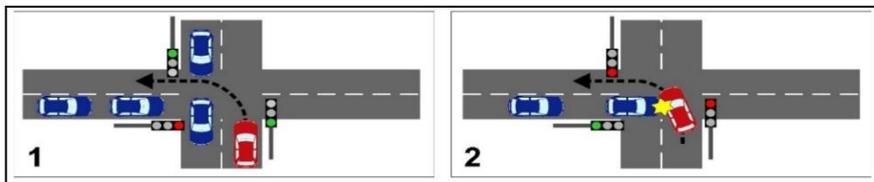
- ✓ Obstrucción visual: Una obstrucción visual puede limitar la visibilidad de un vehículo que se aproxima al hacer un giro en una intersección. Alrededor del 40% de accidentes en intersecciones implican una obstrucción visual. Las columnas del parabrisas en el interior del vehículo, postes, letreros comerciales y vehículos estacionados pueden bloquear la visión de los usuarios en un camino en conflicto. Las obstrucciones visuales también se producen en el carril de giro a la izquierda y en el carril opuesto de giro a la izquierda, bloqueando al conductor la visión de un vehículo en sentido contrario aproximándose.

Figura 31. Errores en Accidentes en Giros, Caso 2



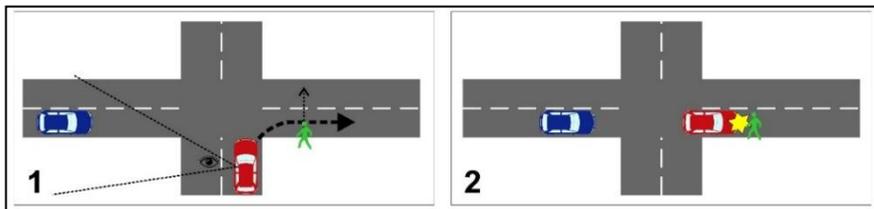
- ✓ Giro a la izquierda permitido: En una carretera de alto volumen de tráfico, los conductores que giran a la izquierda en un semáforo en verde permisivo pueden ser obligados a esperar a que el semáforo esté en ámbar para hacer el giro, momento en el que entran en conflicto con los conductores que se aproximan y cruzan en el sentido opuesto.

Figura 32. Errores en Accidentes en Giros, Caso 3



- ✓ Observación visual inadecuada: Una inadecuada observación visual ocasiona que los conductores que giran a la derecha pueden concentrar su observación visual sólo en vehículos que vienen de la izquierda y dejar de detectar a un ciclista o peatón en el lado derecho del cruce. Esto sucede cuando los conductores no se detienen antes de girar a la derecha en rojo y como resultado ellos tienen menos tiempo para observar tanto a la izquierda como a la derecha.

Figura 33. Errores en Accidentes en Giros, Caso 4

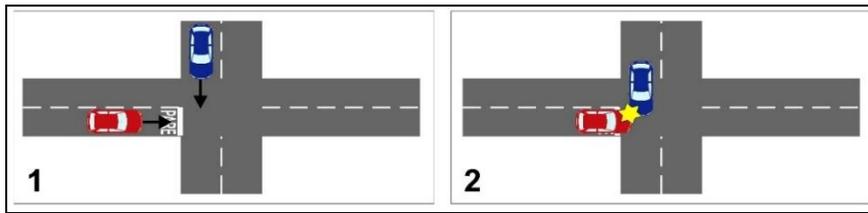


### C. ERRORES EN ACCIDENTES FRONTO-LATERALES

Estos accidentes pueden ocurrir debido a:

- ✓ La detección tardía de una intersección (con señales o semaforizada) en la que es necesario realizar una parada. La detección tardía de tráfico que cruza por parte de un conductor que deliberadamente viola una señal.
- ✓ Observación inadecuada para el tráfico de cruce o espacios de tiempo (gaps) apropiados.

Figura 34. Errores en Accidentes Fronto-Laterales



Los conductores pueden dejar de ver una semáforo o señal de PARE a causa de la falta de atención, o una combinación de falta de atención y de elementos de mensaje de ruta que induzca a los conductores que tienen que parar. Por ejemplo, la visibilidad de la intersección del pavimento o el tráfico de cruce pueden ser pobres, o los conductores pueden haber tenido preferencia de paso a cierta distancia y la próxima intersección no se ve como una carretera principal que requiere una parada. En una zona urbana donde las señales están poco espaciadas, los conductores pueden visualizar inadvertidamente la señal más allá de la primera señal válida. Los conductores que se acercan a altas velocidades pueden quedar atrapados en la zona de dilema y continuar a través de un rojo.

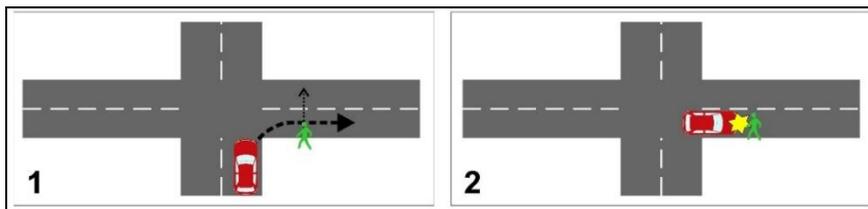
#### D. ERRORES EN ACCIDENTES CON USUARIOS VULNERABLES

Los accidentes con peatones y bicicletas suelen ser consecuencia de una mala observación y la falta de visibilidad. La observación puede ser inadecuada por parte del conductor, peatón o ciclista. En accidentes de giro a la derecha, tanto los peatones como los conductores se encuentran igualmente culpables de una mala observación. En accidentes de giro a la izquierda, los conductores son frecuentemente encontrados culpables, probablemente porque la tarea de giro a la izquierda es visualmente más exigente que la tarea de giro a la derecha para el conductor.

Los ejemplos de los errores que conllevan a accidentes peatonales incluyen:

- ✓ El cruce de peatones depende del tiempo semafórico peatonal asignado a ellos el cual en ocasiones es compartido con el tiempo asignado a giros vehiculares.
- ✓ Los peatones entran en el camino de un vehículo que está demasiado cerca para que el conductor disponga de tiempo suficiente para detenerse.

Figura 35. Errores en Accidentes con Usuarios Vulnerables



Al contabilizar el tiempo de percepción-respuesta, un conductor necesita más de 30 metros para detenerse cuando viaja a 50 km/h. Los peatones están en riesgo debido al tiempo requerido para los conductores para responder y debido a la energía implicada en accidentes, incluso a bajas velocidades. Cambios relativamente pequeños en la velocidad pueden tener un gran impacto en la gravedad de un

accidente peatonal. Un peatón golpeado a 65 km/h tiene una probabilidad del 85% de fallecer; a 50 km/h el riesgo se reduce al 45%; a 30 km/h se reduce al 5%.

La mala visibilidad, especialmente por la noche, aumenta considerablemente el riesgo de un accidente con un peatón o ciclista. La ropa oscura del peatón proporciona poco contraste con el fondo y ocasiona mala visibilidad.

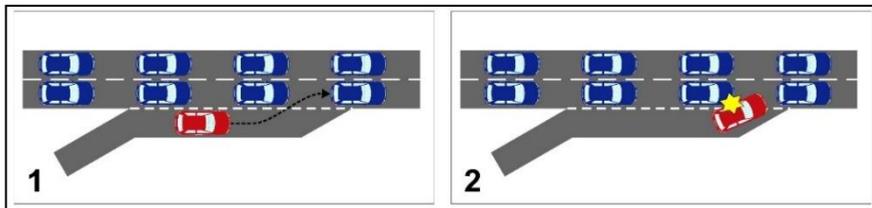
Aunque el alumbrado público ayuda a los conductores a ver a los peatones, este puede crear zonas irregulares de luz y oscuridad, que hace que los peatones sean difíciles de ver a cualquier distancia.

## E. ERRORES EN ACCIDENTES EN ENLACES

En los enlaces los conductores pueden viajar a altas velocidades y al mismo tiempo puede enfrentarse a grandes exigencias en la navegación, orientación y tareas de control. El número de accidentes en los enlaces, como resultado de un error del conductor está influenciado por los siguientes elementos de diseño:

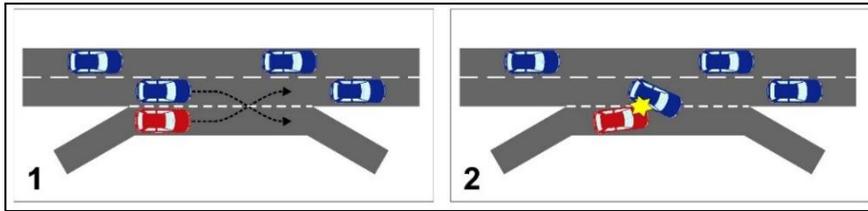
- ✓ **Ramales de entrada/longitud de carril de incorporación:** Si los conductores que entran en una autopista no son capaces de acelerar a la velocidad del tráfico (por ejemplo, debido a la longitud del carril de aceleración, la calificación de la rampa, un error del conductor, o volúmenes de camiones pesados), los conductores que entran se fusionarán con la vía principal con una velocidad y aceleración demasiado lenta y se puede correr el riesgo de aceptar un espacio entre vehículos (gaps) insuficiente. Alternativamente, si la autopista está congestionada o si los vehículos van muy juntos y a baja velocidad, puede ser difícil para los conductores encontrar un espacio adecuado para entrar a la autopista.

*Figura 36.* Errores en Accidentes en Alcances, Caso 1



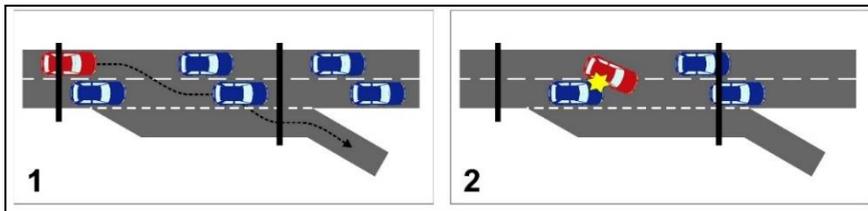
- ✓ **Distancia entre los terminales de entradas y salidas sucesivas:** Si el siguiente ramal de salida está cerca del ramal de entrada, los conductores entrando (aceleración) entrarán en conflicto con los que salen (decelerando) a lo largo de la sección de entrecruzamiento, que puede aumentar el riesgo de accidente. Dada la observación visual requerida de los conductores tanto para entrar como para salir y a la necesidad de apartar la vista del tráfico inmediatamente por delante para comprobar si hay espacios (gaps) en los carriles, pueden ocurrir accidentes posteriores y de rozamiento lateral en las secciones de entrecruzamiento. Los conductores pueden no detectar vehículos delante que reducen la velocidad o vehículos que cambian de carril en la dirección opuesta con suficiente tiempo para evitar la colisión.

Figura 37. Errores en Accidentes en Alcances, Caso 2



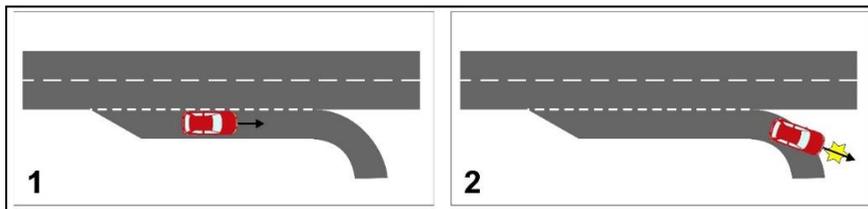
- ✓ Distancia de visibilidad de decisión y señales de orientación: Hay un aumento del riesgo de error en los lugares de salida porque los conductores tratan de leer las señales, cambiar de carril y desacelerar de forma cómoda y segura. Los conductores pueden tratar de completar todas las tareas al mismo tiempo y esto aumenta su disposición a aceptar espacios (gaps) más pequeños al cambiar de carril o mayor desaceleración de la habitual.

Figura 38. Errores en Accidentes en Alcances, Caso 3



- ✓ Diseño de ramales de salida: Si el radio del ramal de salida es pequeño, y requiere el vehículo que sale desacelerar más de lo esperado, el efecto de adaptación de velocidad puede conducir a reducciones de velocidad insuficientes. El radio del ramal de salida cerrado o una cola inusual de vehículos que se extienden desde el terminal del ramal pueden potencialmente sorprender a los conductores, dando lugar a accidentes posteriores o a salidas de la vía.

Figura 39. Errores en Accidentes en Alcances, Caso 4



#### 2.7.4 CARRETERAS CON MEDIANA Y ACCESOS CONTROLADOS

En comparación con las intersecciones y los enlaces, la tarea de conducir en una vía con separación de sentidos y accesos controlados es relativamente menos exigente con respecto al control, orientación y tareas de navegación. Esto supone que la vía ha allanado márgenes, creado amplias zonas claras y se encuentra fuera del área de influencia de los enlaces.

Los errores comunes y otros factores que conducen a accidentes en este tipo de vías se describen a continuación.

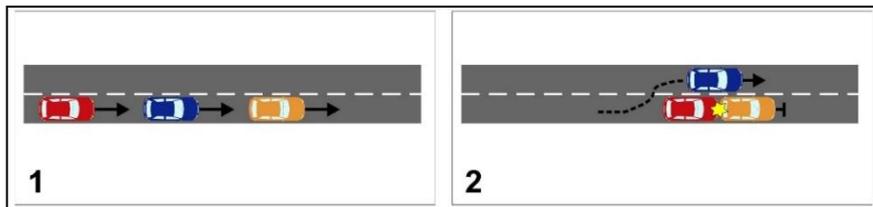
## A. FALTA DE ATENCIÓN DEL CONDUCTOR Y SOMNOLENCIA

La menor demanda mental en estas vías puede suponer la falta de atención del conductor y somnolencia, lo que resulta en salidas inadvertidas (drift-over) de carril. La somnolencia está asociada con la hora del día. Es particularmente difícil para los conductores que se resistan a quedarse dormidos en la madrugada (2 a 6 horas) y en la mitad de la tarde (16 a 18 horas). La somnolencia surge de la práctica común de horas de sueño reducidas y de los turnos de trabajo. La somnolencia también resulta del alcohol y otras drogas. Las bandas sonoras en los bordes de la calzada son un ejemplo de una contramedida que se puede utilizar para reducir potencialmente los accidentes de salida de la vía. Proporcionan un aviso auditivo y retroalimentación táctil a los conductores cuyos vehículos se desvían fuera de la carretera debido a la falta de atención.

## B. MOVIMIENTO LENTO O DETENCIÓN DE VEHÍCULOS POR DELANTE

Las accidentes en estas vías también pueden ocurrir cuando los conductores se encuentran con un movimiento lento o se detienen los vehículos que, salvo en el tráfico congestionado, están en el carril de una autopista. Los conductores pueden tener limitaciones en la percepción de la velocidad de aproximación en un corto tiempo, para responder una vez que el conductor se da cuenta de la rapidez de aproximación. Alternativamente, los conductores pueden estar visualmente atendiendo al vehículo directamente delante de ellos y pueden no percatarse de los cambios de carril que ocurren más allá. Si el primer vehículo es el que encuentra el vehículo detenido, se da cuenta de la situación justo a tiempo y se mueve rápidamente fuera del carril; el vehículo detenido se descubre en el último segundo, dejando al siguiente vehículo con poco tiempo para reaccionar.

Figura 40. Movimiento Lento o Detención de Vehículos Delante



## C. ANIMALES EN LA CARRETERA

Otro tipo de colisión común es con los animales, especialmente de noche. Estos accidentes pueden ocurrir debido a que un animal entra en la carretera inesperadamente, sin dejar tiempo al conductor para detectarlo o evitarlo. La baja visibilidad de los animales es también un problema. Dada la similitud en el color y la reflectancia entre peatones y animales, se puede esperar que se apliquen las mismas limitaciones del conductor tanto a los animales como a los peatones con ropa oscura. La mayoría de los conductores que viajan a velocidades mayores que 50 km/h no sería capaz de detectar un animal.

### 2.7.5 CARRETERAS BIDIRECCIONALES (SIN SEPARADOR CENTRAL)

Las carreteras bidireccionales varían mucho en diseño y por lo tanto cambia la carga de trabajo del conductor y la percepción de riesgo. Algunas carreteras bidireccionales pueden tener curvas de gran radio, en diferentes grados de nivel, márgenes pavimentados, y zonas de despeje anchas. En estas vías, y con niveles de tráfico

bajos, la tarea de conducir puede ser poco exigente, dando lugar a la monotonía y posiblemente a la falta de atención del conductor o somnolencia. Por otro lado, las carreteras bidireccionales pueden ser muy difíciles en el diseño, con curvas cerradas, pendientes pronunciadas, con poco o sin márgenes, y ninguna zona de despeje. En este caso la tarea de conducir es considerablemente más exigente.

#### **A. LA FALTA DE ATENCIÓN DEL CONDUCTOR Y SOMNOLENCIA:**

Como se ha descrito anteriormente, las salidas de carril involuntarias pueden darse cuando los conductores están distraídos, por los efectos del alcohol o las drogas, o la somnolencia. En una carretera bidireccional, estos problemas pueden llevar a salidas de la vía y accidentes frontales. Las bandas sonoras son eficaces para alertar a los conductores que van a salir del carril y han demostrado ser eficaces en las salidas de vía y en la línea central de separación de sentidos.

#### **B. MOVIMIENTO INVOLUNTARIO EN CARRIL DE SENTIDO CONTRARIO**

La mayoría de las colisiones frontales se producen debido al movimiento involuntario en el carril contrario. Contrariamente a algunas expectativas, sólo el 4% de las colisiones frontales están relacionadas con los adelantamientos. Las bandas sonoras en la línea central son muy eficaces en la reducción de este tipo de accidentes pues alertan a los conductores distraídos y somnolientos. Aunque las colisiones por adelantamiento son poco frecuentes, tienen un riesgo mucho mayor de lesiones y mortalidad que otros accidentes. Como se ha visto previamente, los conductores tienen muy limitada su capacidad de percibir su velocidad de aproximación al tráfico en sentido contrario. Tienen a seleccionar los espacios (gaps) basados más en la distancia que la velocidad, lo que lleva a gaps inadecuados cuando el vehículo en sentido contrario circula sustancialmente más rápido que el límite de velocidad. Los carriles de adelantamiento y secciones de cuatro carriles pueden aliviar en gran medida la carga de trabajo del conductor y el riesgo de error de adelantamiento.

#### **C. ELECCIÓN DE VELOCIDAD POR PARTE DEL CONDUCTOR**

En carreteras con geometría exigente, la elección de velocidad del conductor al entrar en curvas puede ser inadecuada, dando lugar a accidentes por salida de vía. Los tratamientos que mejoran la delineación se aplican a menudo bajo el supuesto de que las colisiones por salida de la vía ocurren, porque el conductor no tenía suficiente información sobre el trazado de la carretera. Sin embargo, los estudios no han apoyado esta suposición.

#### **D. MOVIMIENTO LENTO O DETENCIÓN DE VEHÍCULOS POR DELANTE**

Ocurren accidentes cuando los conductores encuentran una desaceleración inesperada o vehículos detenidos y se dan cuenta demasiado tarde de su velocidad de aproximación.

#### **E. MALA VISIBILIDAD DE LOS USUARIOS VULNERABLES O ANIMALES**

Las colisiones con usuarios vulnerables y animales pueden ocurrir debido al bajo contraste con el fondo y la incapacidad de los conductores para detectar peatones, ciclistas o animales en el momento de detenerse.

### **2.8 CALMADO DE TRÁFICO**

Con el calmado (pacificación o templado) del tráfico, se pretende reducir las velocidades del tráfico motorizado a valores en torno a 30 km/h, lo que supone reducir los riesgos de accidente y de lesiones graves en caso de producirse, así como favorecer al peatón y al ciclista. Las medidas buscan adecuar las velocidades de los vehículos a las de los peatones y ciclistas. Suelen ser medidas fáciles de implantar y

de bajo costo. Para velocidades por debajo de 30 km/h se elimina el riesgo de colisión frente a un obstáculo imprevisto surgido a 15 m del vehículo. Generalmente consisten en la introducción de obstáculos que por deflexión horizontal o vertical, inciden directamente en la trayectoria del vehículo obligando al conductor a aminorar la marcha y tener así una conducción menos incómoda o evitar dañar el vehículo. Sin embargo, también se consideran como calmado de tráfico la introducción de medidas disuasorias como las cámaras de control de la velocidad, cámaras de semáforo-rojo, o de tramo.

### **2.8.1 EN QUÉ CONSISTE**

En la intervención mediante un conjunto de medidas encaminadas a reducir la intensidad y velocidad de los vehículos hasta hacerlos plenamente compatibles con las actividades que se desarrollan en la vía sobre el que se aplica.

La utilización de medidas de calmado de tráfico tiene los siguientes objetivos básicos:

- ✓ Disminuir la intensidad del tráfico en las vías pavimentadas.
- ✓ Evitar los excesos de velocidad en todo la vía, sobre todo en intersecciones y zonas de aproximación, pasos peatonales y zonas con presencia de servicios o intereses públicos.
- ✓ Adecuar la fluidez de las corrientes de los vehículos de acuerdo con la demanda y la capacidad de la vía manteniendo la velocidad media adecuada en el tramo.
- ✓ Facilitar la utilización a todos los usuarios, en condiciones de seguridad, de todos los espacios abiertos al tráfico y la circulación.
- ✓ Mejorar las condiciones ambientales del entorno.
- ✓ Economizar el consumo de combustible al aplicar medidas más racionales en la conducción.
- ✓ Fomentar el uso de otros modos más sostenibles para los desplazamientos por el núcleo urbano, a pie o en bicicleta, en unas condiciones más seguras y cómodas.

Estas medidas se introducen desde la planificación, tanto en el desarrollo de nuevos proyectos, como en áreas urbanas ya consolidadas. Las técnicas más comunes puestas en práctica son:

- ✓ Badenes y elevaciones de la calzada al nivel de la acera con paso peatonal.
- ✓ Estrechamientos de calzada.
- ✓ Cambios de alineación e instalación de obstáculos en la vía.
- ✓ Franjas transversales de alerta y cambios en el pavimento.
- ✓ Tratamiento de intersecciones (elevación, obstáculos, etc.)

### **2.8.2 ELEVACIÓN DE CALZADA**

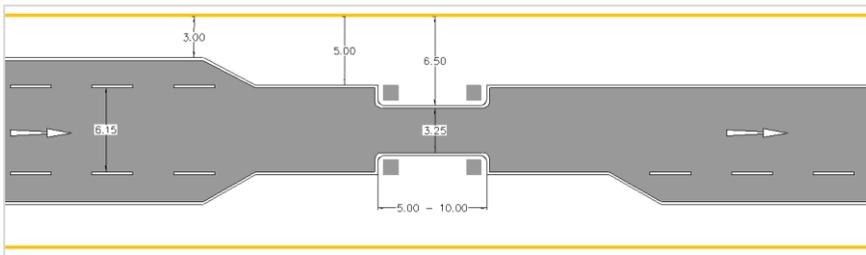
Muy habituales en sus diferentes variantes (resaltos, badenes y otros...). Persiguen reducir la velocidad de los vehículos al encontrarse un obstáculo vertical. Están normalizados según la tipología de vía y la velocidad del tráfico.

### **2.8.3 ESTRECHAMIENTO DE CALZADA**

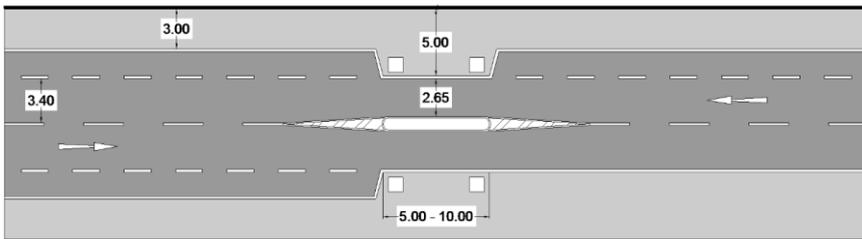
Asociado a pasos de cebra: se pasa de los dos carriles a un único carril, aumentos del ancho de las bermas, inserción de isletas centrales o por marcas viales. A veces los estrechamientos se consiguen con la configuración del estacionamiento en una y

otra vereda de manera alternativa, creando un recorrido en zig-zag que disminuye la velocidad del vehículo.

**Figura 41.** Estrechamiento en calzada para reducir la velocidad



**Figura 42.** Islas o refugios para peatones como estrechamiento en calzada



Las tipologías aplicables son la reducción de la anchura de los carriles de la calzada mediante bordillos, separadores centrales, islas, delineadores, mobiliario, aparcamientos, etc.

Es recomendable su uso para marcar la entrada a un área o calle de velocidad reducida o para marcar y facilitar los pasos de peatones. No son, sin embargo, recomendables en las proximidades de intersecciones o en vías con apreciable tráfico de ciclista, excepto si se adoptan medidas específicas para reducir su peligrosidad para este tipo de usuarios.

La disposición del estacionamiento y la existencia de árboles pueden enfatizar los estrechamientos de la calzada, haciéndolos más claramente visibles.

La anchura del estrechamiento para el paso de dos vehículos a la vez es de 4 metros. La anchura del estrechamiento para el paso de un único vehículo ha de oscilar entre 2.75 y 3.20 metros en función de la tipología de los vehículos que por allí circulen. Por encima de los 4.5 metros de anchura el efecto reductor de la velocidad prácticamente desaparece.

Para mantener la reducción de la velocidad en un tramo amplio de la vía hace falta implantar estrechamientos cada 30-40 metros, siendo 50 metros el límite máximo.

#### **2.8.4 CAMBIOS DE ALINEACIÓN.**

Consisten en reducir artificialmente la longitud de los tramos rectos de la vía introduciendo cambios en la alineación de la calzada, mediante trazos en zig-zag para que el vehículo se vea obligado a reducir la velocidad.

Las tipologías más comunes a implantar son los cambios de alineación mediante la colocación de obstáculos centrales, normalmente en calles de doble sentido y cambios de alineación interponiendo obstáculos laterales alternados.

### 2.8.5 TRATAMIENTO DE INTERSECCIONES.

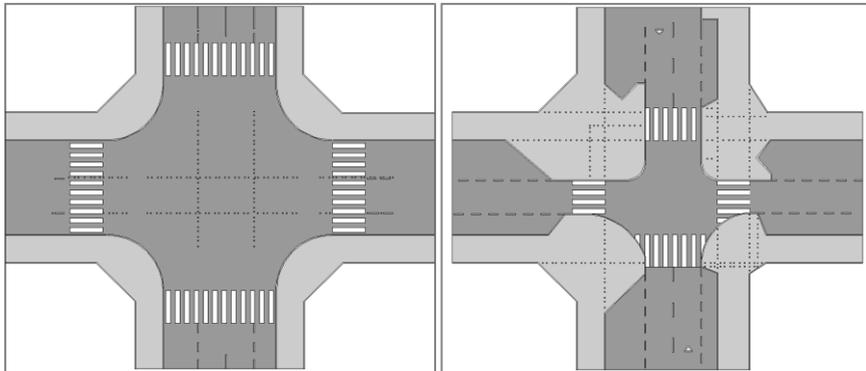
Consisten en la introducción de obstáculos en intersecciones convencionales para moderar la velocidad o restringir los movimientos posibles.

Dichos objetivos se pueden conseguir utilizando varios elementos:

- ✓ Orejas o martillos
- ✓ Miniglorietas
- ✓ Pavimentos con textura
- ✓ Pintura con textura
- ✓ Flechas reductoras de velocidad o Chevrone.

Las orejas o martillos en las intersecciones sirven para reducir el radio de giro del vehículo y por tanto obliga a reducir la velocidad. Suelen ser extensiones de vereda, y por tanto aumenta la seguridad de los peatones en los cruces al tener que recorrer menos espacio en la calzada y mejorar la visibilidad al impedir que haya vehículos estacionados.

Figura 43. Orejas o martillos en intersección



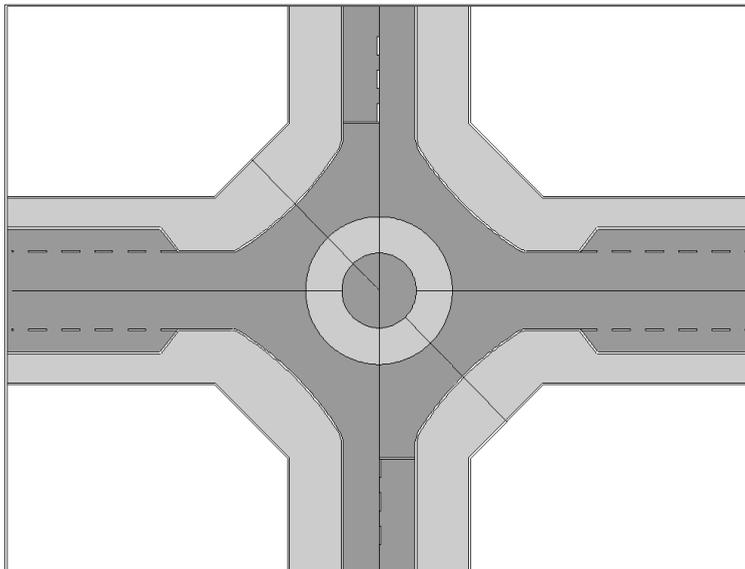
### 2.8.6 LAS MINIGLORIETAS.

Son intersecciones o cruces con sentido obligatorio giratorio con un islote central que tiene diámetro igual al ancho de la calzada medido desde el comienzo de la zona de franqueo con las que se consigue una reducción de la velocidad y una mayor atención por parte del conductor al momento de cruzarlas.

Han de ser traspasables por vehículos de grandes dimensiones además de buses, de manera que pueda ser pisada o montada por estos.

El radio de la calzada podrá ser entre 7 y 12 metros mientras que el del islote central no ha de superar los 4 metros de ancho. En cuanto a la altura, no debe superar los 10-15 cm para radios de entre 1.5-2.5 metros y pendiente máxima del 5%.

Figura 44. Esquema de Miniglorieta



### 2.8.7 PAVIMENTOS

La aplicación de pavimentos con diferentes texturas es una medida eficaz para conseguir una reducción de la velocidad, en especial el pavimento adoquinado que hace que la conducción sea incómoda. La reducción de la velocidad varía en función del material utilizado.

Tabla 7. Reducción de la velocidad en función del tipo de pavimento

| SEGÚN TIPO DE MATERIAL DE PAVIMENTO               | REDUCCION DE LA VELOCIDAD (km/h) |
|---|----------------------------------|
| Buen pavimento (rígido, flexible y mixto)         | 4                                |
| Baches en el pavimento (rígido, flexible y mixto) | 6                                |
| Buen afirmado                                     | 5                                |
| Regular estado de afirmado                        | 8                                |
| Mal estado del afirmado                           | 15                               |

### 2.8.8 LA APLICACIÓN DE PINTURA CON TEXTURA

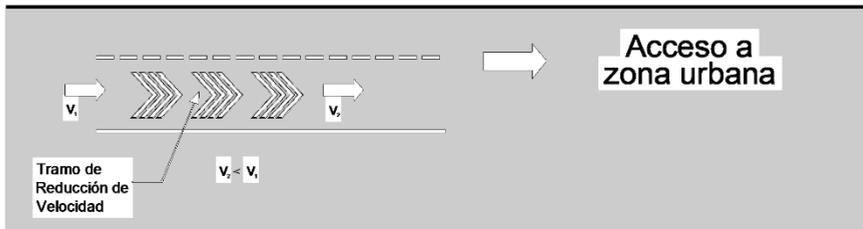
Consigue una superficie antideslizante que permite resaltar los pasos de peatones con diferentes colores para mejorar su visibilidad, llamar la atención al conductor y que este reduzca la velocidad ante el posible paso de peatones.

Estas dos medidas han de ir acompañadas de otras medidas de reducción de la velocidad.

### 2.8.9 LAS MARCAS VIALES TIPO "CHEVRON"

Son un tipo de señalización horizontal, con forma de V invertida o flecha, realizadas con pintura antideslizante y luminescente, agrupadas en bloques y el espacio entre ellas va disminuyendo a medida que se avanza sobre ellas, por lo que inducen al conductor a reducir la velocidad.

Figura 45. Marcas viales tipo "Chevron"



Todas estas medidas han de ir señalizadas de acuerdo a la normativa vigente sobre señalización.

### 2.8.10 ÁREAS PACIFICADAS

Para mejorar la seguridad en estos ámbitos urbanos se configura una accesibilidad dirigida mediante el establecimiento de sentidos únicos, calles sin salida, giros obligatorios, entre otros, de forma que se disuade el tránsito de paso y, por lo tanto, se reduce el impacto ambiental y las consecuencias sociales negativas de la motorización. Estas áreas pueden implantarse tanto en zonas residenciales como en zonas comerciales o industriales.

Por otro lado, el concepto de área pacificada es el criterio mediante el cual se define la señalización vertical y horizontal de la vía, la tipología de limitadores de velocidad y controles de acceso, presencia de estacionamiento, tipo de segregación entre calzada y acera, y tipo de coexistencia entre la bicicleta y los vehículos. La velocidad máxima permitida en cada área es determinada con criterios de seguridad y calidad ambiental.

La actuación consiste al considerar las calles que no se integren en la red vial principal colectora de circulación de la ciudad. Es decir, deberán integrarse con zonas 30 y vías de convivencia. Las zonas de pacificación del tránsito se tendrán que completar con las zonas de peatones o de acceso restringido al vehículo privado.

### 2.8.11 REDUCTORES DE VELOCIDAD

Existe una relación directa entre la velocidad, la siniestralidad y la severidad de los siniestros como se aprecia en la Tabla 8:

Tabla 8. Relación velocidad-severidad de siniestros

| Velocidad del vehículo | Resultado                      |
|------------------------|--------------------------------|
| 50 km/h                | 7 de cada 10 peatones fallecen |
| 30 km/h                | 1 de cada 10 peatones falleces |

En el análisis de la accidentalidad de la red vial se pueden haber detectado tramos o puntos de concentración de accidentes sobre todo a causa del exceso de velocidad. El exceso de velocidad en estos lugares se puede reducir mediante la señalización correspondiente y, si se valora necesario y adecuado, se puede reforzar esta situación con la ubicación de uno o más elementos físicos de reducción de la velocidad.

El esquema de la página siguiente muestra dónde sería adecuado aplicar diferentes medidas según la velocidad deseada y la clasificación de la vía. La combinación de otros elementos como plataformas elevadas, rotura horizontal de trayectoria o

estrechamiento de la calzada supone una reducción media en la velocidad de aproximadamente 10 km/h.

*Tabla 9.* Relación velocidad-distancia de los reductores de velocidad

| Velocidad objetivo | Distancia recomendable entre elementos reductores de velocidad | Distancia máxima de eficiencia entre elementos reductores de velocidad |
|--------------------|--|--|
| 50 km/h            | 150 m  | 250 m  |
| 40 km/h            | 100 m  | 150 m  |
| 30 km/h            | 60m  | 75 m   |
| 10-20 km/h         | 20 m   | 50 m   |

Las cuerdas y bandas sonoras son los elementos más efectivos para reducir la velocidad. Además, resultan muy económicos en comparación con otras medidas físicas que requieren obras de cierta envergadura en la vía.

*Tabla 10.* Tipo de reductores de velocidad según tipo de vía

| Elemento |  | Tipo de vía      |                         |                      |
|----------|--|------------------|-------------------------|----------------------|
|          |  | Básica (50 km/h) | Secundaria (30-50 km/h) | Vecinal (20-30 km/h) |
|          | Pórtico entrada a zona urbana          | •                | •                       | •                    |
|          | Plataforma elevada en sección de calle |                  | •                       | •                    |
|          | Plataforma elevada en intersección     |                  | •                       | •                    |
|          | Lomo                                   |                  | •                       | •                    |
|          | Bandas sonoras                         | •                | •                       | •                    |
|          | Rotura horizontal de trayectoria       | •                | •                       | •                    |

| Elemento |   | Tipo de vía      |                         |                      |
|----------|---|------------------|-------------------------|----------------------|
|          |   | Básica (50 km/h) | Secundaria (30-50 km/h) | Vecinal (20-30 km/h) |
|          | Rotura horizontal de trayectoria con plataforma elevada                         |                  | (•)                     | •                    |
|          | Estrechamiento de calzada con elemento físico central                           | •                | •                       | •                    |
|          | Estrechamiento de calzada con reducción lateral                                 | •                | •                       | •                    |
|          | Estrechamiento de calzada por un lado   |                  | •                       | •                    |
|          | Estrechamiento a un carril con plataforma elevada                               |                  | (•)                     | •                    |
|          | Estrechamiento de calzada a un lado con lomo                                    |                  | (•)                     | •                    |
|          | Rotura horizontal de trayectoria con elementos a los lados                      |                  | (•)                     | •                    |
|          | Rotura horizontal de trayectoria con elementos a los lados y plataforma elevada |                  | (•)                     | •                    |
|          | Rotura horizontal de trayectoria con elementos a los lados y lomo               |                  | (•)                     | •                    |
|          | Rotonda   | •                | •                       | •                    |
|          | Mini-rotonda  | •                | •                       | •                    |
|          | Carril de giro segregado  | •                | •                       |                      |

Los casos marcados con (•) dependerán de factores como el ancho de la sección, el volumen de tránsito u otros factores.

### **2.8.12 ELECCIÓN DE ELEMENTOS REDUCTORES**

Uno de los elementos de riesgo más importantes es el exceso de velocidad; por esta razón, se deben elegir los elementos físicos o la combinación de elementos que resulten en una reducción de la velocidad en la zona urbana, dependiendo si se trata de:

- ✓ Un punto o tramo concreto.
- ✓ A lo largo de toda la vía.
- ✓ Un conjunto de calles, como por ejemplo un área de convivencia.

Hay otro grupo de medidas que inciden directamente sobre la infraestructura, ya sea con elementos que facilitan el uso de la vía o acciones para asegurar a los usuarios vulnerables, estas son:

- ✓ Inscripciones en la calzada para indicar cambios en el entorno (escuela, hospital), en las prioridades de la intersección (PARE, Ceda el paso), cambio o recordatorio de límites de velocidad, ubicación de paso de peatones y plataforma elevada.
- ✓ Plataforma para asegurar el acceso a nivel entre la acera y el piso del autobús.
- ✓ Evitar la invasión de vehículos estacionados en el paradero.
- ✓ Espejos para mejorar la visibilidad en una intersección en calles estrechas o en curvas.
- ✓ Cambio de color o tipo de pavimento para indicar cruces de itinerarios de diferentes grupos de usuarios de la vía.
- ✓ Diferenciación de la red vial adaptando los límites de velocidad en el entorno y en la función de la calle: básico, secundario y vecinal.

Estas medidas son en general de bajo costo de implementación, pero pueden tener un efecto muy importante en la accidentalidad en un punto o tramo específico de la red vial.

## **2.9 GESTIÓN DE SEGURIDAD VIAL**

La Gestión de Tránsito se refiere a la combinación de medidas que sirven para preservar la capacidad de tránsito y mejorar la seguridad, la confianza y la fiabilidad de todo el sistema de transporte por carretera.

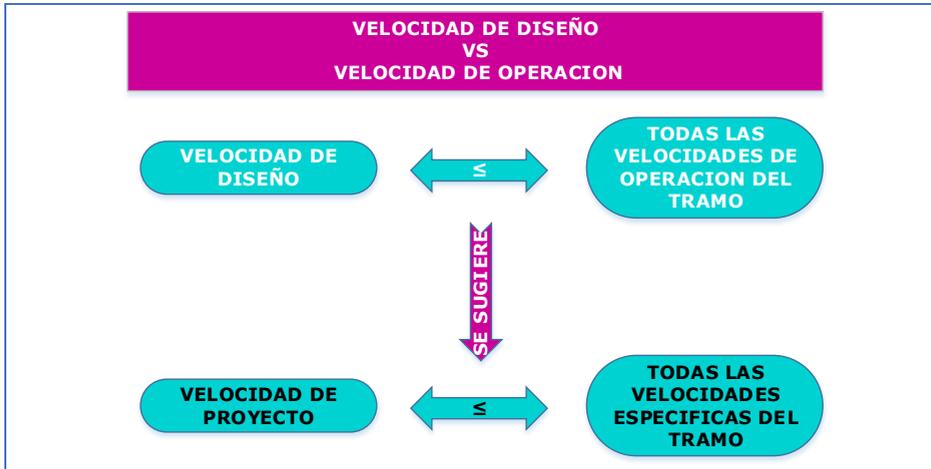
Siendo la gestión de tránsito una herramienta importante para facilitar la movilidad de la población, es indispensable que las autoridades competentes de los diferentes niveles de gobierno, se integren en el desarrollo conjunto de medidas de gestión de tránsito con enfoque de la seguridad vial. A través de un proceso de planificación que hace uso de la ingeniería, la normalización y la documentación, como así también la gestión de rendimiento.

La interacción de la gestión y la seguridad vial está directamente relacionado con los límites de velocidad, control de las velocidades de operación, regulación de intersecciones, cruces peatonales, sistemas unidireccionales y control de estacionamientos.

### 2.9.1 LÍMITES Y CONTROLES DE VELOCIDAD

Existe evidencia de que la reducción de la velocidad, tiene como resultado una reducción del número y severidad de los accidentes, esta velocidad de operación debe estar diseñada en función a la composición y volumen del flujo vehicular, el uso del suelo y la tasa de accidentes.

Figura 46. Velocidad de diseño vs velocidad de operación



### 2.9.2 MÁRGENES DE LA CARRETERA

En la gestión de la seguridad de las márgenes de carretera, adquiere una importancia especial la provisión de una zona adyacente a la carretera que se encuentre libre de cualquier tipo de obstáculo que pueda representar un riesgo de colisión por parte de un vehículo errante o que comprometa de forma significativa su estabilidad en la trayectoria de salida. Esta zona es comúnmente denominada como zona de seguridad en márgenes.

La estimación de la anchura adecuada de la zona de seguridad en márgenes está directamente relacionada con la consideración de la distancia de salida de los vehículos errantes. A su vez, dicha distancia depende de otras variables tales como la velocidad de salida del vehículo, el ángulo de salida del vehículo, el grado de fricción de los materiales que conforman la margen de la carretera y las condiciones de parada del vehículo errante.

Cuando el terreno sea plano y ello no implique incremento en el costo, para aumentar la seguridad de los vehículos que intempestivamente salen de la vía, se debe prever una "zona de recuperación", libre de obstáculos. Esta zona deberá ser amplia, nivelada y fácil de transitar. Debe implementarse en los proyectos, programas de mejoramiento, para eliminar peligros tales como: árboles, estructuras, parapetos, soportes masivos de señales, postes y otros obstáculos que puedan representar peligro para el tránsito. Cuando no sea posible esa eliminación, deberá buscarse la forma de instalar defensas u otro tipo de protección a fin de disminuir el riesgo.

### 2.9.3 CONTROL DE INTERSECCIONES

El control de la prioridad que pueda tener un conductor en intersecciones podrá ser logrado mediante las señales de prioridad "ceda el paso", "pare" o semáforos. Para mitigar la ocurrencia de accidentes es vital que la prioridad se encuentre indicada en

todas las intersecciones entre caminos, al menos con demarcación de ceda el paso en el pavimento. La señal de PARE debe emplearse en pocas ocasiones, su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad, el uso se debe justificar si no hay suficiente visibilidad.

La señal de ceda el paso será apropiada su instalación para la mayoría de las intersecciones en que la visibilidad no esté restringida y se deberá reforzar instalando dicha señal también al costado izquierdo cuando se trate de vías unidireccionales de dos o más carriles. En vías rurales con velocidades superiores a 70 km/h, no es recomendable el uso de semáforos.

Las rotondas pueden mitigar el número de accidentes en intersecciones. El uso de minirotondas en intersecciones de 3 o 4 accesos pueden ser eficaces, estas rotondas deben tener un diseño adecuado, evitando accesos rectos y proporcionando adecuada distancia de visibilidad.

#### **2.9.4 CRUCE DE PEATONES**

Donde la concentración de peatones sea importante, deberá instalarse cruces con las facilidades apropiadas. Donde el flujo de peatones no justifique la instalación de un cruce peatonal, deberá tomarse en cuenta el uso de islas de tránsito como refugio o para lograr calzadas más angostas.

En intersecciones donde el paso de peatones y el tránsito son altos, se debe considerar la construcción de una pasarela.

Las áreas residenciales, industriales y comerciales deberán estar conectadas por veredas peatonales que sean lo más directas y seguras. Las veredas deberán tener buenos estándares, con un ancho adecuado al flujo de peatones y libre de obstrucciones.

Las pasarelas y pasos inferiores, son menos atractivos para los peatones que las facilidades a nivel. Por ello, al implementar una pasarela, se deberá considerar la instalación de una valla peatonal en la mediana para que desincentive a los peatones a cruzar la calzada.

Si es posible, una vereda segregada deberá continuar a lo largo de un puente, o bien deberá construirse un puente paralelo separado para peatones y ciclistas. Una estructura tipo pasarela será suficiente, dado que no deberá soportar el tránsito de vehículos motorizados.

#### **2.9.5 ESTACIONAMIENTOS SOBRE LA CALZADA**

Los vehículos estacionados sobre la calzada afectan la seguridad de dos formas:

- ✓ Peligro de colisión entre maniobras de vehículos en movimiento y estacionados.
- ✓ Ocultan la presencia de peatones o vehículos.

El uso de estacionamientos protegidos, en las cercanías de intersecciones o cruces peatonales es una medida de seguridad efectiva.

#### **2.9.6 CAMBIO DE CONDICIONES**

El mejoramiento de un camino podrá inducir un aumento significativo del tránsito, un aumento en el número de vehículos pesados o cambios en los límites de velocidad. Adicionalmente, al implementar una nueva entrada o salida del camino, podrá tener efectos significativos sobre las características de los accidentes. Los efectos de estos

cambios por lo general podrán durar mientras los usuarios se acostumbran a estas modificaciones o también en algunos casos podrá ser más lenta la asimilación del cambio.

Los conductores que están muy familiarizados a transitar por un camino o carretera, podrán verse atrapados en una situación de riesgo cuando ocurren cambios inesperados en el entorno de la ruta.

### **2.9.7 ÁREAS DE DETENCIÓN Y PARADAS DE BUSES**

Las áreas de detención para buses, permitirán que estos se detengan en forma segura y sin afectar negativamente al resto del tránsito. Esto se logrará de mejor forma con un área segregada, conectada a la vía solamente en un punto de entrada y en otro de salida. De esta manera, los vehículos podrán detenerse fuera de la calzada principal, sin interferir con el resto del tránsito y con menos riesgos para los pasajeros.

Dentro de los principales factores del transporte público, que influyen en la seguridad vial y que el equipo auditor deberá tener presente son los siguientes:

- ✓ Los lugares de transferencia deberán tener conexiones peatonales directas y segregadas del tránsito vehicular, en el caso de rutas interurbanas, deberán contar con una acera que empalme con los sectores urbanos cercanos.
- ✓ Se deberá proveer de áreas claramente señaladas, fuera de la calzada, donde los vehículos de transporte público accedan a tomar y dejar pasajeros, en ellas además se debe implementar los andenes y refugios.
- ✓ Las áreas de detenciones deberán ubicarse en secciones planas y rectas de la vía, con la finalidad de que sean visibles en ambas direcciones.
- ✓ El acceso al área de detención deberá presentar condiciones de seguridad para los vehículos y para los peatones.
- ✓ Las paradas de buses deberán estar ubicadas después de las intersecciones o empalmes, para evitar que los vehículos detenidos interfieran con los movimientos de los peatones y vehículos en el cruce.
- ✓ Deberán instalarse señalizaciones para alertar a los conductores de la proximidad de un área de detención y de la posible presencia de peatones.

CARRETERA DV OTUZCO – DV CALLACUYÁN



## CAPÍTULO III INTERACCIÓN ENTRE LA INFRAESTRUCTURA Y LA SEGURIDAD VIAL

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Siendo la finalidad del Manual de Seguridad Vial, contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo, el presente capítulo describe y relaciona los efectos de los elementos de diseño geométrico, con la seguridad vial, presentando algunas recomendaciones sobre principios básicos del diseño y construcción de una vía, relacionados con la seguridad de los usuarios, las mismas que se presentan como recomendaciones, las que pueden ser considerados y analizados durante el diseño y ejecución, aplicando e implementando de acuerdo a las características particulares de cada proyecto. Sin embargo, la mejora en las características y tecnologías de los vehículos y de la infraestructura, pueden ayudar a reducir las situaciones de conflicto y de esta manera, reducir la frecuencia y/o la gravedad de los accidentes de circulación, asunto muy necesario debido al constante incremento de las tasas de accidentes de tránsito.

El MSV no siendo ajeno a la mejora de las características tecnológicas de los asfaltos o estrategias de tráfico llamado "Carreteras Inteligentes", con las innovaciones tecnológicas no solo se puede mejorar las funciones actuales de las carreteras y sistemas viales, como por ejemplo, la tecnología solar el cual permite que un espacio genere producción de energía, además de uso tradicional. El proyecto nombrado como Smart Highway es una colaboración entre Daan Roosegaarde de Estudio Roosegaarde y Hans Goris, Gerente de la firma de Ingeniería Civil Holandesa Heijmans, en un esfuerzo por instaurar carreteras más sostenibles e interactivas, con el objetivo de que utilicen la luz solar como principal materia prima.

El uso de la tecnología ha desarrollado que las pinturas brillen en la oscuridad mediante la absorción de la luz solar y proporcionan una luz verde que dura en promedio ocho horas, lo que permite la reducción o incluso la eliminación de alumbrado público. Según los responsables del proyecto, se trata de una alternativa sostenible adecuada para aquellos lugares en los que no existe una iluminación correcta ya que ofrece a los conductores líneas de referencia que definen la trayectoria de la carretera. El sistema absorbe la energía de los rayos del sol durante el día e ilumina las líneas de la carretera, pintadas con polvo luminiscente de color verde durante toda la noche. De esta manera, se aumenta la seguridad, no sólo porque el conductor tiene mejor visibilidad sobre los límites de la carretera, también porque se eliminan las farolas y por tanto, el riesgo de impactar contra ellas.

El Manual busca atender la demanda actual de la sociedad, diseñando, construyendo y manteniendo las infraestructuras viales con unos elevados niveles de movilidad, de seguridad y de integración ambiental. Para hacer compatibles todos estos requisitos el Manual exige mayores recursos materiales y, por otro lado, una nueva mentalidad para el diseño de nuestras vías. En ese contexto, dichos aspectos tienen como primer principio conceptual, ratificar la obligación que tienen los ingenieros responsables del diseño y ejecución de garantizar los niveles de seguridad de la red. Por tanto el diseño deberá considerar en muchas ocasiones a los usuarios que no cumplen las normas, los responsables del diseño deben tomar medidas adicionales para contrarrestar las consecuencias. Para ayudar a guiar al ingeniero durante el proceso de diseño de tal manera que:

- ✓ Cada componente de diseño proporciona un nivel aceptable de seguridad.
- ✓ Las características que componen el diseño sean consistentes en el grado de seguridad proporcionado.
- ✓ La combinación de componentes para cada característica de diseño sea rentable y segura.
- ✓ Se pueda demostrar que los beneficios derivados del diseño resultante superen sus costos y representen el mejor uso de los fondos del programa.

De cumplir con las características, requisitos mínimos, y las especificaciones técnicas que establece la normatividad vigente sobre la materia, como requisito fundamental para que una infraestructura vial ofrezca condiciones de mayor Seguridad Vial al usuario, son aplicables la mayoría de las normas que rigen la gestión de la infraestructura vial; sin embargo, las directamente relacionadas son: Manual de Diseño Geométrico vigente, Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección: Suelos y Pavimentos); Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción; Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras y la presente norma.

El segundo principio conceptual, está referido a la necesidad de revisar, complementar y actualizar en forma permanente y sostenida la normatividad vigente, como un medio efectivo de contribuir a la mejora progresiva de las características de la infraestructura vial, adaptándolas al resultado de las experiencias en su aplicación y al avance y cambio tecnológico.

En esa línea, como ANEXO en la presente versión de esta norma, se presenta propuestas complementarias a la normativa vigente en materia de diseño y construcción.

Finalmente, el tercer principio conceptual de similar importancia que las dos anteriores, es la necesidad de fortalecer permanentemente las funciones de fiscalización al cumplimiento de la normatividad vigente, en todas las fases de gestión de la infraestructura vial. Por ello se pide tener una mayor coordinación y conjunción de la normativa técnica de las carreteras a fin de incrementar de forma notable la seguridad vial.

### 3.2 Relación entre características de la carretera y la accidentalidad

La influencia de las características de la carretera en los accidentes se debe al conjunto de diferentes parámetros que definen el tramo, así como las variaciones entre estos parámetros y los de los tramos contiguos: El análisis de la seguridad de la infraestructura vial se encuentra a partir de dos factores:

**Seguridad activa:** Medidas que incorpora la carretera para evitar que se produzca accidentes (diseño de trazo, diseño de las intersecciones, calidad del pavimento, sección transversal adecuada, dimensiones de la sección de la franja, señalización, etc.).

**Seguridad pasiva:** Medidas que incorpora la carretera para minimizar la gravedad de los accidentes en el caso que se produzca (separador central, sistema de contención de vehículos, protectores laterales, etc.).

En el diseño de una carretera, las limitaciones y características propias de cada uno de los usuarios deben considerarse variables determinantes; en particular se deben analizar las condiciones de circulación de cada uno de los tipos de vehículos,

principalmente pesados, así como también bicicletas y motocicletas. En las zonas urbanas o semiurbanas, se deben tomar en cuenta las condiciones de la circulación de los peatones y las medidas para favorecer su seguridad; entre ellas, pueden estar la disposición de veredas y refugios, la construcción de pasos a distinto nivel y las medidas de control de la velocidad. El entorno de una carretera segura debe considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Informar al conductor de las condiciones que va a encontrar más adelante.
- ✓ Prevenir al conductor de la existencia de características no habituales.
- ✓ Guiar de forma segura al conductor en los tramos que presenten características distintas de las habituales.
- ✓ Proporcionar un margen de maniobra para los conductores que pierden el control o que realizan maniobras indebidas.

Las características fundamentales a evaluar se detallan a continuación:

### **3.2.1 EN RELACIÓN A JERARQUIZACIÓN**

En el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico Vigente, en el capítulo I se describen la clasificación de las carreteras según la demanda tenemos seis clases (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase, carretera de tercera clase y trochas carróza), y según la orografía tenemos cuatro clases (terreno plano – tipo 1, terreno ondulado – tipo 2, terreno accidentado – tipo 3, y terreno escarpado – tipo 4).

De la definición entregada para cada categoría se desprenden algunos requisitos básicos que deben cumplirse; pero además de ellos, existen otros principios de seguridad basados en la experiencia internacional, que se debe tener presente tanto para las autopistas como para el resto de las rutas.

Las vías de una red, deben ser claramente categorizadas en aquellas que son principalmente para el flujo interurbano y aquellas que son principalmente para el flujo local. Deben indicarse claramente las prioridades de cada intersección, de modo que siempre se le dé prioridad al tránsito de las vías principales.

Lo recomendable es que cada clase de vía debe interceptar sólo a vías de la misma clase o una inmediatamente arriba o debajo de la jerarquía.

### **3.2.2 EN RELACIÓN AL USO DE SUELO**

En zonas interurbanas, principalmente ocurren problemas relacionados con el uso del suelo, cuando un camino secundario se convierte en una carretera, segregando zonas que antes estaban comunicadas. Una situación análoga ocurre cuando una autopista atraviesa zonas urbanas, generando grandes problemas de fricción lateral.

Algunas recomendaciones o principios de seguridad que se deberán tener presente en este caso son:

- ✓ Antes de aprobar cualquier proyecto que modifique el uso de suelo, deberá examinarse rigurosamente sus implicancias sobre el tránsito y la seguridad de los usuarios.
- ✓ Los usos de suelo deberán ser definidos para minimizar los conflictos entre el tránsito y los peatones. Si bien en una autopista no deberá existir flujo peatonal por la calzada, en la práctica esto ocurre, por lo que se deberá tener presente la causa de ello y así buscar la mejor solución.

- ✓ Se deberá evitar que el tránsito interurbano pase por zonas urbanas o semiurbanas, ello pone en peligro tanto a peatones como al tránsito local. Una solución óptima es llevar el tránsito de paso a un desvío, que evite el ingreso de este a zonas urbanas.
- ✓ El desarrollo no autorizado de elementos, tal como letreros publicitarios en la vía, accesos ilícitos, deberán ser eliminados y los sitios deberán ser supervisados para prevenir que se vuelvan a emplear con esa finalidad.
- ✓ Todas las áreas de comercio deben estar lejos de la red para el tránsito interurbano y si no lo están, debe proveerse calles de servicio.
- ✓ Para las zonas de expansión urbana, se deberán considerar áreas adicionales (como: ciclovías, vías auxiliares, entre otros) a fin de garantizar la seguridad de sus usuarios.

### 3.3 LOS ACCIDENTES Y EL CONTROL DE ACCESOS

El control de acceso se define como una combinación de intersecciones a nivel, calzadas privadas para vehículos de empresas y vías de traspaso centrales. Parte de la ventaja de la seguridad de las carreteras, se deriva claramente del control del acceso desde la propiedad contigua a través de la eliminación de eventos inesperados y la separación de los puntos de decisión. Sin embargo, se puede lograr una medida de control de acceso sin las otras características de diseño de carreteras (por ejemplo, intercambios separados).

Por lo tanto, el control del acceso en las carreteras existentes mediante el uso de carreteras de servicio puede ser un dispositivo de seguridad eficaz. Federal Highway Administration (1982, p 4-1) cita varios estudios estadounidenses que muestran que la tasa de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de accesos. Por ejemplo, en un estudio, la diferencia entre un bajo nivel de desarrollo (menos de 20 accesos por km) y un alto nivel de desarrollo (más de 20) fue más del doble del número de accidentes por km. Resultados similares para Australia han sido reportados por Mclean (1993, p C3).

El efecto del control de acceso se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Efectos del control de acceso en la tasa de accidentes

| Control de acceso | Tasa de accidentes por millón de millas - vehículo |                |           |                |
|-------------------|--|----------------|-----------|----------------|
|                   | Vía Urbana   |                | Vía Rural |                |
|                   | total  | Con fallecidos | total     | Con fallecidos |
| Completo          | 1.86   | 0.02           | 1.51      | 0.03           |
| Parcial           | 4.96   | 0.05           | 2.11      | 0.06           |
| Ninguno           | 5.26   | 0.053          | 3.32      | 0.09           |

Fuente: Safety Effectiveness of Highway Design Features, (Efectividad en Seguridad de las Características de Diseño de Carreteras), U.S. Department of Transportation (Departamento de Transportes de Estados Unidos), Federal Highway Administration (Administración Federal de Carretera), Washington, D.C., 1992, volumen I.

En forma similar, el incremento del desarrollo de cunetas, lo que crea un número mayor de intersecciones a nivel, así como empresas con acceso directo a la carretera, incrementa significativamente las tasas de accidentes.

**Tabla 12.** Efecto de los puntos de acceso sobre la tasa de accidentes en carreteras rurales de dos sentidos

| Cruces por milla | Negocios por milla | Tasa de accidentes |
|------------------|--------------------|--------------------|
| 0.2              | 1                  | 126                |
| 2.0              | 10                 | 270                |
| 20               | 100                | 1718               |

Fuente: Safety Effectiveness of Highway Design Features, (Efectividad en Seguridad de las Características de Diseño de Carreteras), U.S. Department of Transportation (Departamento de Transportes de Estados Unidos), Federal Highway Administration (Administración Federal de Carretera), Washington, D.C., 1992, volumen I.

Los tratamientos que suelen darse incluyen:

- ✓ Carriles reservados para los giros, a fin de separar a los vehículos de paso, de aquellos vehículos que usan el punto de acceso
- ✓ La reducción de accesos; disminuye el número de situaciones imprevistas, reducir los puntos en los que el conductor debe tomar decisiones.
- ✓ Evitar accesos directos y frontales de vías nuevas que se conectan con vías de mayor jerarquía, sea cual sea el propósito, incluyendo el uso agrícola.
- ✓ Reducir al máximo posible el número de accesos a la vía.
- ✓ Evitar ubicar los accesos en lugares cercanos a curvas, en donde la distancia de visibilidad se vea restringida, sean estas horizontales o verticales.
- ✓ Señalamiento apropiado y marcas en el pavimento, para advertir a los conductores de las condiciones cambiantes a lo largo de la vía.
- ✓ Entre otros.

### 3.4 LOS ACCIDENTES Y EL ALINEAMIENTO

El diseño geométrico de las carreteras normalmente se consideran tres elementos: alineamiento vertical, alineamiento horizontal, sección transversal. La velocidad de diseño es un factor determinante para la selección del alineamiento necesario, buscando que el conductor pueda tener suficiente distancia de visibilidad para detenerse con seguridad o reducir la velocidad, de acuerdo las condiciones de tránsito y los factores climáticos. Un diseño seguro debe garantizar que el tránsito sea fluido y a una velocidad constante.

Uno de los principales componentes que afecta la velocidad de operación de los vehículos en una carretera son las curvas horizontales. Es necesario que las curvas horizontales sean diseñadas de manera tal que garantice la seguridad en su recorrido. En caso de las curvas verticales y las pendientes, también afectan a la seguridad vial, por lo que el diseñador deberá integrar a detalle tanto el alineamiento vertical como horizontal, brindando estándares de diseño, confort y seguridad en todo el proyecto.

#### 3.4.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Se ha establecido una evidencia clara de que la curvatura de los diseños de la vía está relacionados con los accidentes, en todos los tipos de carreteras. Al entrar en una curva, la fuerza centrífuga es equilibrada por la resultante del peso del vehículo y la fuerza del rozamiento lateral entre llantas y el pavimento. La Salida de un vehículo obedece a uno o a la combinación de los siguientes conceptos: velocidad

excesiva para las condiciones imperantes, sobreelevación inadecuada o pavimento resbaladizo.

Glennon (1987 PB, 50) cita los resultados que sugieren que la tasa de accidentes promedio de los segmentos de carretera curvos es tres veces mayor que en los tramos tangentes, y la tasa promedio de accidentes de carretera de un solo vehículo es cuatro veces mayor. Además los tramos curvos tienen mayores proporciones de accidentes severos en superficies húmedos.

En numerosos estudios se ha tratado de investigar la relación entre el proyecto de curvas horizontales y los accidentes; inclusive, han identificado varias características geométricas, de la sección transversal y del tránsito, relacionadas con la seguridad vial de las curvas horizontales, prestando atención al radio y la longitud de la curva, la intensidad vehicular, el ancho de carriles y acotamientos, los peligros en las zonas laterales, la distancia de visibilidad de frenado, el alineamiento vertical en las curvas horizontales, la distancia a curvas adyacentes, la distancia a intersecciones cercanas, la presencia de dispositivos para el control del tránsito, etc.

A su vez, Glennon (1987) determinó que el radio es el principal factor que afecta la seguridad en curvas horizontales, pero que el ancho de acotamiento, el ancho de circulación y la longitud de la curva (en ese orden) son también importantes. Asimismo, encontró que radios de curvatura mayores a 500 m no generan problemas de seguridad, pero que curvas con radios menores a ese valor están asociadas con un incremento abrupto en el riesgo.

Hedman, K. O. (1990) obtuvo que la frecuencia de accidentes en carreteras suecas de un carril por sentido aumenta en curvas con radio por debajo de 1 000 m, así como si el radio excede los 3 300 m. Este último comportamiento quizá se deba a que curvas con radio elevado, por lo mismo pueden ser muy largas dando lugar a maniobras peligrosas de adelantamiento.

Por su parte Transportation Research Board, D C, 1987. sugiere que la relación entre los accidentes y la geometría de la carretera tiene que ver con la consistencia de sus características dentro del contexto global del segmento carretero. Lo anterior sirvió como base para desarrollar guías para el "suavizamiento" de curvas (es decir, la reconstrucción de la curva para darle un mayor radio). Los resultados sugirieron que esto es rentable si el flujo vehicular excede los 750 vehículos por día, y la velocidad de proyecto se encuentra más de 25 km/h por debajo del 85% de las velocidades de los vehículos aproximándose a la curva. Asimismo, se fortalece el uso del "suavizamiento" de curvas mediante argumentos sobre beneficios.

Así como el grado de curvatura influye en la incidencia de accidentes, también la frecuencia de las curvas es otro de los factores que tiene marcada influencia. De la tabla siguiente se deduce que la peligrosidad aumenta, tanto al disminuir el radio de curvatura, como al disminuir la frecuencia de ellas. Además se establece que las curvas cerradas de menor grado y aisladas, son las más peligrosas.

**Tabla 13.** Índice de accidentes en curvas de dos carriles para distintos radios y frecuencia de curvas.

| Número de curvas por kilómetro | Índice de accidentes para distintos grados de curvatura |               |               |             |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|-------------|
|                                | 1°53´   | 1°54´ a 3°46´ | 3°47´ a 6°16´ | 6°16´ a mas |
| De 0 a 0.5                     | 1.9   | 3.4           | 2.6           | 5.5         |
| De 0.6 a 1.8                   | 1.4   | 2.3           | 2.8           | 2.6         |
| De 1.9 a 3.0                   | 1.3   | 1.8           | 2.1           | 2.7         |
| De 3.1 a 4.3                   | 2.1   | 1.7           | 2.9           | -.-         |

Es seguro que la alta incidencia de accidentes en curvas comprende un número mayor de factores que los citados anteriormente, tales como exceso de velocidad, distancia de visibilidad de parada y sobreelevación.

Entre las medidas aplicables para incrementar la seguridad en vías existentes, están las rectificaciones, las sobreelevaciones y la distancia de visibilidad adecuada, además de un buen señalamiento preventivo y restrictivo, marcas en el pavimento entre otros.

Las mejoras de la seguridad en las curvas horizontales incluyen:

- ✓ Reconstrucción de la curva para hacerla menos pronunciada.
- ✓ Alargar el radio de curvatura.
- ✓ Ensanchamiento de los carriles y de las cunetas en la curvas
- ✓ Adición de transiciones en espiral a las curvas
- ✓ Incremento de la cantidad de sobreelevación
- ✓ Incremento de la distancia de recuperación libre en la cuneta reubicando los postes de servicio público y los árboles.
- ✓ Mejora de los alineamientos vertical y horizontal, evitando las curvas pronunciadas y las pendientes pronunciadas.
- ✓ Aseguramiento de un drenado adecuado de la superficie del pavimento, para curvas de radio grande y las localidades en las cuales el drenado transversal tiene un ancho mayor a un carril.
- ✓ Suministro de mayor resistencia al derrape en la superficie, para los sitios de curva que tienen pendientes descendentes.

Las características más importantes de las curvas horizontales que deben tener en cuenta en el diseño y análisis son: radio de curvatura, diferencial de velocidad, condiciones de la superficie de rodadura, las bermas, el ancho y sobrancho de carril, distancia de visibilidad, peralte, giros, adelantamiento, señalamiento, etc.

### **3.4.2 ALINEAMIENTO VERTICAL**

Incluye las pendientes y las curvas verticales. En las curvas verticales en cresta los problemas tienen que ver con la distancia de visibilidad.

Las pendientes pronunciadas están generalmente asociadas con la frecuencia de los accidentes. Las investigaciones indican que la frecuencia y la severidad de los accidentes aumentan con la pendiente, tanto en el sentido ascendente como descendente. Así mismo se ha demostrado que la pendiente en sentido descendente es mucho más problemático, principalmente para vehículos pesados.

Hoban (1988) indica que las pendientes pronunciadas mayores o iguales a 6% presentan una mayor tasa de accidentes. Por ello el diseñador deberá tener en cuenta la combinación de alineamiento horizontal y vertical así mismo deberá cuidar la forma en que se proporcionan y/ o combinan a lo largo de la vía. Considerando las siguientes pautas en los diferentes estándares geométricos o características inesperadas.

- ✓ La provisión de transiciones geométricas graduales adecuadas a la velocidad de operación anticipada del vehículo.
- ✓ Mejorar la distancia de visibilidad para la detención temprana de la presencia de los tramos críticos.
- ✓ Evitar curvas horizontales de menos de 450 m y gradientes de mas del 4%, especialmente en combinaciones.
- ✓ Provisión de laderas laterales suaves con pocos obstáculos en tramos críticos.

### 3.4.3 LA COMBINACIÓN ENTRE EL ALINEAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL.

El diseñador deberá considerar el alineamiento vertical y horizontal de manera conjunta en todo el proyecto. Los alineamientos no deben ser analizados de manera independiente entre sí o independiente a los estándares del proyecto aplicado al resto de la vía. Para brindar seguridad a las acciones inesperadas se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- ✓ La instalación de transiciones geométricas graduales, apropiadas a la velocidad vehicular anticipada
- ✓ El mejoramiento de la distancia de visibilidad para la detención oportuna de la presencia de características críticas.
- ✓ La implementación de zonas laterales adecuadas con pendientes laterales suaves y libres de obstáculos, en zonas críticas.
- ✓ La instalación de dispositivos de control del tránsito, apropiados a la situación.

### 3.4.4 CURVAS DE TRANSICIÓN

Zegeer, C. V. J. Stewart, F. M. Council y D Reinfurt (1991), indican que el uso de curvas espirales de transición tiene efecto positivo reduciendo los accidentes en curva de 2 a 9% dependiendo del radio de curvatura y la deflexión.

La ausencia de curvas de transición, son críticos especialmente para camiones de carga articulados, esto debido a que afecta la fricción desarrollada entre la llanta y la superficie de rodadura.

Las curvas de transición Además de brindar una mayor comodidad y seguridad para los usuarios de una vía, presentan otras ventajas de gran importancia como son:

- ✓ Permite un cambio de curvatura gradual y cómodo entre un elemento con un radio de curvatura infinito (recta) y un elemento con radio de curvatura constante (arco circular). Cuando se emplean solo líneas y arcos este cambio se realiza de una manera puntual ocasionando incomodidad e inseguridad en los conductores.
- ✓ Permiten ajustar el trazo de la vía a la trayectoria recorrida por los vehículos en las curvas, evitando que estos invadan el carril contrario. Brinda una mejor apariencia a la carretera.
- ✓ Permiten desarrollar la transición del peralte de forma que el valor de éste, en cualquier punto corresponda al requerido por la curvatura en dicho punto.

Cuando se tienen alineamientos sólo con líneas y arcos circulares, se tiene que en el punto de tangencia entre estos dos elementos, se debe pasar de un peralte de cero a un peralte requerido para la curva, de acuerdo al valor del radio y fuerza centrífuga.

Si la transición del peralte se realiza en su totalidad en la recta, entonces se está generando cierto grado de incomodidad ya que no se requiere peralte en una recta.

Si se desarrolla la transición en la curva circular, entonces se está generando inseguridad, ya que tanto a la entrada como a la salida de la curva se está suministrando un valor de peralte inferior al requerido. Además esta solución no es posible en muchas ocasiones debido a que la longitud de la curva circular es relativamente corta.

Por último, si se combinan las dos soluciones anteriores se está generando, aunque en menor proporción, cierto grado de incomodidad e inseguridad.

- ✓ Incrementa la visibilidad
- ✓ Permite reemplazar largas tangentes por curvas cómodas y seguras sin alargar mucho la longitud de la vía y sin afectar la visibilidad.
- ✓ Facilita el cambio en el ancho de calzada en curvas donde, de acuerdo a su radio principalmente, se requiere un ancho adicional.
- ✓ Se evita la necesidad de entretangencias.

Ya que las curvas con espirales no requieren entretangencias, la tendencia mundial en diseño de vías es la de obtener alineamientos suaves con curvas espiralizadas y sin tramos rectos.

Por ello el diseñador deberá cuidar a que no ocurra que dos o más de estas características se presenten de manera simultánea o cercana entre sí. La falta de estas consideraciones podría generar una situación mucho más peligrosa que en plano recto. Se deberá cuidar la consistencia en el proyecto a lo largo de la carretera.

### **3.5 LOS ACCIDENTES Y LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

En una sección transversal, los parámetros de una carretera tales como el ancho de los carriles, los acotamientos, las bermas, los sardineles, los elementos de drenaje, los cortes y terraplenes, tienen una relación directa con la influencia de los accidentes.

Los mayores beneficios en términos de reducción en la incidencia de los accidentes por salida de la calzada, están relacionados con acondicionar unas bermas con superficie pavimentada, que funcione como zona de recuperación inmediata para los vehículos fuera de control.

En el diseño de una sección transversal también se deberá considerar las márgenes de la carretera, debido a que representan un alto contenido de accidentes e incluyen a vehículos que salen de la vía. Generalmente estos accidentes son de un solo vehículo e incluyen aquellos que se voltean o chocan con algún objeto cercano en la vía. En un estudio se indicó que este tipo de accidentes representa entre 30 y 40% de todas las muertes en los accidentes de tránsito.

#### **3.5.1 NÚMERO DE CARRILES**

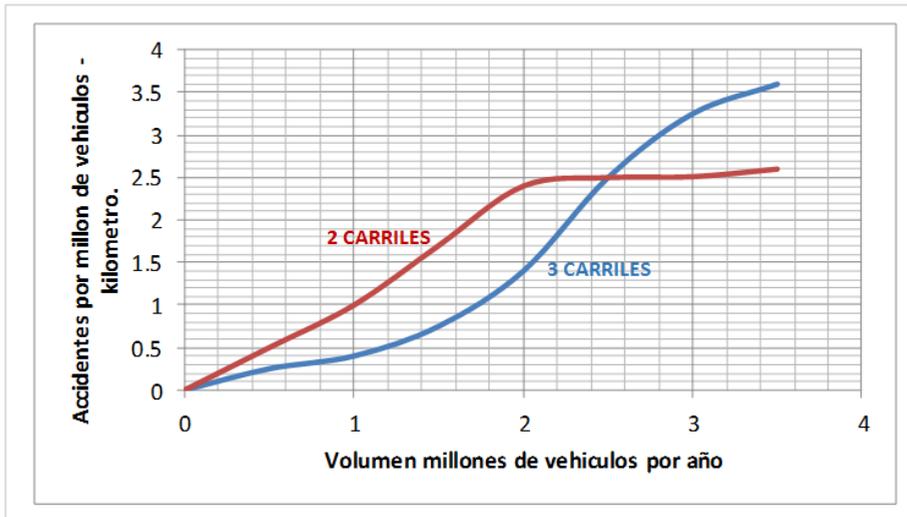
Una de las primeras investigaciones de seguridad en carreteras con diferentes números de carriles, fue un estudio realizado en Massachusetts, E.U.A; en que se

relacionan carreteras de 2 y 3 carriles, Figura 47. Se encontró que las carreteras de 2 carriles tenían un índice mayor de accidentes que los de 3 carriles.

Las carreteras de 4 o más carriles, por tener capacidad para mayores volúmenes de tránsito, debieran tener más accidentes que las carreteras de 2 carriles; sin embargo; se ha determinado que tiene índice de accidentes menores.

El número de carriles está definido por la demanda de un tramo dado de la carretera; la experiencia ha demostrado que el grado de seguridad depende más del ancho de carriles, que el número de carriles.

Figura 47. Índice de accidentes para carreteras de 2 y 3 carriles con relación al volumen de tránsito



### 3.5.2 ANCHO DE CARRIL

Los principales efectos del ancho de los carriles sobre la seguridad vial están ligados a la separación entre vehículos que se cruzan o que desarrollan adelantamiento al circular en el mismo sentido y la facilidad de efectuar maniobras peligrosas, asociadas a la pérdida de control del vehículo.

En general, cuanto más amplio es el carril (hasta aproximadamente 3.7 m), menor es el registro de accidentes (Zegeer y Council, 1993, p. 22). Se ha demostrado que los anchos de los carriles de menos de 3.0 m contribuyen a los accidentes de varios vehículos (Nairn, 1987, Lay, 1986, pág. 563, Zegeer, Deen y Mayes, 1981).

Varios estudios han demostrado las ventajas de la seguridad de ampliar los carriles estrechos en las carreteras. Por ejemplo, la Asociación Nacional de Autoridades de Carreteras Estatales de Australia (1988a) cita un estudio australiano en el que el ancho sellado en las carreteras rurales se amplió de 4.9 a 5.5 m y de 6.7 a 7.3 m, con una reducción de accidentes de un 43%. Transportation Research Board (1987a) cita un estudio estadounidense en el que se ampliaron los carriles de 2.7 m en las carreteras rurales a 3.3 m y los carriles de 3 m se ensancharon a 3.6 m, con una reducción de las lesiones graves de 22%.

Los resultados del efecto de la anchura de las bermas en los accidentes son menos concluyentes. Sin embargo, hay alguna evidencia de que las tasas de accidentes se

reducen a medida que el ancho de las bermas aumenta hasta aproximadamente 3 m. Por ejemplo, un estudio americano (Zegeer, Deen y Mayes, 1981, p. 40) produjo resultados que mostraron una reducción del 21% en choques cuando una carretera sin bermas tenía bermas de 0.9-2.7 m de ancho. El estudio siguió sugiriendo (op cit, p. 41) que para los caminos que actualmente carecen de bermas, el ancho óptimo de las bermas a proporcionar era de 1.5 m. Por otro lado se ha demostrado que el aumento en el ancho de carril es una garantía de seguridad, recomendando los anchos de carril de 3.4 a 3.70 m a la vez que generan menor frecuencia de accidentes en vías, y también representan el balance mas apropiado entre la seguridad y la eficiencia del flujo vehicular. Los carriles de anchos menores de 3.0 m contribuye a incrementar los accidentes viales.

Del análisis FHWA (2000) se concluyó que en efectos del ancho de carril en la ocurrencia de accidentes aumenta cuando es mayor el volumen de vehículos, se estimó también que a mayor velocidad de circulación, mayor será la influencia del ancho de carril en la accidentalidad. Estos resultados respaldados por investigaciones se muestran en la Tabla 14

*Tabla 14.* Relación entre ancho de carril y ocurrencia de accidentes. Vías con  $IMDA \geq 2000$  VEH/DIA.

| Ancho de carril (m). | Incremento de accidentes (%) |
|----------------------|------------------------------|
| 3.60                 | 0                            |
| 3.30                 | 5                            |
| 3.00                 | 30                           |
| 2.70                 | 50                           |

Fuente: FHWA (2000)

Por otra parte no se recomienda diseñar carriles muy amplios, esto invita a los conductores a desarrollar maniobras peligrosas que incrementan el número de accidentes y la severidad del mismo.

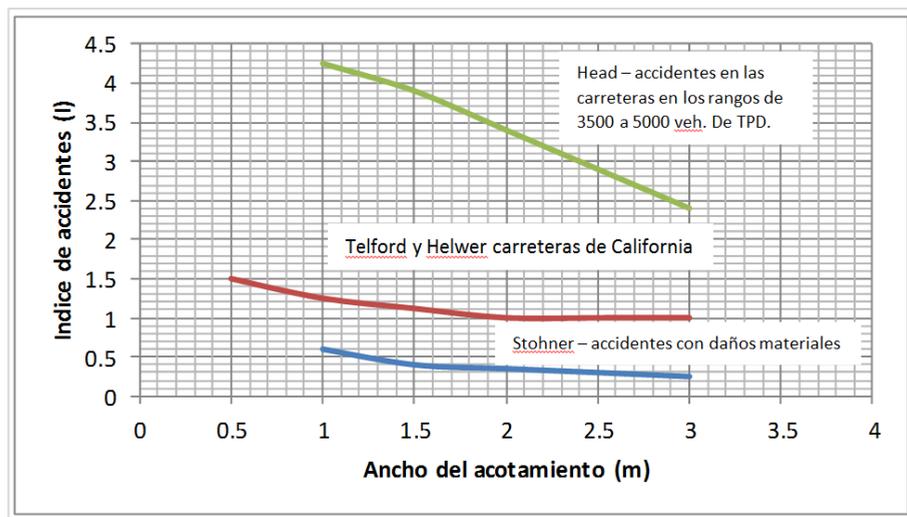
### **3.5.3 ANCHO DE ACOTAMIENTO O BERMA**

Cualquier teoría general sobre frecuencia de accidentes, sostendrá que los acotamientos más anchos deben presentar una mayor seguridad, porque significa un espacio mayor de maniobras, mejor visibilidad y área para estacionar vehículos descompuestos fuera de la superficie de pavimento. Esta presunción sería válida siempre en cuando todas las obstrucciones estuvieran fuera del acotamiento.

Se han hecho extensas investigaciones, enfocadas a estudiar la relaciones entre los accidentes y el ancho de acotamiento, en parte para determinar el ancho más económico por construir desde el punto de vista de la seguridad y en parte, tratando de encontrar por que los acotamientos más anchos no siempre generan mayor seguridad.

Cope, A. J. han demostrado una clara reducción de los índices de accidentes, con mayor ancho de acotamiento. Se notaron las principales reducciones en tramos curvos y tramos con pendiente. Cuyos resultados se muestran en la Figura 48.

Figura 48. Índice de accidentes con relación al ancho de acotamiento



Hay varias razones para explicar la dimensión en el índice de accidentes, cuando se amplía el acotamiento. Entre las más importantes están las siguientes: el conductor no tiene temor a orillarse, lo que le permite concentrar su atención en otros problemas que se le presentan, se aumenta la separación entre 2 vehículos que se cruzan, se reduce la influencia de los vehículos estacionados, la salida de la calzada no es necesariamente trágica y se obtiene mayor seguridad en el acceso y salida de los vehículos.

### 3.5.4 ANCHO DE CARRIL Y ACOTAMIENTO

Los anchos de carril y acotamiento no son independientes, por lo cual, los resultados presentados no deben tomarse como concluyentes.

El estudio de Relationship Between Safety and Key Highway Design Features. State of the Art Report 6, Transportation Research Board, Washington, D C, 1987, generó relaciones que muestran la frecuencia esperada de accidentes (choques frontales o en las salidas del camino) en función del ancho conjunto de carril y acotamiento. Estas relaciones mostraron claramente que el incrementar el ancho de carril (hasta 3.7 m) y el ancho de acotamiento (hasta 3 m) tienen efectos benéficos, pero que estos dos efectos no son independientes.

Dicho estudio concluyó indicando que la ampliación de carriles de 2.7 a 3.7 m, sin mejoramiento de acotamientos, puede reducir los accidentes en 32%. La ampliación de acotamientos es menos efectiva que la de carriles. Por ejemplo, añadir acotamientos revestidos de 0.9 m a una carretera sin ellos, redujo los accidentes en 19%.

Si esa adición de 0.9 m fuese pavimentada, la baja esperada sería de 22%. Las mayores ganancias provienen de una combinación de mejoras. Por ejemplo, ampliar una carretera con carriles de 2.7 m y sin acotamientos, a carriles de 3.7 m y acotamientos de 1.8 m, redujo los accidentes en 60%. Sin embargo, la tendencia a la baja de accidentes como resultado de mejorar un elemento, será mayor si los otros elementos también son mejorados. La Tabla 15 sintetiza las recomendaciones sobre anchos, conjuntos de carril, y acotamiento.

**Tabla 15.** Anchos de carril y acotamientos recomendados

| IMDA       | VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/H) | PORCENTAJE DE VEHICULOS DE CARGA |                      |        |                      |
|------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------|--------|----------------------|
|            |                            | > 10%                            |                      | < 10%  |                      |
|            |                            | ANCHO EN METROS                  |                      |        |                      |
|            |                            | CARRIL                           | CARRIL + ACOTAMIENTO | CARRIL | CARRIL + ACOTAMIENTO |
| 1 - 750    | < 50                       | 3.00                             | 3.70                 | 2.70   | 3.30                 |
|            | > 50                       | 3.00                             | 3.70                 | 3.00   | 3.70                 |
| 715 - 2000 | < 50                       | 3.30                             | 4.00                 | 3.00   | 3.70                 |
|            | > 50                       | 3.701                            | 4.60                 | 3.30   | 4.30                 |
| > 2000     | Todas                      | 3.70                             | 5.50                 | 3.30   | 5.20                 |

IMDA = Índice Medio Diario Anual

### 3.5.5 PENDIENTE TRANSVERSAL

El drenaje es parte esencial de una carretera, e involucra tres aspectos: drenaje de la superficie, drenaje en los laterales, drenaje en puentes y alcantarillas.

Lay, M. G. (1986), indica la necesidad de contar con un buen drenaje superficial, ya que en capa de agua de 6mm, se puede generar hidropneumático al reducir el coeficiente de fricción cercano al cero, haciendo imposible la operación del frenado. Así mismo indica también que la mayoría de los accidentes ocurre en pavimentos con baja resistencia al derrapamiento, y que una película de agua en curvas de radio elevado, puede tener casi el doble de espesor que la de una sección en tangente con bombeo a uno y otro lado de la rasante, con la misma pendiente transversal.

Este es un factor importante a considerar en el proyecto carretero, especialmente donde la distancia de drenaje superficial es más larga que el ancho de un carril.

### 3.6 LOS ACCIDENTES Y LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Las carreteras deberán estar diseñadas para que todo conductor pueda ver la vía que esta por transitar, con la finalidad de realizar maniobras seguras. La visibilidad frontal a diferencia de visibilidad en intersecciones no deberá ser menor que la distancia de visibilidad de parada.

#### 3.6.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD.

Hedman, K.O (1990), da a conocer que el número de accidentes disminuye a medida que la distancia de visibilidad aumenta., especialmente para los accidentes nocturnos. Así mismo indica, que la distancia de visibilidad menor a 200 m es frecuentes en curvas horizontales en las que se tienen elevados accidentes.

#### 3.6.2 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS VERTICALES.

Transportation Research Board, Washington. DC, (1987) indica la frecuencia de accidentes en un 52% mayores en vías restringidas de visibilidad debida a curvas verticales, en relación a los tramos de control.

Neuman y Glennon (1983), en un estudio sobre la detención de la distancia de visibilidad, encontraron que diferentes condiciones geométricas estaban asociadas con peligros. Estos se dividieron en tres grupos de la siguiente manera:

- ✓ Peligros menores: alineación horizontal tangente, curvatura horizontal suave (> 600 m de radio), degradación leve (<3 %);

- ✓ Peligros significativos: intersecciones de bajo volumen, curvatura horizontal intermedia (300-600 m de radio), degradación moderada (3-5 %) en estructuras;
- ✓ Grandes peligros: intersecciones de gran volumen, intersecciones en Y, curvatura pronunciada (<300 m de radio), descenso pronunciado (> 5%), puente estrecho, pavimento estrecho, caída de carril de autopista, salida o entrada de río abajo a lo largo de la autopista.

Aunque no se menciona explícitamente, uno de los riesgos más comunes y graves a este respecto sería probablemente una curva horizontal (<600 m de radio) justo más allá del límite de visibilidad en una curva vertical cóncava. Esto fue evidente en un estudio de accidentes con vehículos pesados en Nueva Gales del Sur (Sweetman, et al, 1990), y se reconoce como una situación particularmente peligrosa.

Transportation Research Board, Washington. DC, (1987), señala que la distancia de visibilidad en curvas convexas, determinados por la distancia de visibilidad nocturna generado por los faros, son satisfactorios para los camiones de carga. Sin embargo, sugiere que las distancias de visibilidad en el entorno de las curvas horizontales pueden ser un problema para los camiones de carga, dado que en esos sitios la mayor altura de la vista es de poca utilidad.

En el Estado de California, en carreteras de 2 carriles, en una longitud de 800km, se encontró que el índice de accidentes decrece con el aumento de la distancia de visibilidad, de la siguiente forma.

*Tabla 16.* Distancia de visibilidad y los índices de accidentes

| <b>Distancia de visibilidad (metros)</b> | <b>Índice de accidentes (por millón de vehículos - km)</b> |
|--|--|
| Menos de 240                             | 1.5  |
| 240 a 450                                | 1.2  |
| 450 a 750                                | 0.9  |
| Mas a 750                                | 0.7  |

Otro de los aspectos importantes del alineamiento vertical con relación a los accidentes es la pendiente. De acuerdo a los estudios se observa un importante incremento de los accidentes cuando aumenta la pendiente. Se atribuye a la diferencia de velocidades entre vehículos ligeros con respecto a los vehículos pesados.

*Tabla 17.* Pendiente y los accidentes

| <b>Pendiente en (%)</b> | <b>Accidentes (por 100 millón de vehículos - kilómetro)</b> |
|-------------------------|---|
| 0 - 1.99                | 46.5  |
| 2 - 3.99                | 67.2  |
| 4 - 5.99                | 190.0   |
| 6 - 8.00                | 210.5   |

Por lo tanto el diseñador deberá tener especial consideración para los vehículos pesados y/o lentos, con una pista adicional para que no entorpezcan el normal flujo vehicular.

Del mismo modo, en los tramos de descenso deben habilitarse pistas hacia lechos de frenado para que los vehículos que pudiesen perder el control, especialmente los pesados. Ambas situaciones deben estar debidamente señalizadas tanto vertical como horizontalmente.

Debido a las restricciones de visibilidad en la parte más alta, debe el diseñador analizar la distancia de visibilidad de parada para determinar la velocidad máxima, la cual debe ser señalizada adecuadamente, para proteger a los usuarios de la vía.

La mayoría de los problemas en pendientes ascendentes son:

- ✓ Diferencias de velocidad entre un tramo y tramo.
- ✓ Accidentes en la pendiente máxima o en el término de la pendiente.
- ✓ Maniobras inadecuadas de adelantamiento.
- ✓ Errores en los cálculos de velocidad máxima

La mayoría de problemas en pendientes descendentes son:

- ✓ Accidentes que involucran un vehículo pesado que pierde el control.
- ✓ Grandes diferencias de velocidad entre vehículos pesados y de pasajeros.
- ✓ Características inesperadas e inadecuadas de la superficie del pavimento
- ✓ Exceso de velocidad.
- ✓ Pendientes que exceden los grados recomendados.
- ✓ Tiempo de frenado inadecuado.
- ✓ Entre otros.

### **3.6.3 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.**

Glennon (1987), señala que cuando se mejora la distancia de visibilidad en curvas horizontales es altamente rentable., además sugiere algunos tratamientos de bajo costo, tales como la eliminación de vegetales y eliminación de obstáculos menores en los interiores de curvas horizontales, aumenta los niveles de seguridad vial.

La distancia de visibilidad es esencial para camiones de carga, esto debido al frenado. Según Transportation Research Board, Washington. DC, (1987), indica que el aumento de la altura de la vista en los camiones de carga compensa el comportamiento interior al momento del frenado para el promedio de todos los tamaños de camiones; sin embargo esto no se cumple para los camiones mas grandes y pesados, lo que requiere mayor distancia de frenado.

### **3.7 LOS ACCIDENTES Y LAS CONDICIONES DE LOS MÁRGENES DE LA VÍA**

La incidencia de los accidentes por salida de la calzada se relaciona de forma importante con las condiciones y tipología de los obstáculos rígidos presentes en los márgenes de las carreteras. La configuración más segura de una margen de carretera es aquella que se encuentra libre de cualquier tipo de obstáculo que pueda ser colisionado a través de la trayectoria errante de un vehículo, entendiéndose como obstáculos los taludes de corte, los taludes de terraplén, las cunetas, las boquillas e impostas de las obras de desagüe, los pasos salva-cunetas, los soportes de señalización, los postes de servicio, las luminarias, los árboles y las construcciones cercanas a la plataforma.

Un elemento común en todo tipo de carretera es el margen, definido como el espacio físico adyacente a la plataforma cuya configuración física tiene una importancia esencial en la seguridad de la carretera. En el diseño de una sección transversal de una carretera se toman en consideración factores tales como la capacidad de la carretera, la configuración del terreno y los costos de construcción y conservación, sin embargo rara vez se atiende la importancia de las márgenes en la seguridad de la carretera.

Una actuación recomendable en el diseño de la sección transversal consiste en proyectar una configuración física de márgenes que permita el paso de un vehículo sin sufrir daños de consideración así como un mínimo control en caso de una salida incontrolada de la calzada. La diferencia entre un evento de salida incontrolada de un vehículo de la calzada respecto con la ocurrencia de un accidente por salida de la calzada depende fundamentalmente de la configuración física de los márgenes. “una red vial en la que los conductores rara vez salgan de la carretera, pero en caso de que lo hagan, el vehículo y los márgenes trabajen conjuntamente para proteger a los ocupantes de sufrir graves lesiones”. Las cinco consideraciones a tomar en cuenta son:

1. Incrementar el reconocimiento del problema que representa la seguridad en los márgenes.
2. Crear y mantener recursos de información y procedimientos de análisis que ayuden a mejorar la gestión y comprensión de la seguridad en los márgenes.
3. Mantener los vehículos en la carretera (calzada).
4. Evitar que los vehículos que salen de la carretera vuelquen o impacten contra obstáculos localizados en los márgenes.
5. Minimizar las consecuencias para los ocupantes de un vehículo que sale de la carretera e impacta contra un obstáculo.

### **3.7.1 INCLINACIÓN TRANSVERSAL DE LOS MÁRGENES**

La inclinación transversal de los márgenes tiene una relación directa con la distancia de salida de los vehículos y con las condiciones de impacto contra los obstáculos presentes en los márgenes. En caso de una salida incontrolada, la inclinación del margen y el tipo de material que la conforma, determinan los índices de desaceleración del vehículo y por tanto las posibilidades de recuperación de su control. Una mayor inclinación de los márgenes de carretera disminuye su franqueamiento en condiciones de seguridad y aumenta considerablemente las posibilidades de vuelco del vehículo.

El vuelco de los vehículos es una de las consecuencias más graves en los accidentes por salida de la calzada, siendo las altas velocidades de salida y la presencia de fuertes inclinaciones transversales en los márgenes los factores más comunes en este tipo de accidentes. En 1998 Moore investigó accidentes ocurridos en la red de carreteras convencionales del estado de California. Un dato relevante de dicho estudio fue la observación de una importante proporción de accidentes con vuelco ocurridos en el talud del terraplén opuesto al carril de circulación original del vehículo accidentado. En otro estudio realizado en los Estados Unidos, una cuarta parte de los accidentes con víctimas mortales por salida de la calzada presentó el vuelco del vehículo. Los factores asociados a este tipo de accidente fueron las altas velocidades.

La edición 2002 de la AASHTO para el diseño de márgenes, Roadside design guide, describe una serie de recomendaciones de diseño para los márgenes de carretera,

puntualizando los efectos que tiene el grado de inclinación de los márgenes sobre la seguridad de un vehículo fuera de control. Para incrementar la estabilidad del vehículo, la se recomienda configurar pendientes reducidas en los márgenes además de suavizar los ángulos de transición entre diferentes inclinaciones. Así, los taludes para los tramos de terraplén se pueden clasificar en cuatro niveles, en función de las facilidades que ofrecen al conductor para recuperar el control de su vehículo una vez que éste haya salido de la calzada:

- ✓ Secciones que facilitan la recuperación del control del vehículo. Cuando resulte viable, se recomienda el diseño de márgenes con inclinaciones transversales inferiores a 1V:6H, especialmente en carreteras con elevadas velocidades de proyecto.
- ✓ Secciones en las que es posible la recuperación del control de vehículo. Una inclinación transversal de los márgenes de 1V:4H o inferior puede permitir a un conductor la recuperación del control de su vehículo, siempre que no existan irregularidades importantes en la superficie del margen. Además se deberán diseñar acuerdos que permitan configurar una superficie del margen que garantice el contacto de los neumáticos del vehículo en su trayectoria de salida.
- ✓ Secciones franqueables. Inclinaciones transversales de los márgenes comprendidas entre 1V:4H y 1V:3H se consideran secciones no recuperables debido a que con dicha configuración del margen un conductor difícilmente podrá recuperar el control de su vehículo y frecuentemente alcanzará el pie del terraplén. Por lo tanto, en toda la superficie del talud debe evitarse la presencia de cualquier tipo de obstáculo de modo que se permita el franqueamiento seguro por parte de un vehículo fuera de control. La transición entre el pie del terraplén y el terreno deberá estar suavizada para permitir una deceleración gradual del vehículo.
- ✓ Secciones críticas. Una inclinación transversal de los márgenes superior a 1V:3H se considera crítica debido a que dicha configuración no permite la recuperación del control del vehículo, provocando su vuelco.

Asimismo, para los taludes de los tramos en desmonte, la guía considera que un margen resulta franqueable para un vehículo cuando el talud de desmonte presenta una inclinación igual o inferior a 1V:3H y su superficie no presenta prominencias de consideración, particularmente en taludes de material rocoso (AASHTO, 2002).

### **3.7.2 OBSTÁCULOS EN LOS MÁRGENES**

Los obstáculos localizados a una menor distancia respecto al borde de la calzada tienen una mayor probabilidad de ser alcanzados por un vehículo fuera de control. Por otro lado, la configuración física del obstáculo condiciona el nivel de gravedad de los accidentes.

Obstáculos rígidos puntuales tales como árboles y pilas de puentes representan una importante proporción de los accidentes mortales por salida de la calzada. La probabilidad de colisión contra un árbol aumenta cuando éste se localiza a una menor distancia respecto a los carriles de circulación, particularmente en la zona exterior de curvas de radio reducido o márgenes con una fuerte inclinación transversal. Un árbol con un diámetro superior a 100 mm se considera un elemento de riesgo para los vehículos fuera de control.

De acuerdo a las bases de datos de accidentes de circulación en carreteras del Reino Unido, los obstáculos localizados en los márgenes de carretera, con una mayor incidencia de colisión, son las barreras de seguridad, los árboles y las cunetas, siendo los impactos contra los árboles los accidentes por salida de la calzada con las consecuencias más graves (Lynam y Kennedy, 2005). En el estado de Victoria, en Australia, de acuerdo a la base de datos de accidentes por salida de la calzada para el periodo comprendido entre los años 1999 y 2003, las accidentes contra árboles representaron el 37% del total de accidentes seguido por un 20% de accidentes por impacto contra postes y un 10% de accidentes por caídas en taludes de terraplén.

Los accidentes por impacto contra árboles representaron el 50% de los accidentes con víctimas mortales por salida de la calzada (Parliament of Victoria, 2005). En los Estados Unidos, para el año 2008, se registraron un total de 11 598 accidentes con víctimas mortales por impacto contra obstáculos fijos localizados del margen de la carretera. De ellos, el 25% correspondió a impactos contra árboles, el 23% impactos contra cunetas y pasos salva-cunetas, el 14% impactos contra postes y luminarias y el 10% caídas en taludes de terraplén (NHTSA, 2009).

### 3.7.3 DISPOSITIVOS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

Cuando un obstáculo presente en el margen de carretera, a escasa distancia de los carriles de circulación, no puede ser convenientemente eliminado, modificado o reubicado en una zona en la que presente un menor riesgo de impacto por parte de un vehículo errante, la mejor alternativa de actuación en términos de seguridad es la instalación de un sistema de contención.

En principio, la instalación de un sistema de contención en los márgenes de carretera debe ser la última actuación a considerar en la gestión de la seguridad de los márgenes. Un sistema de contención de vehículos debe considerarse en sí mismo un obstáculo presente en los márgenes de carretera y solamente debería instalarse en aquellos casos en los cuales su ausencia pudiese provocar la ocurrencia de un accidente mucho más grave que la colisión contra el sistema de contención. Por ejemplo, en una sección en terraplén con una considerable altura y fuertes inclinaciones transversales del talud, la instalación de una barrera de seguridad puede ser la alternativa más adecuada desde el punto de vista costo – beneficio. Así mismo, la instalación de una barrera de seguridad en una sección de carretera con alto valor ecológico y con una multitud de árboles localizados en el margen de carretera puede constituir la mejor alternativa desde el punto de vista medioambiental.

Cuando un sistema de contención es diseñado e instalado de forma correcta su eficacia es evidente. Los amortiguadores de impacto permiten absorber parte de la energía producida al colisionar un vehículo contra obstáculos tales como pilas de puentes, terminales de barrera y postes de servicio, disminuyendo de forma considerable las consecuencias del accidente. Los amortiguadores de impacto han demostrado una capacidad de reducción en la incidencia de accidentes de circulación con víctimas graves y mortales de hasta un 75% en los Estados Unidos y un 67% en el Reino Unido (European Transport Safety Council, 2008).

El nivel de seguridad de la vía no se alcanza por medio de los sistemas de contención de vehículos, que pretenden proteger a los usuarios de los elementos proyectados o existentes, en los márgenes o en el separador central, que representen una amenaza potencial. Este planteamiento conduce a que:

- ✓ Es fundamental desarrollar estudios comparativos.
- ✓ Se debe afinar suficientemente en la valoración de los riesgos inherentes al diseño de cada elemento, en la confianza de poder paliarlos por medio de los sistemas de contención de vehículos.
- ✓ Es necesario mitigar la frecuencia de los accidentes: choques con los sistemas de contención de vehículos, y alcances por falta de espacio lateral.

Con esta filosofía de diseño también se puede alcanzar un nivel de seguridad final calificable de suficiente; pero se abusa de una solución que en sí es paliativa y no está exenta de riesgos propios. Por ejemplo, la recuperación de un vehículo fuera de control mediante una barrera de seguridad puede:

- ✓ Impedir que se esquite un obstáculo.
- ✓ Provocar que el vehículo vuelva a la plataforma propia, o se mantenga en ella, representando un obstáculo para el resto de los usuarios.
  - No evitar en último extremo que los vehículos (o su carga) accedan a la calzada opuesta.
  - No se puede olvidar que ciertos sistemas de contención de vehículos (por ejemplo, las barreras metálicas de seguridad) representan un peligro específico para los motociclistas.

#### **3.7.4 ZONA DE SEGURIDAD EN MÁRGENES**

La velocidad de salida de un vehículo de la calzada condiciona en gran medida su riesgo de colisión contra algún tipo de obstáculo localizado en el margen de la carretera. Una mayor velocidad de salida se relaciona con una mayor trayectoria errante del vehículo y una mayor área potencial de riesgo de colisión. En el Reino Unido se estimaron velocidades promedio de salida de la calzada de 96 km/h para carreteras con velocidades máximas permitidas de circulación de 96 km/h. En contraste, para carreteras con velocidades máximas permitidas de circulación de 64 km/h, la velocidad promedio de salida de la calzada fue de 83 km/h (Lynam y Kennedy, 2005). En el mismo sentido, un estudio realizado en Australia, en donde se analizaron a detalle accidentes por salida de la calzada acaecidos en un periodo de cinco años, indicaba que la incidencia promedio anual de accidentes por salida de la calzada era similar para aquellos tramos de carretera con velocidades máximas permitidas de circulación comprendidas entre 60 y 100 km/h, sin embargo aquellos tramos con velocidad máxima permitida de más de 100 km/h presentaban una incidencia de víctimas mortales ocho veces mayor respecto aquellos tramos con velocidades máximas permitidas inferiores (Parliament of Victoria, 2005). Con lo anterior se deduce que las carreteras con altas velocidades de circulación, así como aquellas carreteras con una sucesión de tramos con importantes diferencias en sus velocidades máximas permitidas de circulación, presentan mayores velocidades de salida de la calzada.

El ángulo de salida de los vehículos respecto al borde de la calzada o plataforma determina el área potencial de riesgo de colisión así como las condiciones de impacto contra los obstáculos localizados en los márgenes. Al igual que en las velocidades de salida, los recursos analizados para determinar los ángulos de salida de los vehículos son los registros de accidentes y la visualización en directo de las huellas de frenado de los neumáticos. La velocidad y ángulo de salida de los vehículos de la calzada dependen de los eventos acaecidos en los segundos inmediatamente anteriores a la salida tal como un derrape o una maniobra súbita de frenado realizada por el

conductor para evitar la salida del vehículo. En aquellos casos en que no se produzcan maniobras súbitas para corregir la trayectoria del vehículo, el ángulo de salida dependerá fundamentalmente de la velocidad de salida. Al respecto, algunos estudios han comprobado que una mayor velocidad de salida se relaciona con un ángulo reducido de salida.

En uno de los primeros estudios realizados para comprender los accidentes por salida de la calzada, el ángulo promedio de las salidas fue de  $11^\circ$ , y en donde las observaciones se realizaron en carreteras interestatales de los Estados Unidos con velocidades máximas permitidas de circulación de 110 km/h (Hutchinson y Kennedy, 1966). Por su parte, observaciones realizadas en accidentes por salida de la calzada y colisión contra postes de servicio en carreteras convencionales, mostraron que el 85% de los ángulos de salida tenían valores inferiores a  $26^\circ$  (Sicking y Ross, 1986). El modelo desarrollado en el programa Roadside safety analysis program, RSAP, para la simulación de accidentes por salida de la calzada, utiliza una distribución de ángulos de salida basada en la reconstrucción de accidentes y que depende del tipo funcional de la carretera así como de la velocidad de salida del vehículo, siendo la media observada del ángulo de salida de  $14^\circ$  (Mak, Sicking y Ross, 1986).

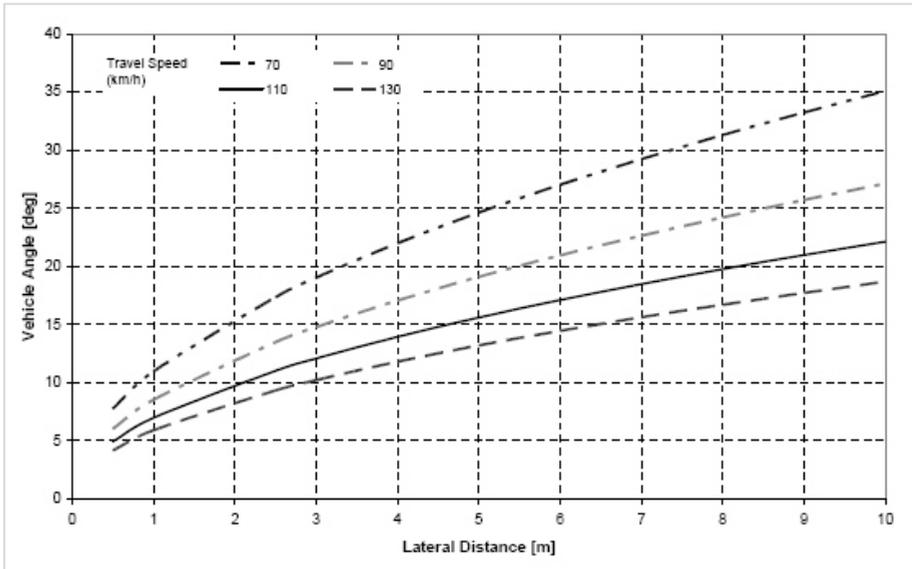
En muchos casos, la provisión de condiciones para la detención total y segura de un vehículo fuera de control no es práctica, resultando más recomendable la disposición de una distancia lateral a la carretera en donde se pueda recuperar el control del vehículo o conseguir una disminución considerable en su velocidad de circulación. La trayectoria de salida de un vehículo determinará dos tipos de distancias a considerar, una distancia longitudinal medida propiamente en el ángulo de salida del vehículo así como una distancia lateral medida respecto al borde de la plataforma. Ambas distancias conformarán una zona de riesgo, en la cual cualquier tipo de obstáculo presente en ella tiene la posibilidad de ser colisionado por el vehículo fuera de control que sale de la calzada.

En el estudio realizado por Hutchinson y Kennedy en 1966, los registros de las marcas de neumáticos observadas sobre la mediana de la carretera mostraban que el 85% de las distancias longitudinales de salida eran inferiores a 150 m, mientras que el 85% de las distancias laterales de salida era inferior a 12 m. Resulta importante señalar que la inclinación transversal máxima de la mediana era de 1V:4H. En otro estudio realizado sobre accidentes por salida de la calzada en carreteras interurbanas de Finlandia se observó que en más de la mitad de los casos analizados los vehículos siniestrados permanecían en la zona de las cunetas de la carretera y únicamente el 10% de los vehículos se desplazaba una distancia superior a 12 m respecto al borde de la calzada (Ehrola, 1981). Posteriores estudios actualizaron la información anterior y pudieron comprobar que en más del 50% de los accidentes por salida de la calzada los vehículos siniestrados colisionaron con obstáculos localizados a menos de 3 m respecto al borde de la calzada mientras que un 88% de los accidentes analizados los vehículos colisionaron con obstáculos localizados a menos de 7 m del borde de la calzada (SAFESTAR, 1997). Lynam y Kennedy (2005) estimaron en base a datos de accidentes de la TRL de Reino Unido que el 83% de las salidas de la calzada involucraron el impacto del vehículo con algún tipo de obstáculo localizado a menos de 10 m del borde de la calzada.

Además de los registros de accidentes, también se pueden emplear las ecuaciones de movimiento para determinar las distancias de salida de vehículos de la calzada como una función de la velocidad inicial de salida y del valor de desaceleración

producido por el terreno. Lynam y Kennedy (2005) estimaron distancias de salida respecto al borde de la calzada tomando un valor de desaceleración de  $4.55 \text{ m/s}^2$ . Así por ejemplo, la posición de parada de un vehículo que inicialmente sale de la calzada a una velocidad de  $112 \text{ km/h}$  y con un ángulo de salida de  $20^\circ$  es de  $15 \text{ m}$  respecto al borde de la calzada. Con las mismas condiciones, una velocidad de salida de  $80 \text{ km/h}$  se relaciona con una distancia lateral respecto al borde de la calzada de  $8 \text{ m}$  (Figura 49).

Figura 49. Relación teórica entre factores asociados a la salida de vehículos de la calzada.



Fuente: Chalmers University of Technology, 2003.

Existen algunos estudios encaminados a determinar los límites tolerados por el cuerpo humano, en términos de velocidades de impacto contra obstáculos rígidos, observándose que impactos a más de  $40 \text{ km/h}$  están relacionados con graves lesiones, incluso mortales (Chalmers University of Technology, 2003). Tomando como referencia que la salida de un vehículo de la calzada se comporta en esencia como un movimiento uniformemente acelerado, se puede aplicar la siguiente ecuación para calcular la distancia recorrida por un vehículo errante antes de alcanzar una velocidad de  $40 \text{ km/h}$  así como la distancia lateral respecto al borde de la calzada (ecuación).

$$s = \left( \frac{v_0^2 - v_f^2}{2a} \right) \text{sen} \alpha = \left( \frac{v_0^2 - v_f^2}{2\mu g} \right) \text{sen} \alpha$$

Donde:

- $S$  = distancia lateral respecto al borde de la calzada para trayectoria de vehículo errante (m)
- $v_0$  = velocidad estimada de salida de calzada (m/s)
- $v_f$  = velocidad final del vehículo errante =  $40 \text{ km/h} = 11.10 \text{ m/s}$ .
- $a$  = desaceleración del vehículo errante ( $\text{m/s}^2$ )
- $\mu$  = coeficiente de fricción

$g$  = aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$\alpha$  = ángulo de salida del vehículo errante respecto al borde de la calzada (grados)

El dimensionamiento teórico de la zona de seguridad de márgenes contiene algunas suposiciones básicas, tales como: las salidas del vehículo se producen sin maniobras súbitas de frenado o cambio de dirección, la inclinación transversal de los márgenes es nula y el coeficiente de fricción corresponde a un caso de un material deslizante tipo césped.

Tomando como referencia dichas condiciones de salida, se pueden calcular las distancias de frenado del vehículo así como la distancia lateral respecto al borde de la calzada (Tabla 16). Los valores mostrados en la Tabla 18, únicamente constituyen una referencia para la determinación de la anchura de la zona de seguridad de márgenes, siendo éstos valores generalmente mayores a los necesarios en la práctica.

*Tabla 18.* Estimación de anchuras teóricas de la zona de seguridad en márgenes (m).

| Ángulo de salida (°) | $\mu$ | Velocidades de salida de vehículo errante (km/h) |    |    |    |    |     |     |     |
|----------------------|-------|--|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|                      |       | 50   | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 120 | 130 |
| 5                    | 0.3   | 1  | 2  | 4  | 5  | 7  | 12  | 15  | 17  |
| 10                   | 0.3   | 2  | 5  | 8  | 11 | 15 | 24  | 29  | 35  |
| 15                   | 0.3   | 3  | 7  | 11 | 16 | 22 | 36  | 43  | 52  |
| 20                   | 0.3   | 4  | 9  | 15 | 22 | 29 | 47  | 57  | 69  |
| 25                   | 0.3   | 5  | 11 | 18 | 27 | 36 | 58  | 71  | 85  |
| 30                   | 0.3   | 6  | 13 | 22 | 31 | 43 | 69  | 84  | 100 |

Fuente: Chalmers University of Technology, 2003.

De lo expuesto, es difícil definir el valor recomendable en el ancho de la zona de seguridad en márgenes, debido en parte a la dificultad existente en reproducir las diferentes condiciones que se presenta. Sin embargo el diseñador debe tomar como mínimo las siguientes variables de análisis: la velocidad del proyecto, la inclinación transversal de los márgenes, el tipo funcional de la carretera, la intensidad del tráfico y el trazo de la carretera.

### 3.7.5 LA ZONA DE SEGURIDAD

La somnolencia, las distracciones y el consumo de alcohol o de otras sustancias psicotrópicas por parte de sus conductores hacen que algunos vehículos se salgan de la plataforma del camino, destinada a su circulación segura. Actualmente, se pretende reducir los daños que de ello se derivan instalando una barrera de seguridad, sin preocuparse mucho del diseño de los márgenes del camino.

Una alternativa a este planteamiento, poco desarrollada en nuestro país, sería la de lograr que el vehículo pudiera circular por una zona de seguridad cuyas características evitaran su vuelco o su choque con algún obstáculo peligroso, posibilitando además la recuperación de su control.

La zona de seguridad se mide a partir del borde de la calzada: por consiguiente, incluye la berma. La anchura de la zona de seguridad se define en función de:

- ✓ La clase de la vía (calzada única o calzadas separadas).
- ✓ El trazo en planta.
- ✓ En las curvas, la situación de la margen respecto de la plataforma.
- ✓ La pendiente transversal del margen.
- ✓ La gravedad del accidente que se pretende evitar.

Sobre todo en las curvas, se deberá disponer de una zona de seguridad que permite alejarse de la plataforma (siempre que el ángulo de choque, con la barrera no resulte excesivo) eventuales barreras, y así reducir la frecuencia de los choques con ellas. Para acotar en planta un límite de la zona de seguridad se puede establecer en cada punto de una curva un vector tangente a la trayectoria inicial, cuyo módulo esté representado por la distancia de detención a partir de la velocidad en dicho punto, movilizándolo con un rozamiento con el terreno del orden de 0.5 (correspondiente al caso de ruedas bloqueadas, es el mismo orden de magnitud que el análisis del lecho de frenado).

### **3.7.6 DESAGÜE Y DRENAJE**

La configuración que imprimen los dispositivos de desagüe longitudinal al margen de una vía con talud, tiene repercusiones en la siniestralidad de los vehículos que abandonen la plataforma.

Es frecuente diseñar unas cunetas profundas y de taludes tan inclinados, que necesitan dotarlas de barrera de seguridad. Para evitarlo, hay que limitar la inclinación de las cunetas a 1V/5H, y el empleo de cunetas de seguridad de forma parabólica.

La recuperación del control de un vehículo que franqueara la cuneta se facilitaría aún más si, por el lado del talud, se dispusiera una zona revestida (de paso, este revestimiento de cuneta estabiliza al pie del talud, que es la zona más solicitada) de inclinación no sea superior a 2V/3H y de anchura no sea inferior a la de un vehículo (2.10 m).

La capacidad de cunetas bien conservadas suele ser suficiente para evacuar el agua que recogen sin rebasar los niveles admitidos. El recurso a un colector al cual desagüe la cuneta debería ser excepcional. No sólo resulta caro de construir y aún más de conservar; y sus pozos, cajas, rejillas, etc. representan un riesgo para los vehículos que se salgan de la plataforma. Donde se dispone un drenaje del pavimento por medio de capas o mantos drenantes que desaguan a unas zanjas drenantes longitudinales, éstas se suelen disponer bajo las cunetas. Esta práctica requiere la impermeabilización de la cuneta y la construcción de un colector, para evitar que la escorrentía superficial se infiltre por el fondo de la cuneta o penetre por las cajas de registro del dren. Todo esto se puede evitar si se dispone de zanja drenante (y sus cajas) en la berma, contigua a ésta.

#### **3.7.6.1 Pasos a través de la cuneta**

Los taludes de los pasos a través de la cuneta están situados transversalmente a la dirección de la circulación, y resultan peligrosos para los vehículos fuera de control, pues el choque con ellos es frontal.

Sería deseable que esos taludes tuvieran una inclinación máxima de 1V/10H (sobre todo donde las velocidades sean elevadas); pero las limitaciones del espacio y los problemas del drenaje superficial a menudo hacen que ese límite estén en una

relación de 1V/6H. De la obra de desagüe deben proveerse con una rejilla transitable, abatible para facilitar su limpieza.

### **3.7.7 APOYOS DE OBRAS DE PASO SOBRE EL CAMINO**

Es habitual situar estos apoyos lo más cerca posible a la plataforma, para disminuir la luz del tablero, y proteger a los usuarios mediante barreras de seguridad (preferentemente de hormigón).

Si se desea mantener la zona de seguridad en las inmediaciones de los apoyos de una obra de paso, aumentar la luz del tablero y evitar la presencia de pilotes en el separador central (o de estribos junto a la plataforma), no representa más que un problema económico, en el que se deben valorar explícitamente los costos debidos a la siniestralidad. Las barreras de seguridad de hormigón que protegen a los usuarios del choque con un pilote se pueden acercar más a ésta y disponer paralelas al eje del camino, cobijando sus extremos con unos amortiguadores de impacto y añadiendo unos lechos de frenado perimetrales (en este caso, el tacón de la barrera de hormigón debe estar algo más bajo, pues los vehículos se pueden hundir en el lecho del frenado); todo ello para complementar el sistema de contención de vehículos. Es un separador central muy amplio, un pilote puede considerarse un obstáculo menor que en un separador central estricto.

En una curva, un pilar en el centro del separador central puede perjudicar la visibilidad de los conductores que circulen por la calzada exterior, por lo que una alternativa sería descentrarla hacia la parte interior del separador central.

Los estribos contiguos a la plataforma no sólo perjudican la visibilidad disponible en una curva a la derecha, sino que también reducen (y aun anulan) la zona de seguridad. Los muros de acompañamiento representan un peligro especial, pues un vehículo que abandone la plataforma chocará frontalmente con ellos.

Sección. Resultan mejores los estribos abiertos (los que tienen un talud entre la plataforma y el apoyo del tablero): la visibilidad es mayor, y el talud puede no representar un obstáculo peligroso si no es muy inclinado. Es habitual proteger a los usuarios del choque con un estribo mediante una barrera de seguridad. Igual que en los pilotes, se pueden complementar con unos lechos de frenado cuya anchura se puede reducir hasta 1,50 m.

Los lechos de frenado no se pueden disponer contiguos a la vereda sin que se interponga una berma; de lo contrario el material del lecho podría invadir la plataforma.

### **3.7.8 SOPORTES DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL**

Los elementos que sustentan la señalización deberían estar suficientemente alejados de la plataforma, de manera que se mantuviera la zona de seguridad. Sin embargo, las señales y los carteles sustentados no pueden estar muy alejados transversalmente sin comprometer su visibilidad ni su legibilidad.

Los perfiles de los soportes de las señales y de los carteles laterales situados dentro de la zona de seguridad pueden reducir su masa a costa de aumentar su número. Además, deberían disponer de fusibles estructurales que se rompieran en el caso de un choque.

### **3.7.9 SOPORTES Y POSTES SOS**

Los soportes de iluminación se suelen diseñar contiguos a la berma para mejorar el alcance de la luminaria. Esto obliga a disponer una barrera de seguridad delante de

ellos. Alejarlos de la plataforma aumenta la seguridad vial; pero supone colocar una luminaria de mayor alcance, o diseñarlos con un vuelo mayor, lo que es más costoso. Eliminar la barrera, en cambio, reduce el costo. Los postes SOS también se disponen contiguos a la berma, lo cual representa un peligro tanto para quienes los utilizan como para los vehículos que puedan chocar con éstos. Su utilización no se ve perjudicada si se disponen alejados de la vereda.

### **3.7.10 LUMINARIA**

No hay actualmente estudios que indiquen a partir de qué longitudes y anchuras se puede evitar la presencia de luminarias en el separador central, en correspondencia con obras de paso o de desagüe. El problema de seguridad está relacionado con que un vehículo fuera de control llegue a derribar la luminaria o choque con el muro que lo limita, incluso esquivando una barrera de seguridad. Una configuración inadecuada de esta última puede representar un peligro adicional, sobre todo en el caso de un choque frontal con ella.

Sería más apropiado disponer una barrera longitudinal, y además unos lechos de frenado justamente delante de los huecos. Se puede restituir la continuidad del separador central a través de la luminaria, disponiendo unas rejillas enrasadas que deben estar diseñadas, para soportar el peso de los vehículos pesados; esto reduce esta solución a los casos en los que las dimensiones de la luminaria son pequeñas.

## **3.8 LOS ACCIDENTES Y EL SEPARADOR CENTRAL**

### **3.8.1 CRITERIOS PARA FIJAR LA ANCHURA DEL SEPARADOR CENTRAL**

Del mismo modo, la provisión de medianas tiene un efecto marcado en las tasas de accidentes, porque los flujos de vehículos opuestos se separan; Esto es, por supuesto, otra característica de la carretera. El separador central se fijara teniendo en cuenta el radio en planta, la visibilidad de parada (considerando los sistemas de contención de vehículos) y la previsión de incrementar el número de carriles, en su caso, así como cualquier otra consideración que pueda ser necesario tener en dicho estudio (apoyos de obras de paso y de señalización, excavaciones y rellenos, sistema de drenaje, iluminación, sistema de contención de vehículos, costo de expropiaciones, etc.).

En las zonas urbanas, las medianas deben, en la medida de lo posible, ser lo suficientemente anchas como para proteger un vehículo que da vuelta o cruza. Las "medianas anchas" en el estudio anterior eran aquellas que cumplían este criterio.

En las zonas rurales, deben proporcionarse amplias medianas para permitir que el conductor de un vehículo errante recupere el control. Pak-Poy y Kneebone (1988, pág. 129) han sugerido que "con una anchura media de 9 m, entre el 70 y el 90 por ciento de los vehículos que invaden la mediana no llegarían a la otra calzada". Esto apoya la conclusión alcanzada en varios estudios empíricos en los Estados Unidos (Federal Highway Administration, 1982. También se ha observado que la frecuencia de las aberturas medianas afecta a los accidentes, y las tasas de accidentes aumentan a medida que aumenta el número de aberturas medianas (Cirillo, 1993).

Las características del área de implantación de elementos de seguridad, deberán permitir la instalación de los sistemas de contención de vehículos, de la señalización vertical y del sistema de drenaje. Eventualmente, además de los ramales de transferencia si existiesen, deberá ser posible ubicar los siguientes elementos: pilas de obras de paso, soportes de iluminación y pantallas antiruido.

El ancho del área de implantación de elementos de seguridad deberá permitir, si fuese necesario y previsible, la ampliación de carriles a expensas de ella.

Las previsiones de ampliación del número de carriles a expensas del separador central, fundamentadas en alcanzar determinados niveles de servicio en la hora de proyecto del año horizonte, en muchos casos no resultan determinantes para fijar su anchura:

- ✓ La prognosis que proporcionan los estudios de tráfico se encuentra sujeta a multitud de incertidumbres difíciles (y aun imposibles) de valorar cuando se llevan a cabo dichos estudios. A menudo puede haber necesidad de ampliar la capacidad de una vía antes de que llegue el año horizonte.
- ✓ Puede no ser conveniente realizar la ampliación a expensas del separador central, sobre todo si ello conduce a que ésta quede de anchura estricta. Los demás criterios actuales para elegir la anchura del separador central se pueden concretar en:

**Criterio técnico:** La visibilidad de parada deberá ser superior a la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto del correspondiente tramo, en cuyo caso se dice que existe visibilidad de parada.

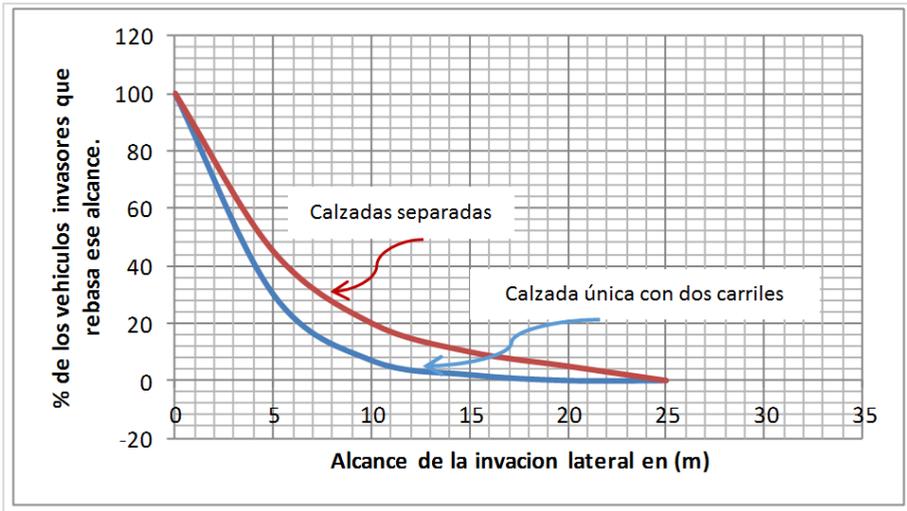
Si en una autopista se efectúa una ampliación de carriles por el separador central y como consecuencia de ello también disminuye la visibilidad de parada en el carril ampliado respecto a la existente en el resto de los carriles, se podrá mantener la limitación de velocidad anterior a la ampliación en toda la calzada cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- ✓ La visibilidad de parada en el nuevo carril no será menor que la distancia de parada correspondiente a una velocidad de veinte kilómetros por hora (20 km/h) inferior a la existente antes de la ampliación.
- ✓ La capa de rodadura de dicho carril deberá tener características de rozamiento entre neumático y pavimento superiores a las exigidas por la Normativa vigente.

Para garantizar la existencia de visibilidad de parada cuando se efectúen ampliaciones por el separador central en el diseño inicial de una carretera de calzadas separadas, se analizarán las consecuencias de futuras ampliaciones con el fin de considerar la posibilidad de proyectar un separador central con un ancho superior al mínimo establecido.

La invasión lateral de los márgenes por parte de los vehículos fuera de control, es de esperar que cuanto más ancha sea el separador central, menos serán los vehículos capaces de cruzarla. Para evitarlo, la estrategia seguida consiste en reducir su anchura y disponer barreras de seguridad (Figura 50). En condiciones ordinarias, aumentar la anchura del separador central no supone un grave perjuicio económico ni ambiental.

Figura 50. Invasión lateral de los márgenes



FUENTE: Cooper, P. (1980) "Analysis of Boadside Encroachments — Single Vehicle Run-Off-Road Accident Data Analysis for Five Provinces," B. C. Research. Vancouver, British Columbia, Canadá.

### 3.8.2 CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD EN EL SEPARADOR CENTRAL.

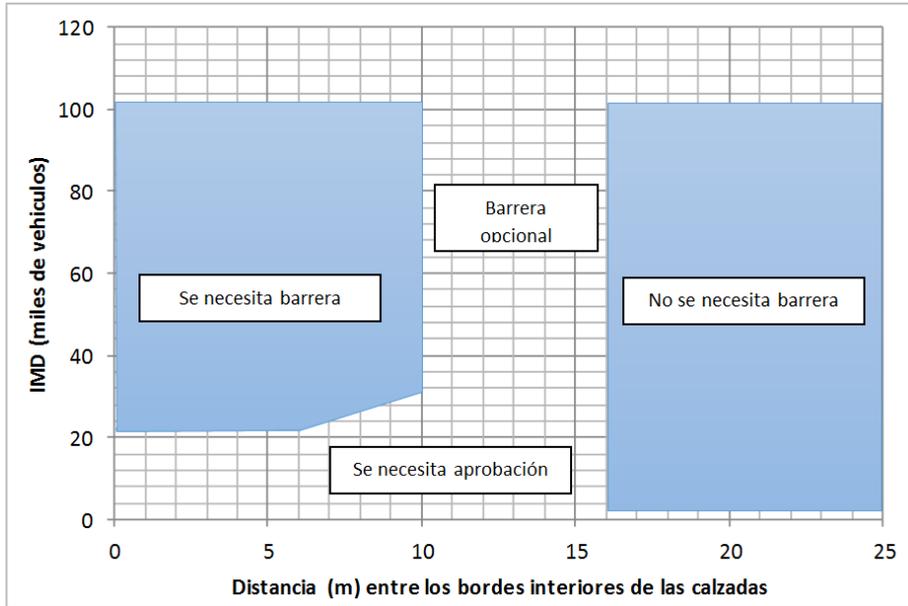
El motivo principal de la instalación de una barrera de seguridad en el separador central es la práctica eliminación de los accidentes por cruce de ésta: un tipo de accidente que muy a menudo tiene un gran impacto. Sin embargo, la propia barrera constituye un obstáculo; los conductores de alguno de los vehículos que chocan con ella podrían haber recuperado el control si la barrera no se hubiera interpuesto en su trayectoria.

Así que la decisión de instalar una barrera en el separador central es el fruto de un equilibrio entre:

- ✓ La necesidad de reducir la frecuencia de los accidentes por cruce del separador central. Un esperado aumento de la frecuencia de los choques con la propia barrera, que puede devolver algún vehículo a la plataforma propia.
- ✓ Si hay una barrera de seguridad al borde de la berma interior, los vehículos se apartarán de ella, reduciendo las distancias transversales entre ellos.
- ✓ También hay que considerar los costos de construir y mantener las barreras; el hecho de que reducen el deslumbramiento y, en general, son apreciadas por los conductores; y las necesidades de acceso de los equipos de conservación a las cunetas o taludes situados detrás de ellas.

Este equilibrio puede haberse perturbado por considerar que no todas las víctimas son de igual importancia. Así, puede resultar legítimo pensar que, en un choque por cruce del separador central, alguna de las víctimas son totalmente inocentes; mientras que en un choque con la barrera el conductor puede no merecer tal consideración.

Figura 51. Criterio de establecimiento de barreras de seguridad en separadores centrales.



FUENTE: AASHTO (2002) Roadside Design Guide.

El resultado de este equilibrio es un criterio de instalación de barreras, como el representado en la Figura 51. Resulta evidente que en ella se piensa que no hace falta barrera donde el separador central tenga una anchura mayor de 15 m; y que quizás no haga falta si el IMD es inferior a 20 000 vehículos, o la anchura del separador central está comprendida entre 10 y 15 m.

Desde el punto de vista de la seguridad vial, resulta más efectivo disponer una anchura mayor en el separador central que recurrir a paliar, mediante una barrera de seguridad, el efecto de un aumento del riesgo de invasión de la calzada opuesta.

Desde un punto de vista técnico se favorece el desarrollo de trazos independientes para cada calzada; un aspecto que incluso potencia la dificultad de franquear el separador central y redonda también en una mejora económica.

Otra posibilidad para evitar la invasión de la calzada contraria puede ser la instalación de un lecho de frenado para reducir la velocidad de un vehículo que penetre en el separador central, su eficacia quedó demostrada también en los circuitos de velocidad. Además, no presenta problemas desde el punto de vista de la visibilidad en las curvas a la izquierda; y resulta más económico que una barrera de seguridad.

### 3.8.3 EL CASO DE LAS SEPARADORAS CENTRALES ESTRUCTAS

En el caso de que el separador central sea estricto, se recomienda:

- ✓ No es imprescindible que los bordes interiores de ambas calzadas estén a la misma cota, lo cual puede afectar en este caso a la visibilidad y al desagüe.
- ✓ Separar las calzadas con una única barrera de seguridad de hormigón, con dos caras, dispuesta excéntrica en las curvas para lograr la máxima

capacidad posible en la cuneta contigua a la calzada exterior, y mejorar la visibilidad.

- ✓ Prolongar la plataforma (con su inclinación transversal) de la calzada interior, disponiendo además una berma mínima de 0,50 m.
- ✓ Por el lado de la calzada exterior, disponer una berma-cuneta con una inclinación no superior a la máxima compatible con la seguridad de un vehículo (1V/5H), sin que sus dimensiones varíen con el peralte.
- ✓ Por la dificultad de su mantenimiento, eliminar los colectores longitudinales, los cauces con sumidero continuo, y las ranuras o pasos bajo la barrera de hormigón.
- ✓ Disponer unas cajas en los puntos de máxima capacidad de la berma-cuneta, para desaguar a un colector transversal que salga al talud del relleno, o a unas cajas de la cuneta de desmonte protegida por una rejilla.
- ✓ Donde sea preciso disponer un drenaje del pavimento para recoger infiltraciones, debe ir al borde de la berma, con cajas pisables de 0,40 m x 0,40 m para limpieza cada 50 m. El dren desaguará transversalmente al mismo colector que la cuneta.

#### **3.8.4 PASOS A TRAVÉS DEL SEPARADOR CENTRAL**

Los pasos a través del separador central no deben representar una discontinuidad en las barreras de seguridad que se hayan dispuesto antes y después del paso para evitar el cruce del separador central. Además, el inicio de una barrera de seguridad tras una discontinuidad exige la protección de los usuarios frente a los impactos frontales contra su extremo correspondiente con el paso, las barreras de seguridad suelen ser desmontables, para facilitar la puesta en servicio de aquél. A menudo se acercan al eje del separador central, de manera que haya sitio fuera de la plataforma para los equipos que las montan y desmontan. La variación de su alineación en planta se debe hacer con suavidad, de manera que no se exceda la ampliación máxima de 1 m por cada 20 m de recorrido que exige. En los extremos de un paso a través del separador central, la restitución de la continuidad longitudinal de la cuneta no debe dar lugar a la presencia de elementos que puedan constituir un peligro en el caso de un choque frontal con ellos. Se pueden aplicar soluciones análogas a los pasos a través de la cuneta.

#### **3.8.5 ELEMENTOS LONGITUDINALES CONTINUOS EN EL SEPARADOR CENTRAL**

Tanto las barreras situadas en el separador central como las plantaciones que se disponen como adorno o para paliar el deslumbramiento se deben diseñar (tipo y posición) y mantener de manera que se eviten reducciones de la visibilidad que incidan en la seguridad. Así, en una curva conviene disponerlas por el lado interior del separador central.

A partir de una determinada anchura, se puede prescindir de los dispositivos para paliar el deslumbramiento. Lo mismo ocurre si la intensidad de la circulación nocturna es tan elevada que no hay ocasión de circular con el alumbrado de vía: caso típico de los accesos urbanos. En el proyecto, se deben tener en cuenta explícitamente los desniveles que se puedan producir en el caso de una ampliación del número de carriles, de manera que se evite la necesidad de disponer de muros.

Los muros paralelos a la vía situados en sus márgenes o en el separador central deben estar alineados, de manera que se eviten reducciones de la visibilidad que incidan en la seguridad. Asimismo, si pudieran ser alcanzados por un vehículo fuera

de control, su parte inferior debe estar protegida por una barrera de seguridad o por un lecho de frenado, o mejor tener la forma de una barrera de seguridad rígida.

### 3.8.6 OBSTÁCULOS AISLADOS EN EL SEPARADOR CENTRAL

Los obstáculos aislados tienen una elevada rigidez y poca capacidad de absorción de energía frente a un choque con un vehículo. Un dispositivo para la contención de vehículos (barrera de seguridad, amortiguador de impacto, lecho de frenado) intercala un elemento de menor rigidez y con capacidad para absorber una parte de la energía del choque. Pero estos dispositivos pueden contribuir a reducir la visibilidad y aumentar la anchura del obstáculo (y por tanto la exposición al riesgo); y siguen representando un peligro en caso de accidente. Se pueden diseñar directamente estos elementos aislados de manera que, sin merma de sus funciones, por sus características o por su posición no constituyan un peligro o, en todo caso, éste sea menor.

### 3.9 LOS ACCIDENTES Y LAS NARICES EN DIVERGENCIAS

Una clase especial de margen la constituyen las narices en una divergencia o salida: precisamente un sitio donde se suelen producir maniobras de última hora. En ellas la inclinación transversal debe ser la menor posible, pues constituyen una parte importante de la zona de seguridad. También conviene:

- Que la superficie pavimentada de la nariz sea la mayor posible.
- Crear una amplia zona de seguridad tras la nariz, explanando el terreno.
- Disponer un lecho de frenado. En una nariz se debe evitar la presencia de:
  - Cunetas y otros elementos del desagüe superficial que no sean franqueables por un vehículo; especialmente los que sobresalgan del terreno (como las molduras), y los que representen una discontinuidad en su superficie (como las cajas y pozos no cubiertos).
  - Cualquier tipo de obstáculo aislado (pila, soporte, cartel lateral, árbol, etc.).
- El comienzo de las barreras de seguridad situadas junto a las bermas: la del tronco (que se prolonga en la defensa del apoyo de un paso superior, o en el pretil de un paso inferior), y la del ramal (que se prolonga en la defensa del desnivel entre ambas vías). La nariz se debería situar suficientemente alejada tanto de la obra de paso como del desnivel que necesita la implantación de las barreras.

Donde resulte inevitable la presencia de alguno de estos elementos de riesgo, los usuarios deben estar protegidos por un amortiguador de impactos; pero no se debe olvidar que un choque con él representa también un accidente.

#### 3.9.1 ISLAS EN ENLACES

Las isletas de gran tamaño que quedan en el interior de los ramales del tipo lazo, entre ramales situados en el mismo cuadrante, o entre éstos y el tronco, suelen estar a un nivel distinto de la rasante de esas vías, requiriendo la implantación de barreras de seguridad (si están más bajas), o reduciendo la visibilidad (si están más altas). Además de mejorar el aspecto del enlace, su seguridad vial aumenta si se explanan estas islas, conformando unas superficies regladas cuyas generatrices se apoyen en las vías perimetrales de la isla. Desaparece la necesidad de disponer barreras de seguridad, y aumenta la visibilidad.

### 3.10 LOS ACCIDENTES Y LA ILUMINACIÓN

Aproximadamente el 60% de todos los accidentes fatales de tránsito ocurren por la noche, cuando los volúmenes de vehículos y peatones son más bajos. Al tomar como base el kilometraje, los índices de accidentes nocturnos son el doble de los diurnos en las ciudades y cerca del triple en las zonas rurales.

Aunque los efectos de la fatiga, intoxicación y otros factores que podrían incrementar el riesgo de viajar de noche, no han sido completamente evaluados, es indiscutible que la visibilidad reducida contribuye a estas diferencias en los índices de accidentes. La iluminación artificial es un medio efectivo ya probado para reducir los accidentes nocturnos de tránsito.

Esto sugiere que la iluminación, basándose en seleccionar los lugares, es tan efectiva como la iluminación continua. La experiencia acumulada hasta la fecha, sugiere que el mayor beneficio viene de dar nivel mínimo de iluminación y que la superficie del pavimento tiene un papel importante en el nivel de iluminación que se requiere.

Es necesario que los ingenieros responsables diseñen y construyan, con adecuada iluminación principalmente, aquellos tramos que atraviesan zonas rurales, urbanas, túneles, puentes y otros elementos de la infraestructura vial donde hubiera peligro de accidentes generados por la oscuridad, y comprende básicamente lo siguiente:

- ✓ Definición de términos
- ✓ Tipos de iluminación
- ✓ Distribución lateral de la iluminación
- ✓ Aplicaciones típicas de iluminación (Pasos de nivel ferroviario, cruces peatonales, iluminación de túneles).
- ✓ Mantenimiento de sistemas de iluminación
- ✓ Relación de la iluminación con el entorno

### 3.11 LOS ACCIDENTES Y LA SEÑALIZACIÓN - ELEMENTOS DE APOYO

El uso adecuado de la señalización es fundamental para el funcionamiento eficiente y seguro del sistema vial. Una buena señalización permite percibir a los conductores, de forma oportuna, cambios en el trazo de la vía y su aproximación a zonas de riesgo tales como curvas de radio reducido y tramos de visibilidad limitada. Fitzpatrick (2000) y Nodari (2003) indican los principios básicos para el uso de señales verticales.

- Localizar las señales verticales con suficiente antelación al punto de toma de decisión
- Proveer tiempo de respuesta
- Proveer información redundante, y evitar áreas donde la atención del conductor sea muy solicitada.

Odgen (1996), reporta estudios donde indican la reducción de frecuencia de accidentes entre 20 y 62 %, debido al uso adecuado de la señalización vertical; en cuanto a la severidad de los accidentes, se reportan decrecimientos de 29% de la tasa de fallecidos y 14% en la tasa de lesionados.

Las marcas en el pavimento son muy convenientes y oportunos para orientar y ordenar la circulación, aumentando notablemente el confort y la seguridad del tránsito, sobre todo en la noche.

### **Señalización Horizontal**

La demarcación y delineadores de las vías, para la reducción del número y severidad de los accidentes, son medidas de bajo costo y podrán ser consideradas para las funciones siguientes:

- ✓ Regular la circulación, indicando prioridades, prohibiciones o maniobras a ser desarrolladas.
- ✓ Canalizar el flujo por el interior de la vía.
- ✓ Proveer de una guía visual lateral.
- ✓ Para influenciar el flujo y la velocidad de circulación.
- ✓ Estas podrán tomar la forma de la tradicional línea demarcada sobre el pavimento, tachas o delineadores.

#### **a. Demarcaciones**

Para asegurar la efectividad de las demarcaciones y símbolos desde el punto de vista de la seguridad, estas deberán cumplir con los siguientes aspectos:

- ✓ Permanecer visibles bajo todas las circunstancias, de día y de noche, lo cual requerirá que dispongan de un buen color, buena textura de contraste y buenas propiedades retrorreflectivas.
- ✓ Ser durables para evitar una mantención frecuente. Lamentablemente, esta característica no la satisfacen plenamente, ya que las demarcaciones al ser sensibles al tránsito, a las condiciones climáticas y al estado de la superficie de la calzada, requieren una mantención más frecuente que las otras señales.
- ✓ Ser resistentes al deslizamiento en calzadas con agua o húmedas.
- ✓ Ser diseñadas y aplicadas en la vía donde su mensaje sea claro, para ser comprendido por el usuario con suficiente anticipación para reaccionar y ejecutar la maniobra deseada.

#### **b. Tachas y Tachones**

Las tachas deben cumplir eficientemente dos funciones: guiar y alertar al conductor. Permiten realizar la demarcación, por si solas, mejorando la visibilidad especialmente cuando llueve o es de noche, gracias a su retrorreflectancia. Además, alerta a los conductores que se han salido de la pista. Se debe tener especial atención en que, su instalación no afecte la estabilidad de los vehículos de dos ruedas. Las principales características de estos elementos son:

- ✓ Visibles en todas las circunstancias;
- ✓ Durables.

Los tachones, por su parte, además de delinear, permiten controlar físicamente ciertos movimientos vehiculares. Las vías con varios carriles de circulación que no cuentan con separador central, son especialmente difíciles de cruzar de manera segura. Al ingresar a la calzada, el peatón queda muchas veces en medio de la vía totalmente desprotegido de los vehículos que transitan por ella.

### c. Delineadores

Los delineadores (delineador direccional, postes plásticos, etc.), tienen una aplicación particular para la seguridad, reforzando la demarcación en donde las características o singularidades de algún camino necesitan ser enfatizadas (por ejemplo curvas) o para marcar la plataforma de la carretera durante condiciones climáticas adversas (nieve o acumulación de barro). Las características requeridas más importantes para estos elementos serán:

- ✓ Deben estar confeccionados con materiales que no produzcan mayor daño al vehículo o a sus pasajeros ante un eventual impacto.
- ✓ Debe garantizar su visibilidad en condiciones climáticas adversas, sin requerir una mantención rigurosa.
- ✓ Resistencia al vandalismo y mal tiempo.

Con relación a la efectividad de las señales preventivas, se indican a continuación el resultado de un estudio anterior y otro posterior, que muestra una reducción de los accidentes en curvas.

Tabla 19. Accidentes en curvas diurno y nocturno

| Número de curvas estudiadas | Accidentes diurnos por año |         | Accidentes nocturnos por año |         |
|-----------------------------|----------------------------|---------|------------------------------|---------|
|                             | Antes                      | Después | Antes                        | Después |
| 52                          | 31.6                       | 17.4    | 63.2                         | 31.5    |

Fuente: Burrus J., Syrek, D. y Gurnett, G. Efectos de diversos dispositivos preventivos en los accidentes en curvas.

Con relación al uso de señales restrictivas que indiquen la velocidad máxima de operación en curvas, estas han demostrado su efectividad en aquellos casos en donde el conductor no pueda advertir situaciones peligrosas.

### **Señalización Vertical**

La señalización de tránsito vertical (reguladora o reglamentaria, preventiva e informativa) es fundamental para la seguridad vial, ellas indican a los usuarios situaciones o localizaciones potencialmente peligrosas. Las señales deben estar diseñadas, localizadas y a su vez deberá contar con un adecuado plan de mantenimiento, de tal modo que permitan alertar sobre situaciones de peligro y que puedan ser leídas y entendidas fácilmente, para guiar a los conductores con un máximo de seguridad. Como ejemplo de señal preventiva tenemos al "Chevrón" que permiten advertir geometrías de difícil lectura.

- ✓ Tener buena visibilidad, principalmente en condiciones ambientales adversas (ejemplo neblina, lluvia, etc.).
- ✓ Estar provisto de material retrorreflectante, para reforzar su visibilidad cuando existe poca luz solar.
- ✓ Ser mantenidos adecuadamente para asegurar su efectividad en el tiempo.
- ✓ Visibilidad de delineadores en la noche.

Sin embargo el uso incorrecto de las señales, por parte de las autoridades competentes, causa confusión e incentiva el falta de respeto por las mismas.

### 3.12 LOS ACCIDENTES Y LOS CRUCES CON VÍAS FÉRREAS

Los accidentes en los cruces de carreteras con vías férreas, han sido materia de interés debido al tipo de accidentes y sus saldos en la pérdida de vidas y bienes. A pesar de que los accidentes en estos cruceros son solamente un porcentaje menor del total de accidentes, arrojan un alto porcentaje de personas muertos y heridos.

Para mejorar las condiciones de todos los cruceros es necesario proporcionar una adecuada distancia de visibilidad, tomando en cuenta la velocidad de los trenes y de los vehículos sobre la carretera. Otra manera de incrementar la seguridad se basa en la implementación de pasos a desnivel.

Los pasos a nivel con líneas ferroviarias son intersecciones donde los vehículos y/o peatones cruzan las vías del tren al mismo nivel, y por tanto una intersección de esta naturaleza es un área de conflicto potencial, es decir, dos usuarios no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo.

Por tales razones, el diseñador de intersecciones, deberá interactuar estos tres elementos esenciales: seguridad, accesibilidad y funcionalidad, que deben basarse en los siguientes conceptos:

- ✓ Clausura de cruces con utilización nula.
- ✓ Mejora de seguridad, accesibilidad y comodidad de cruces existentes.
- ✓ Conversión de cruces existentes a desnivel.
- ✓ Adaptación de tecnología innovadora.
- ✓ Uso de barreras de seguridad.

La misma deberá comprender como mínimo:

- ✓ Diseño de cruces ferroviarios
- ✓ Geometría de cruces ferroviarios
- ✓ Visibilidad de cruces ferroviarios
- ✓ Iluminación de cruces ferroviarios
- ✓ Superficie del cruce
- ✓ Intersecciones adyacentes
- ✓ Entradas adyacentes; y
- ✓ Estacionamientos

### 3.13 LOS ACCIDENTES Y LAS INTERSECCIONES

En los cruces o intersecciones, los conductores afrontan una multitud de opciones relacionadas con la vía, velocidad, y trayectoria que, en combinación con numerosos movimientos del tránsito, complican la tarea del conductor y aumentan considerablemente la potencial ocurrencia de un accidente. Dado que gran parte de los accidentes de tránsito ocurre en intersecciones, la planificación de la red vial debe tratar este tema con especial atención. En particular, en el caso interurbano se recomienda minimizar el número de intersecciones. En general, la elección del diseño y la regulación de intersecciones, incluyendo los cruces ferroviarios, deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Minimizar el número de potenciales puntos de conflictos en intersecciones. Por ejemplo las intersecciones en "T" tienen menor tasa de accidentes que los

cruces tradicionales, idealmente no deberían construirse intersecciones con muchos accesos (más de cuatro).

- ✓ Asegurar buena visibilidad en las intersecciones oblicuas con ángulos menores a 90° (o en "Y"). Ellas tienen mayores tasas de accidentes, debido a que restringen la visibilidad lateral.
- ✓ Evitar problemas de percepción de las intersecciones, ya que deben ser lo suficientemente visibles y evidentes para los conductores. Para evitar que una impresión visual de la intersección engañe al conductor, es necesario reforzar la intersección por medio de señalización.
- ✓ Considerar adecuadamente el giro de los vehículos disponiendo, por ejemplo, de una pista protegida para el giro de vehículos en una intersección (pista de giro).
- ✓ Restringir las aperturas de separador central en vías de doble sentido de tránsito. Con ello, se evitan los giros a la izquierda y en U, lo cual mejora las condiciones de seguridad.
- ✓ Utilizar un adecuado sistema de control en intersecciones que favorece la seguridad.
- ✓ Habilitar cruces de calzada seguros. En aquellos lugares en donde se justifican, se deben proveer facilidades para flujos peatonales y de ciclistas, mediante la utilización de refugios e islas.

### 3.14 LOS ACCIDENTES Y LA SUPERFICIE DE RODADURA.

Las condiciones estructurales del pavimento y la textura de su superficie, tienen un efecto significativo en la seguridad vial. Por ello el pavimento debe ser diseñado y construido de forma adecuada para los diferentes vehículos que usan la vía, para las diferentes condiciones climáticas, así mismo se debe garantizar las condiciones técnicas durante su vida útil.

Los accidentes más comunes causados por el deslizamiento de los vehículos son los accidentes traseros y transversales y las salidas de las calzadas en las curvas horizontales. Noradi (2003) indica la reducción de 25 a 54 % de los accidentes cuando se adopta texturas superficiales adecuadas, proporción que aumenta hasta 47 – 83% en el caso de los accidentes que acontecen con el pavimento mojado.

#### a) Estado del pavimento:

- ✓ Pavimento deslizante en curvas propicia salidas de vía, en intersecciones puede provocar alcances, y antes de pasos de peatones, atropellos.
- ✓ Resistencia al deslizamiento en calzada mojada y capacidad de desagüe (se da con una correcta pendiente transversal y que no se haya producido ahuellamiento).
- ✓ Defectos de la regularidad superficial dificultando la conducción.
- ✓ En tramos de mal estado se da la disminución de la velocidad.
- ✓ La mejora del estado del pavimento en tramos sinuosos sin mejoras de la geometría puede provocar un aumento del número de accidentes
- ✓ Cambios de pavimento en zonas de alta demanda de adherencia: en curvas, en narices de ramales de salida.

## b) Superficie del pavimento

En este contexto, desde el punto de vista de la seguridad de tránsito se puede recomendar que la superficie de rodadura tenga:

- ✓ Suficiente microtextura, la cual debe ser mantenida durante toda la vida útil. Esto significa lograr una adecuada resistencia al pulido y al desgaste, considerando el flujo vehicular que operará en la vía, con lo cual se logra una mejor adherencia, producto de una adecuada selección de los materiales que componen el pavimento (áridos y ligantes).
- ✓ Suficiente macrotextura, especialmente importante en zonas de curvas horizontales y en vías de alta velocidad, que puede obtenerse, por ejemplo, a través de una adecuada selección del tamaño máximo y de la granulometría del árido o con un tratamiento superficial como un raspado o cepillado del concreto, el que puede ser aplicado durante la construcción u operación de una vía.
- ✓ Mínima megatextura, la cual se ve influenciada por los métodos de puesta en obra y la homogeneidad de los materiales utilizados como capa de rodadura. Los métodos de compactación ayudan a reducir la megatextura. A largo plazo, no es esperable la reducción de la megatextura bajo la influencia del tránsito. Por el contrario, debido a las cargas dinámicas del tránsito, la megatextura sufrirá un incremento apreciable.

## c) Uniformidad y Perfil del pavimento

Los defectos en el perfil longitudinal o transversal pueden causar la pérdida de control de los vehículos (especialmente los de dos ruedas), en particular cuando existe acumulación de agua. Para ello se deben evitar las irregularidades longitudinales. El perfil transversal debe ser revisado periódicamente ya que pueden presentar irregularidades por la deformación producida por la circulación de vehículos pesados, abrasión por los neumáticos de tracción, o pistas estrechas en las cuales los neumáticos de los vehículos tienden a seguir la misma trayectoria o rastro.

### 3.15 LOS ACCIDENTES Y LOS PUENTES

Durante el diseño de un puente los proyectistas de puentes deben asumir la responsabilidad de proveer a los usuarios diseños seguros, desde el punto de vista estructural y operacional. Hay que dar consideración a los detalles que disminuyan las colisiones, muertes y lesiones, como a las cargas u otras variables de diseño o construcción relacionadas con la seguridad estructural. A continuación, algunos elementos relevantes.

#### 3.15.1 SEGURIDAD VIAL EN LOS ACCESOS

Se evalúan los accesos del puente, ya que son una parte fundamental en la evaluación de seguridad vial. En muchos casos la seguridad vial se vuelve más crítica en los accesos que en el propio puente. Los aspectos más importantes a considerar son:

**Sentido del acceso:** Los accesos deben ser muy bien identificados, ya sea en un mapa o croquis, con coordenadas de GPS, con puntos cardinales, secciones de control, o puntos de referencia, de manera que sea claro para la persona o personas que utilicen esta información.

**Distancia de visibilidad:** Distancia medida en línea recta desde el punto donde el conductor visualiza el inicio del puente. Al ser una línea de observación, esta distancia no sigue necesariamente el alineamiento de la vía. En términos de seguridad, es importante que el puente tenga una distancia de visibilidad apropiada según las características del puente, de la ruta y la velocidad reglamentada. Entre mayor sea la distancia, el conductor puede prever ciertas acciones, tal como una reducción de la velocidad por presencia de obstáculos, peatones, ciclistas, o cualquier otra situación que se presente. Debido a la dificultad de medir la distancia exacta, esta podrá determinarse en forma aproximada según los siguientes rangos de opciones: < 50 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-300 m, 300-400 m, y > 400 m.

**Condición de la visibilidad:** La condición de la visibilidad se evalúa en forma visual, y se recomienda que se haga tanto de día como de noche. La evaluación nocturna es más crítica debido a la capacidad visual del ojo humano que se ve reducida en horas de la noche. En esta evaluación, la señalización vertical tiene gran relevancia, ya que sirve para alertar al conductor sobre la presencia de un puente. En una evaluación más detallada, se recomienda medir la retrorreflexión de las señales. El alineamiento vertical y horizontal de los accesos, y la presencia de obstáculos, son factores importantes a considerar para evaluar la condición de visibilidad, con tres clasificaciones: buena, regular y mala.

**Condición de línea de centro y de borde:** La condición de estas líneas se evalúa en forma visual, por lo que se recomienda hacer la inspección tanto de noche como de día. La condición se evalúa en buena, regular o mala.

**Condición de los captafaros:** Los captafaros son de gran importancia para guiar a los conductores principalmente en horas de la noche, por lo que se debe evaluar visualmente su condición. Es importante destacar que la evaluación debe llevarse a cabo en forma general; por lo tanto, se debe realizar una ponderación visual de la condición de todos los captafaros de un determinado acceso, y no cada dispositivo en forma individual.

### 3.15.2 ALINEACIÓN Y SECCIÓN TRANSVERSAL

Es común encontrar puentes que no son más que en una corta sección recta entre dos curvas opuestas. Los puentes no deberían presentar curvas más cerradas que el resto del tramo de vía de la cual forman parte. De igual manera, las bermas del puente deberían tener el mismo ancho que las bermas del resto del tramo. En el caso que los peatones y ciclistas usen la berma de la vía para realizar su viaje y que esa berma no cuente con una barrera física para escudar a los peatones y ciclistas de los vehículos motorizados, por lo general no será necesario colocar una barrera física entre la superficie del puente y la berma.

El alineamiento de una carretera es un aspecto muy importante en cuanto a seguridad vial, por ello es importante evaluar este aspecto en los accesos a los puentes. Al ser una evaluación visual, el alineamiento podrá ser suave, moderado o abrupto, tanto el vertical como el horizontal.

### 3.15.3 SUPERFICIE DE RODADURA DEL PUENTE

La superficie del puente debería cumplir con las mismas características de fricción y rugosidad que el resto de la vía.

### 3.15.4 LOSA DE APROXIMACIÓN

La losa de aproximación es un ejemplo de una estructura que ha fallado sistemáticamente a nivel internacional. Este fracaso se origina en defectos de diseño

y de construcción, como la falta de compactación de los terraplenes de aproximación, falta de adecuados sistemas de drenaje, filtraciones en las juntas, vacíos debajo de la losa de aproximación, entre otros.

Las consecuencias son que los vehículos realmente saltan en los accesos a los puentes y los conductores tienen que ser muy diestros para evitar perder su trayectoria. Por lo anterior, cualquier asentamiento debería ser corregido a la brevedad.

Las entradas a un puente representan una reducción de la zona despejada y por ende se deberían delimitar con marcadores de obstáculos. Esto dejará claro el ancho de circulación del puente.

**Diferencia entre la calzada del acceso y la calzada del puente:** En muchos puentes existe una diferencia entre la calzada del acceso y la calzada del puente, la cual puede ser por una junta, o bien, superficies de material diferente. Por ejemplo, pavimento asfáltico en los accesos, pero la calzada del puente de madera. En estos casos y a cierta velocidad, los vehículos podrían desestabilizarse, por lo que es un aspecto importante en la seguridad vial en el momento de atravesar el puente.

### 3.15.5 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y PEATONAL EN PUENTES

Las barreras de aproximación y las barreras de los puentes deberán contar con conexiones que son de igual resistencia a la barrera de aproximación o la del puente, la que sea menor. Deberán contar con reflectores de luz dando así una indicación clara de la vía de noche.

Cualquier poste de iluminación debería ser adosado por la parte exterior de la barrera del puente ya que de estar adentro de la barrera complicará el buen funcionamiento de la barrera del puente.

Los sistemas rígidos son usualmente utilizados en puentes, pasos a desnivel o cualquier otra situación en donde se requiera que el sistema no sufra deflexiones, sino que contenga al vehículo en su totalidad. El estado general del sistema será evaluado visualmente en tres categorías: bueno, regular o malo. Esta evaluación se limita a la apariencia general del sistema en cuanto a no presentar daños y que sea continuo en el tramo evaluado. Al ser una evaluación general, no se tomarán en cuenta elementos específicos del diseño y construcción de los sistemas, tales como: longitud de la barrera, distancia de trabajo, altura de la barrera, elección del sistema, dirección de empalme de las vigas, uso de separadores, tornillería, empotramiento de los postes; sin embargo, dichos aspectos sí deberán ser tomados en cuenta en un análisis más detallado de un puente en particular.

### 3.15.6 SEGURIDAD VIAL EN LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE

Una vez analizada la condición de seguridad vial en los accesos al puente, se procede a evaluar la seguridad vial propiamente en el puente. Algunos conceptos que se incluyeron en la sección de accesos al puente, aplican de igual forma para el puente en sí, incluyendo la demarcación horizontal, y el tipo y estado del sistema de contención vehicular.

La siguiente tabla resume los aspectos de evaluación de seguridad vial en el puente.

**Tabla 20.** Elementos de evaluación de seguridad vial en el puente.

| <b>CONFIGURACIÓN DEL PUENTE</b>            |  |
|--|--|
| <b>Información</b>                         | <b>Descripción</b>   |
| Ancho total del puente                     | El ancho total incluye la calzada (espacio destinado al flujo vehicular), el bordillo y el pretil, así como zonas exclusivas para peatones y/o ciclistas.  |
| Zona para peatones                         | Se refiere a veredas o pasos exclusivos para el tránsito de peatones.  |
| Zona para ciclistas                        | Se refiere a ciclovías o pasos exclusivos para el tránsito de ciclistas.   |
| <b>Superficie de rodamiento del puente</b> |  |
| <b>Información</b>                         | <b>Descripción</b>   |
| Estado de la superficie                    | El estado de la superficie se relaciona directamente con la fricción entre las llantas del vehículo y la superficie de la calzada; lo cual afecta las condiciones de seguridad vial. Una superficie con bajo coeficiente de fricción donde transite un vehículo a alta velocidad, aumenta el riesgo de pérdida de control en caso de una eventualidad, o bien, tener que efectuar maniobras peligrosamente la presencia de un hueco o cualquier espacio abierto.   |
| <b>Sistema de contención vehicular</b>     |  |
| <b>Información</b>                         | <b>Descripción</b>   |
| Altura del sistema                         | Esta distancia será medida desde la superficie de rodamiento hasta la parte superior de la viga flexible o pretil del puente.  |
| Altura del sardinel                        | El sardinel se acostumbra construir junto a la baranda o pretil del puente; sin embargo, su altura máxima debe ser de 10 cm en carreteras con una velocidad mayor a 65 km/h. Un sardinel de mayor altura puede provocar que el vehículo sobrepase la baranda de seguridad en caso de un accidente. Este bordillo no es una vereda, por lo que no se considera conveniente para el paso de peatones.  |
| Continuidad en los sistemas                | En las aproximaciones a los puentes, es necesario que exista una adecuada continuidad en los sistemas. La manera recomendable de realizar esta transición es disminuir el espaciamiento de los postes del sistema flexible, con el fin de ir rigidizando el sistema, y que este último tramo quede anclado al pretil rígido del puente.  |
| Terminal adecuada del sistema              | Es importante verificar que el terminal del sistema de contención sea adecuado, o al menos que no se evidencie un peligro potencial para los usuarios de la vía. La llamada "cola de pez" no es permitida según las regulaciones nacionales e internacionales; a menos que se encuentre alejada de los carriles de circulación y que no quede de frente a la dirección de los vehículos. Lo más recomendado es que el terminal se entierre en el terreno o bien en un talud cercano, y que esté desviada del flujo vehicular para disminuir el riesgo de volcamiento.  |
| <b>Iluminación</b>                         |  |
| <b>Información</b>                         | <b>Descripción</b>   |
| Iluminación en el puente                   | La iluminación en un puente es un elemento importante de seguridad vial; sin embargo, no es indispensable en la mayoría de los puentes. La iluminación mejora significativamente la visibilidad de los conductores y en algunos puentes se justifica su instalación a criterio de los diseñadores. Según referencias internacionales, un puente cuyos accesos no están iluminados generalmente tampoco requieren de iluminación. Puentes muy extensos pueden ser la excepción, siempre y cuando se diseñe una transición de luminosidad en los accesos del puente. No es prudente que haya cambios drásticos de luminosidad, ya que el ojo humano requiere de cierto tiempo para adaptarse a la nueva condición. |

| CONFIGURACIÓN DEL PUENTE            |   |
|-------------------------------------|---|
| Condición general de la iluminación | En caso de que hubiese iluminación, se recomienda realizar una visita nocturna, con el fin de evaluar visualmente su condición. Se deben considerar los siguientes aspectos: número de luminarias y su espaciamiento, intensidad y homogenización de la iluminación, y si cubre la totalidad del puente o únicamente en forma parcial. Con base en esto se define si es buena, regular o mala.  |
| Peatones y ciclistas                |   |
| Información                         | Descripción   |
| Flujo de peatones y de ciclistas    | No es parte del alcance de la evaluación realizar conteos de peatones ni de ciclistas; sin embargo, por medio de observación se puede clasificar el flujo de peatones y/o ciclistas en bajo, medio o alto. Durante una hora representativa del día entre las 7 a.m. y las 7 p.m., se pueden tomar los siguientes criterios de referencia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo alto: 30 o más peatones o ciclistas por hora</li> <li>• Flujo medio: de 5 a 30 peatones o ciclistas por hora.</li> <li>• Flujo bajo: de 1 a 5 peatones o ciclistas por hora.</li> </ul> Se deberá marcar "NA" en caso de que el flujo de peatones o ciclistas sea prácticamente nulo en un determinado puente. |
| Condición de la acera peatonal      | La condición de una acera peatonal es adecuada si cuenta con un ancho mínimo de 1.2 m, si está protegida del flujo vehicular por medio de un sistema rígido y si cuenta con buenos accesos en los extremos.   |
| Condición de la ciclovía            | La condición de una ciclovía es adecuada si cuenta con un ancho mínimo de 2.4 m para doble vía de flujo de ciclistas, si está protegida del flujo vehicular por medio de un sistema rígido, y si cuenta con buenos accesos en los extremos.   |
| Otros aspectos                      |   |
| Información                         | Descripción   |
| Drenajes                            | El empozamiento de agua puede generar pérdida de fricción entre el vehículo y la calzada, por lo que el puente debe contar con drenajes apropiados.   |
| Publicidad comercial                | La publicidad comercial es una fuente de distracción, especialmente si se encuentra muy cercana al flujo de los vehículos, por lo que es un elemento importante de una evaluación de seguridad vial.  |
| Flujo de vehículos pesados          | Un flujo alto de vehículos pesados es aquel que supera en promedio el 20% del total del flujo vehicular por dicho puente. Este ítem puede ser evaluado, observando el movimiento vehicular incluso por un corto periodo de tiempo. En un estudio más detallado sí se recomienda realizar conteos vehiculares.   |
| Transporte público                  | Es importante observar si hay rutas de transporte público que pasan por el puente y si hay paradas de autobús en sus cercanías, ya que eso generalmente se asocia con flujo de peatones en los alrededores del puente.  |

### 3.16 LOS ACCIDENTES Y LOS TUNELES

Los incidentes y los accidentes en los túneles suelen ser menos frecuentes que en las carreteras a cielo abierto, ya que los túneles conforman un marco para una conducción más segura y más controlada. Sin embargo, las consecuencias de incidentes importantes en un túnel son potencialmente mayores que en la carretera a cielo abierto, dadas sus condiciones de confinamiento, y ocasionan reacciones más fuertes en la opinión pública.

Para ello existen distintos tipos de herramientas avanzadas tales como la evaluación de riesgos, las auditorías e inspecciones de seguridad y los procedimientos de seguridad, que ayudan a alcanzar los objetivos de seguridad tanto desde la planificación inicial y las fases sucesivas del proyecto en túneles nuevos como durante la explotación y la renovación de los existentes.

Las medidas de seguridad por aplicar en cualquier túnel serán en función de los parámetros siguientes que deberían ser tomados en cuenta para el diseño o rehabilitación de cualquier túnel:

- ✓ Longitud del túnel.
- ✓ Número de tubos.
- ✓ Número de carriles.
- ✓ Geometría de la sección transversal.
- ✓ Alineamiento vertical y horizontal.
- ✓ Tipo de construcción.
- ✓ Tráfico unidireccional o bidireccional.
- ✓ Volumen de tráfico por tubo (incluida su distribución en el tiempo).
- ✓ Riesgo de congestión (diaria o de temporada).
- ✓ Tiempo de acceso de los servicios de emergencia.
- ✓ Presencia y porcentaje de camiones.
- ✓ Presencia, porcentaje y tipo de tráfico de mercancías peligrosas, entre otros.

### **3.16.1 NÚMERO DE TUBOS Y CARRILES**

Los principales criterios para decidir si se construye un túnel de un tubo o de dos serán el volumen de tráfico previsto y la seguridad, teniendo en cuenta aspectos como el porcentaje de camiones, la pendiente y la longitud.

Se debe mantener el mismo número de carriles, tanto dentro como fuera del túnel.

### **3.16.2 CENTRO DE CONTROL**

A nivel internacional se reconoce que los túneles modernos son más seguros si cuentan con un centro de control. Son necesarios para poder dar un seguimiento continuo de lo que ocurre en el túnel, dirigir la respuesta ante accidentes o choques, controlar la señalización variable y ajustar los sistemas de ventilación entre otros.

### **3.16.3 GEOMETRÍA DEL TÚNEL**

Las pendientes se deben limitar de acuerdo al Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias, ya que las pendientes mayores tienden a causar diferencias de velocidad y aumentan proporcionalmente la emisión de gases de los vehículos. En túneles de longitud <1 km, se debería mantener una pendiente única. Deben evitarse los puntos altos en un túnel de no contar con un sistema de extracción de humos.

Siempre que sea viable técnicamente, se posibilitará el cruce de la mediana en la proximidad de cada boca en el exterior de los túneles de dos o más tubos.

Se debe evitar curvas en las zonas de acceso a un túnel.

### A. Alineamiento Horizontal de un Túnel

- ✓ Para túneles de longitud ( $L > 500$  m) puede ser ventajoso proyectar los extremos en curva para graduar la luz exterior y para evitar el efecto agujero.
- ✓ En túneles de longitud entre  $100 < L < 500$  m pueden ser curva o recta.
- ✓ En túneles de longitud ( $L < 100$  m) se prefiere trazado en recta.
- ✓ Respetar en cada caso la distancia de visibilidad.

### B. Ancho de carriles

- ✓ No se debe reducir el ancho de los carriles ni de las bermas adentro del túnel.
- ✓ El ancho de la berma debe permitir la detención de un vehículo sin reducir el número de carriles de circulación.
- ✓ La vereda del túnel se puede considerar como parte del espacio de estacionamiento si cuenta con un sardinel montable.

### C. Función de las Veredas

- ✓ Permitir la circulación peatonal hacia los puntos de emergencia.
- ✓ Permite la apertura de puertas de los vehículos detenidos.
- ✓ Amplía el ancho de la berma como zona de detención de emergencia.
- ✓ Altura recomendada de 10 a 15 cm con sardinel montable.

### D. Sistemas de Contención de Túneles

De preferencia deben ser muro liso vertical ya que este sistema no resulta en movimientos laterales de rebote hacia otros carriles. El muro liso vertical funcionará bien con una vereda elevada de 10 a 15 cm con sardinel montable.

#### 3.16.4 SEÑALIZACIÓN

De contar con fuego adentro del túnel se debe anticipar una reducción de visibilidad a causa del humo en la parte superior del túnel. Por lo anterior, la señalización de salida peatonal se debe colocar a una altura de 1.0 a 1.5 m del pavimento maximizando así el potencial de visibilidad de estas por personas caminando agachados para evitar el efecto del humo.

Las señales variables, de texto y Aspa Flecha, son de gran valor para mantener informado a los conductores de la situación actual del túnel. La ubicación óptima de éstas debería ser considerada cuidadosamente durante el diseño del túnel teniendo un especial cuidado de no tener conflictos con la iluminación a lo largo del túnel.

#### 3.16.5 VÍAS DE EVACUACIÓN Y SALIDAS DE EMERGENCIA

Las salidas de emergencia permitirán a los usuarios del túnel utilizarlas para abandonar el túnel sin sus vehículos y llegar a un lugar seguro en caso de accidente o incendio (humo) y también proporcionarán acceso a pie a los servicios de emergencia del túnel. Dichas salidas podrán ser:

- ✓ Salidas directas al exterior
- ✓ Conexiones transversales entre tubos del túnel
- ✓ Salidas a galería de emergencia

Se recomienda que la distancia entre dos salidas de emergencia no sea mayor a 500 m.

Se impedirá la propagación de humo y de calor a las vías de evacuación situadas tras la salida de emergencia por medios adecuados, de forma que los usuarios del túnel puedan llegar al exterior con seguridad y los servicios de emergencia puedan acceder al túnel.

### **3.16.6 VEHÍCULOS AVERIADOS**

Los vehículos averiados requieren soluciones inmediatas (preferiblemente menor a 10 minutos por efecto de pánico) para no generar situaciones de mayor riesgo, especialmente en el caso que no exista una berma lo suficientemente ancha donde detenerse. Estos planes de contingencia deberían ser probados con ejercicios de simulación antes de poner en servicio la infraestructura.

### **3.16.7 APARTADEROS**

En los túneles bidireccionales de longitud superior a 1 500 m, con un volumen de tráfico superior a 2 000 vehículos por carril, se aconseja habilitar apartaderos a distancias no superiores a los 100 m, en el caso de que no estén previstos carriles de emergencia. Los apartaderos contarán con una estación de emergencia.

### **3.16.8 RESISTENCIA DE LAS ESTRUCTURAS A LOS INCENDIOS**

La estructura principal de todos los túneles debería garantizar un nivel suficiente de resistencia al fuego.

### **3.16.9 ILUMINACIÓN**

La iluminación normal se proporcionará de modo que asegure a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche, tanto en la zona de entrada como en el interior del túnel. El nivel de iluminación en cada momento debería controlarse automáticamente según la situación lumínica en las afueras del túnel.

La iluminación de seguridad en caso de corte de suministro de electricidad se proporcionará de modo que permita una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuar en sus vehículos. El diseño del sistema de iluminación del túnel deberá estar en función al Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias.

La iluminación de evacuación, por ejemplo las señales luminosas, estará a una altura no superior a 1.5 m y deberá proporcionarse de modo que permita guiar a los usuarios del túnel para evacuar a pie en caso de emergencia.

### **3.16.10 VENTILACIÓN**

Una pobre visibilidad dentro del túnel sea por contaminación o por fuego incidirá directamente en la operación segura del túnel y por ende el proyecto, la construcción y el funcionamiento deberán tener en cuenta:

- ✓ El control de los contaminantes emitidos por los vehículos de carretera en un flujo de tránsito normal y denso.
- ✓ El control de los contaminantes emitidos por vehículos de carretera en el caso de que el tráfico esté detenido a causa de un incidente o accidente.
- ✓ El control del calor y el humo en caso de incendio.

Así mismo deberá cumplir con lo establecido en el Manual de Carreteras: Túneles, Muros y Obras Complementarias.

### 3.16.11 ESTACIONES DE EMERGENCIA

El objetivo de las estaciones de emergencia es proporcionar diversos equipos de seguridad, en particular teléfonos de emergencia, extintores y mangueras de agua por red de hidrantes. No tienen la finalidad de proteger a los usuarios de la carretera de los efectos de incendio, pero sí podrán ser utilizados para controlar un fuego menor antes de que se convierta en una situación mayor.

Esas estaciones podrán consistir en una cabina junto a la pared o, preferentemente, un nicho vaciado en ella. Se deben incorporar estaciones de emergencia en el túnel a distancias prudentes, preferiblemente a una distancia de 100 a 150 m.

### 3.16.12 SISTEMAS DE VIGILANCIA

En todos los túneles dotados de un centro de control conviene contar con sistemas de vigilancia por vídeo de circuito cerrado (CCTV) y un sistema capaz de detectar de forma automática incidentes (tales como vehículos que se detienen) y/o incendios.

Se deberían colocar cámaras de circuito cerrado a cada 100 metros para poder visualizar la totalidad de cada túnel desde el centro de control.

### 3.16.13 SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Todos los túneles deberán disponer de un suministro eléctrico de emergencia capaz de garantizar el funcionamiento del equipo de seguridad que sea indispensable hasta que todos los usuarios hayan evacuado el túnel.

Los circuitos eléctricos, de medida y de control estarán diseñados de tal manera que un fallo local, debido por ejemplo a un incendio, no afecte a los circuitos que no hayan sufrido daños.

## 3.17 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD VIAL EN ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

El concepto de la seguridad vial debe ser parte integral de cada elemento de la infraestructura vial. En su conjunto, los elementos deberían contribuir a “mostrar” o indicar la vía segura al conductor tanto de día como de noche. Los elementos deben ser consistentes y no deben presentar sorpresas. Cada elemento de una vía tiene que funcionar de manera adecuada sin comprometer el buen funcionamiento de cualquier otro elemento.

### 3.17.1 PASOS A DESNIVEL

La mayoría de las accidentes ocurren en las intersecciones. Una manera de evitar los movimientos conflictivos de una intersección o de resolver intersecciones con altos niveles de congestión es construir un paso a desnivel.

Algunos beneficios que se pueden mencionar de los pasos a desnivel son:

- Reduce diversos tipos de accidentes en una intersección.
- Mejora el flujo vehicular.
- Simplifica potenciales movimientos complejos que suelen darse en las intersecciones de tres, cuatro o más llegadas (brazos).

Dependiendo del diseño seleccionado, el paso a desnivel debería contar con bermas suficientemente anchas para acomodar vehículos con averías que, de otra manera, presentarían un bloqueo del flujo vehicular.

Las estructuras, pilares y estribos del puente no deberían presentar puntos duros en el caso de velocidades superiores a 60 km/h. Las barandas del puente deberían tener un diseño certificado en caso de ser impactado por un vehículo.

### 3.17.2 OBRAS COMPLEMENTARIAS

Cualquier obra complementaria debería ser incorporada en la totalidad de la obra sin generar situaciones adicionales de riesgo.

#### 3.17.2.1 Postes SOS

A pesar de la difusión masiva de los teléfonos celulares, aún se recomienda implementar puntos de contacto conocidos como SOS donde el usuario vial pueda contactar a un centro de control para informar de acontecimientos en la vía.

En la mayoría de los casos no se justifica aplicar un sistema de contención para escudar estos sistemas, ya que pueden tener un elemento quebradizo y no representan un riesgo a los vehículos motorizados. La probabilidad de tener una persona usando el sistema en el mismo momento que otro vehículo pierda control es baja.

Figura 52. Ejemplo de Poste SOS



#### 3.17.2.2 Paraderos de Bus

Las estructuras de los paraderos de bus constituyen un objeto fijo que pueden merecer un escudo de barreras en algunas situaciones. Conviene también pintar las estructuras de colores brillantes para que sean visibles y distinguibles a distancia y así evitar maniobras abruptas. Su presencia se debería indicar con una señalización preventiva. En todo caso, la estructura se debería alejar de la calzada y se debería proveer una pavimentación de detención para los buses. Algunos de estos conceptos se pueden apreciar en la siguiente figura.

#### 3.17.2.3 Áreas de servicio

Las entradas y salidas de las áreas de servicio deberían cumplir con todas las exigencias del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito vigente y el Manual de Diseño Geométrico vigente.

### 3.17.3 CONTROL DE PEAJE

Normalmente la estación de peaje consiste en los siguientes elementos:

- Zona de llegada.
- Zona de alineamiento.
- Isleta de peaje.
- Cabina de peaje.
- Estructura de bóveda (techo).
- Carriles de salida de la zona de peaje e incorporación al flujo regular.
- Carril de vehículos especiales.
- Oficinas.

**Zona de Llegada:** La zona de llegada debería ser amplia y ofrecer una buena visibilidad de toda la infraestructura de peaje. Permite maniobras por parte de los conductores para seleccionar el carril que más le acomoda considerando filas de vehículos en las diferentes opciones. Deberá existir una canalización adecuada que permita una selección rápida y adecuada del carril más conveniente. Para este fin se requiere colocar señalización anticipada a un mínimo de 1km y repetirse a 500 m y 250 m de las cabinas de peaje. Esta señalización deberá informar el uso de cada carril para permitir una canalización anticipada por parte de los conductores.

**Zona de Alineamiento:** La función de la zona de alineamiento es de canalizar los vehículos de manera que estén obligados a entrar "centrados" en el carril que han seleccionado y donde se realizará la transacción económica. De esta manera se evitan golpes menores a la infraestructura de peaje y vehicular. El control se logra mediante una combinación de líneas pintadas, tachas, tachones, hitos tubulares colapsables, amortiguadores de impacto, y barreras de conexión entre los amortiguadores de impacto y el espacio definido por la isleta de peaje entre otros. Deberían proveer un ancho de carril entre 3.50 a 3.65 m.

**Isla de Peaje:** La isla de peaje es una plataforma elevada que sirve de mecanismo físico de alejamiento vehicular de la caseta de peaje y otros elementos que podrían ser dañados por un impacto menor. Una altura de 15 a 20 cm será adecuada. Varios elementos serán colocados en la isleta de peaje, entre ellos, la caseta de cobro, columnas del techo, elementos electro-mecánicos y señales varias.

**Cabina de Peaje:** Cada cabina de peaje tiene que estar equipada con lo siguiente:

- ✓ Unidad de aire-acondicionado/calefacción.
- ✓ Caja de seguridad (se deposita el dinero).
- ✓ Teléfono directo con el supervisor.
- ✓ Radio o teléfono de emergencia.
- ✓ Control de la flecha luminosa del carril correspondiente para poder activar o desactivar ésta según la disponibilidad del cobrador de peaje.

La elevación de la cabina debe ser tal que permite intercambiar dinero y recibo con vehículos altos y bajos.

**Espacio de Pago de Peaje:** El espacio físico entre las isletas debe ser tal que obligue a los vehículos a detenerse razonablemente cerca al cobrador de peaje. Normalmente

un ancho de 3.5 m será suficiente. En el caso de proveer carriles exclusivos para motocicletas se recomienda un ancho de 1 m.

Conviene en cada caso contar con una barrera física para evitar que un vehículo no se detenga. Ésta se levanta al terminar la transacción, sea manual o electrónica.

**Bóveda (Techo):** Se debe proveer una bóveda que cubra a la zona de pago y los espacios peatonales entre las cabinas y sala del supervisor. Ésta estructura servirá para adosar las señales y flechas. Conviene colocar una señalización variable, sea tipo semáforo o tipo Aspa Flecha, para indicar claramente las cabinas cerradas o abiertas.

Podrá servir como espacio seguro para conductos de cables y servicio de electricidad. Su gálibo deberá ser 5.50 m.

#### **Carriles Exclusivos:**

- ✓ Carriles de Salida de la Zona de Peaje: La zona de salida debe ser amplia y con buena visibilidad hacia los carriles de la vía principal.
- ✓ Carril de vehículos sobredimensionados: Conviene contar con un carril por donde desviar los vehículos sobredimensionados.
- ✓ Carril para vehículos motorizados de dos ruedas: En el caso de tener un componente de vehículos motorizados de dos ruedas puede convenir uno o más carriles para ellos.

**Iluminación:** Conviene que la zona de peaje esté iluminada en toda su extensión.

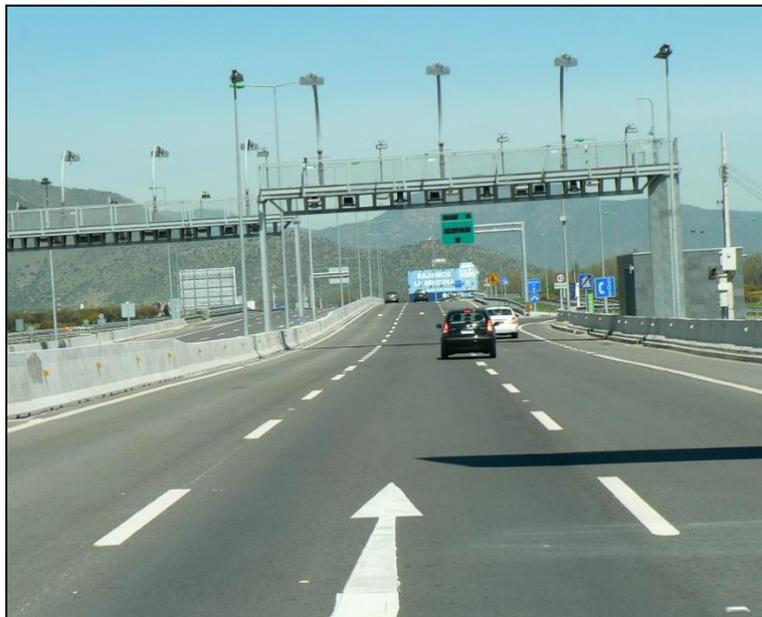
#### **3.17.4 TELEPEAJE**

El telepeaje de alta velocidad requiere de una estructura similar a la indicada en la Figura 53 donde se deben ubicar los elementos de control electrónico, cámaras de captación de imagen de patente e iluminación.

La ventaja de este sistema es que no requiere un cambio de velocidad para el cobro, pero si requiere que cada vehículo tenga un elemento de comunicación electrónica con los lectores del sistema o un sistema administrativo para cobrar el peaje por viaje.

Estos sistemas tienen un costo alto inicial, pero no requieren espacio adicional para las casetas de cobro.

Figura 53. Infraestructura Típica de Tele-Peaje



### 3.17.5 INFRAESTRUCTURA DE CONTROL DE PESAJE

En los últimos años se observa adelantos importantes en los mecanismos para medir el peso bruto de un vehículo. El pesaje se puede realizar de manera estática o fija y dinámica dando opciones importantes para el desarrollo de un plan de control de carga.

El objetivo de los controles de carga es reducir los riesgos de seguridad vial y daños a las carreteras que provocan los camiones que no respetan los límites de carga permitidas. Un control adecuado produce un ahorro en el largo plazo.

**Señalización:** Conviene que exista una señalización vertical adecuada informando de la existencia de la estación de pesaje. Estos pueden ser acompañados por bandas alertadoras.

**Iluminación:** Conviene que los ramales de acceso y salida y toda la extensión del espacio para pesar y controlar la documentación de los vehículos estén iluminados.

**Estacionamiento de Vehículos Retirados de Servicio:** Es probable que algunos vehículos de carga superen los límites permitidos y sean retirados de servicio, por esta razón se debe proveer un espacio adecuado para su estacionamiento.

### 3.18 CONSIDERACIONES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION

La etapa de construcción presenta un riesgo inminente a los usuarios debido a que estos estarán expuestos a condiciones de geometría inconsciente, poco familiar, e inclusive presencia de objetos muy cercanos a la calzada. En resumen durante la etapa de construcción deberán respetarse los siguientes lineamientos básicos:

- 1) Deberá desarrollarse un plan de desvíos elaborado por un ingeniero debidamente capacitado en la ingeniería vial con conocimientos de tráfico, capacidad vial, diseño geométrico, y señalización horizontal/vertical.



- 2) Dicho plan deberá ser implementado en campo y ensayado antes de iniciar las labores de construcción.
- 3) Deberán respetarse los colores, formas y características en general de las señales que se encuentran en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito vigente.
- 4) En todo momento los carriles deberán estar debidamente señalizados y canalizados, aunque estos sean temporales.
- 5) La vía deberá estar adecuadamente iluminada en la noche particularmente si los patrones de flujo se han modificado sustancialmente de tal forma que pudieran causar confusión a los usuarios.
- 6) Las señales temporales deberán cumplir los mismos requisitos de retrorreflectividad que las señales permanentes.
- 7) Deberá respetarse el diseño de zonas de trabajo tal como se describe en diagramas en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

# TÚNELES CARRETEROS EN EL TRAMO 4 AZANGARO- INAMBARI DE LA IIRSA SUR



## CAPÍTULO IV HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD VIAL

### 4.1 INTRODUCCIÓN

La seguridad vial no sucede de modo accidental o espontánea, sino que es fundamental “inducirla y gestionarla”, para lo cual requiere del apoyo político y de actividades concertadas y sostenidas de los diversos sectores, es decir, un plan integral para su gestión, soportado por representantes de alto nivel sociopolítico y económico capaces de articular y persuadir a la sociedad y a los agentes económicos.

El Manual de Seguridad Vial, presenta el presente capítulo como una herramienta de gestión a fin que los gobiernos de los diferentes niveles puedan desarrollar sus propios planes.

El presente capítulo aborda el seguimiento necesario de la Seguridad Vial, que deben cumplirse en las fases del proyecto de infraestructura vial, cuya aplicación e implementación es de acuerdo a las características particulares de cada proyecto, bajo el principio básico del **Manual de Seguridad Vial**, de contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo.

Por ello los Planes, las Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial constituyen, una herramienta para determinar la problemática que presentan las carreteras en relación a su seguridad, detectando posibles inconsistencias y/o carencias existentes en el diseño de todos los componentes que conforman la vía. La aplicación de estas herramientas tiene el fin de mejorar sustancialmente la seguridad vial en carreteras. Una estrategia que ha venido utilizando los países a nivel mundial en los últimos años, para tratar de reducir la accidentalidad y sus consecuencias asociadas, ha sido la aplicación de medidas correctivas. Es desarrollar las auditorías e inspecciones de seguridad vial.

### 4.2 NECESIDAD

El seguimiento de la seguridad vial es un hecho indispensable para garantizar la aplicación de todas las medidas establecidas con el objetivo final de reducir la siniestralidad en las vías. En ese contexto, los planes, auditorías e inspecciones de seguridad vial constituyen, una herramienta necesaria para determinar la problemática que presentan las carreteras en relación a su seguridad, detectando posibles inconsistencias y/o carencias existentes en el diseño de los componentes que conforman la vía.

La necesidad de un plan de seguridad vial debe contar en primer lugar con un marco político e institucional, o nivel superior, que define las condiciones de contorno en las que se desarrollan todas las actuaciones de seguridad vial. En segundo lugar los planes o estrategias de seguridad vial en donde se articulan y coordinan las diferentes actuaciones, y en donde se indican las líneas maestras de funcionamiento del sistema de seguridad vial. Y, en tercer lugar, las medidas concretas de seguridad vial, incluidos su diseño, implementación y evaluación.

Acorde a lo indicado los planes, las auditorías e inspecciones, es necesario realizar un seguimiento del grado de cumplimiento de los objetivos e indicadores de reducción de accidentes, con el objetivo de comprobar la efectividad de las actuaciones. Es necesario recopilar la información necesaria para realizar un seguimiento de las incidencias que el tránsito produce, a fin de determinar las causas de las mismas, los

daños sufridos por las personas, los daños producidos a los bienes y los costos asociados. Deben analizarse las posibles causales del accidente, a fin de tomar las medidas necesarias.

### 4.3 PLANES DE SEGURIDAD VIAL

#### 4.3.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

El objetivo principal de un Plan de Seguridad Vial es disminuir las cifras de mortalidad y heridos de gravedad en las carreteras de un país, focalizando dicha reducción en un periodo determinado.

La implementación de dichos Planes de Seguridad Vial, permitirá la reducción de la accidentalidad y la mortalidad, así mismo el plan permitirá garantizar que las autoridades cuente con un programa coordinado y coherente de las acciones concertadas. La visión de un plan es garantizar que la movilidad de las personas se haga con la máxima seguridad posible, y reducir el número de la gravedad y las consecuencias de los accidentes trabajando con máxima eficacia.

Los planes estratégicos multidisciplinarios constituyen el instrumento básico de planificación y de coordinación de todos los trabajos tanto en su dimensión vertical (entre los distintos niveles de gobierno, regional, provincial y local) como horizontal (entre los diferentes entidades implicadas, entre diferentes regiones o provincias o entre los diferentes agentes privados o sociales).

Organizaciones internacionales como la OCDE y la OMS han considerado los accidentes de tránsito y sus consecuencias como un problema de salud generador de un gran impacto económico, tanto a nivel macro como a nivel micro. Es por este motivo que los países están orientando sus políticas públicas a mejorar la seguridad vial.

En el ámbito internacional, hay diferentes organismos que marcan tendencia en materia de seguridad vial, y que sirven de referencia a la hora de diseñar la estrategia de cada uno de los países.

El presente apartado busca contribuir a la mejora del conocimiento sobre la estructura y contenidos de los planes estratégicos de seguridad vial. Con ello se pone al alcance de los responsables, gestores y técnicos de la seguridad vial una información que les resulte de utilidad en el desempeño de sus labores de lucha contra los accidentes de tráfico y también, en última instancia, a la hora de enfrentarse al diseño, dirección o valoración de actuaciones coordinadas de seguridad vial. El Manual presenta esta herramienta de gestión como una oportunidad para alcanzar numerosos avances que, sin dicho plan, estarían mucho más lejanos.

#### 4.3.2 NECESIDADES Y BENEFICIOS DE PLANES DE SEGURIDAD VIAL

##### **Necesidades de un plan:**

- ✓ Establecimiento y definición clara de los objetivos.
- ✓ Asignación clara de responsabilidades de los estamentos implicados
- ✓ Coordinación de políticas y actividades para conseguir los objetivos.

##### **Beneficios de un plan:**

- ✓ Consenso basado en la objetividad sobre el programa de acciones a desarrollar.

- ✓ Motivación y un compromiso por parte de todos aquellos cuyas contribuciones son necesarias para mejorar la seguridad vial.
- ✓ Marco dentro del cual los participantes pueden planificar su contribución partiendo de la base del conocimiento del resto de aportaciones provenientes del resto de actores.
- ✓ Identificación explícita de las sinergias y de las interrelaciones con otras áreas de la política pública.
- ✓ Mayor coherencia y capacidad de convencimiento ante los ciudadanos, las empresas, o las asociaciones, a la hora de conseguir la necesaria aceptación de las medidas propuestas o, todavía mejor, su apoyo ante las perspectivas de éxito de las mismas.
- ✓ Base firme para alcanzar el amplio consenso necesario entre partidos políticos y la administración pública. Base que permitirá movilizar el gasto público necesario.
- ✓ Priorización de acciones que partan del ratio de costos efectividad de las medidas y de la homogeneización del riesgo entre diferentes colectivos.
- ✓ Marco claro para el seguimiento de efectividad de las diferentes acciones y del progreso nacional, de modo que se pueda alcanzar de manera progresiva con la experiencia acumulada y con los cambios surgidos en el entorno

#### **4.3.3 PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD VIAL**

##### **Objetivo general:**

- ✓ Reducir, de forma eficiente, las consecuencias humanas, sociales y económicas de los accidentes de circulación, así mismo disminuir las cifras de mortalidad.

##### **Objetivos específicos:**

- ✓ Compatibilizar el aumento de la movilidad con la mejora de la seguridad vial.
- ✓ Mejorar las condiciones de seguridad de los proyectos y carreteras del sistema vial, estableciendo procedimientos de diseño y construcción que garanticen que las carreteras nuevas dispongan de las mejores características de seguridad.
- ✓ Mejorar los dispositivos de control de tránsito, evitando incongruencias y haciéndola útil, al tiempo que se fomenta su respeto.
- ✓ Desarrollar y divulgar las investigaciones relacionadas con la seguridad vial, fomentando el intercambio de información con otros organismos.
- ✓ Fomentar la difusión de información sobre siniestralidad, con el objetivo de concientizar a la sociedad.
- ✓ Fomentar la formación y las campañas de sensibilización, etc.

#### **4.3.4 ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**

En los informes de la Organización Mundial de la Salud, comprometida con la seguridad vial, quien emite una serie de recomendaciones para ofrecer a los gobiernos la oportunidad de evaluar el estado real de la seguridad vial en su país, y de adoptar las medidas adecuadas:

- ✓ Recomendación 1: Designar, o crear, dentro de la Administración Pública un organismo coordinador para orientar las actividades nacionales de seguridad vial.
- ✓ Recomendación 2: Evaluar el problema, las políticas y el marco institucional relativos a los traumatismos causados por el tránsito, así como la capacidad de su prevención en cada país.
- ✓ Recomendación 3: Preparar una estrategia y un plan de acción nacionales.
- ✓ Recomendación 4: Asignar recursos financieros y humanos para tratar el problema.
- ✓ Recomendación 5: Aplicar medidas concretas para prevenir los choques en la vía pública, para reducir al mínimo los traumatismos y sus consecuencias y para evaluar las repercusiones de las medidas adoptadas.
- ✓ Recomendación 6: Apoyar el desarrollo de la capacidad nacional y el fomento de la cooperación internacional.

La tercera de las recomendaciones hace referencia explícita a las estrategias y los planes de acción nacionales en materia de seguridad vial. La OMS indica que “todos los países deberían preparar en materia de seguridad vial una estrategia multisectorial (fruto de la participación de los organismos relacionados con el transporte, la salud, la educación, la industria, el medio ambiente, la ingeniería, el urbanismo, la aplicación y redacción de las leyes, y resto de sectores relevantes) y multidisciplinaria (con la participación de especialistas en seguridad vial, ingenieros, urbanistas y planificadores regionales, sociólogos, psicólogos, ambientalistas y profesionales de la salud). La estrategia, en la que deberán tenerse en cuenta las necesidades de todos los usuarios de la vía pública, y en particular las de los usuarios vulnerables, deberá estar coordinada con las estrategias de otros sectores. En su elaboración y desarrollo habrán de colaborar grupos de la administración pública, el sector privado, las organizaciones no gubernamentales, los medios de comunicación y el público en general”.

La OMS insiste en su sección de recomendaciones en que la estrategia nacional en materia de seguridad vial deberá incluir objetivos ambiciosos pero realistas para un periodo de, al menos, cinco o diez años.

Conocedora de las razones de muchos de los fracasos en el campo de la seguridad vial, la OMS insiste en que la estrategia deberá contar con “suficiente financiación para elaborar, aplicar, administrar, supervisar y evaluar las medidas de seguridad vial”. La estrategia plurianual en sí misma no es un documento autosuficiente, y la OMS añade que es preciso elaborar un plan de acción nacional anual con un calendario detallado de medidas y con asignación concreta de recursos y responsabilidades para su implementación.

A la hora de diseñar las inversiones de los recursos disponibles es conveniente analizar la experiencia atesorada en otros países; ello puede ayudar a sopesar los costos y los beneficios de determinadas intervenciones, así como a fijar prioridades que maximicen los efectos de los habitualmente escasos recursos financieros y humanos.

En cuanto a los recursos humanos con capacitación y experiencia necesarias para elaborar y poner en marcha un programa eficaz de seguridad vial, es vital reconocer su importancia y equipararla con aquella de los recursos económicos. La OMS

defiende como una prioridad la puesta en marcha de programas de formación sobre ámbitos específicos, como el análisis estadístico de datos de siniestralidad, el trazo de carreteras o la asistencia médica a los lesionados, así como también sobre otras materias pluridisciplinarias, como la planificación urbana y regional, el análisis y elaboración de políticas de seguridad vial, la planificación del tránsito o la planificación sanitaria.

Por tanto para la elaboración de los planes de seguridad vial se debe considerar como mínimo lo siguiente:

- 1) Justificación general de la necesidad de un plan, de razonamientos epidemiológicos y estadísticos.
- 2) Determinación de objetivos de seguridad vial concretos, ambiciosos pero realistas, y que no estén limitados exclusivamente al número de fallecidos, sino también referido a heridos leves, heridos graves, años de vida perdidos, daños sociales, discapacidades, etc. Al tratarse de un aspecto crítico y fundamental en la elaboración de los planes o estrategias, la determinación de los objetivos puede encargarse a una comisión de elaboración del plan estratégico.
- 3) Justificación individual de cada medida a partir del análisis de datos de siniestralidad.
- 4) Asignación clara de las responsabilidades relativas a la financiación, la ejecución y el seguimiento de las medidas.
- 5) Presencia de indicadores de seguimiento (indicadores de actividad, indicadores de resultado, indicadores de eficiencia, etc.).
- 6) Estimación de la eficacia esperada de las medidas.
- 7) Estimación del costo final de las medidas o, en otras palabras, cálculo del presupuesto económico del plan.
- 8) Estimación de los efectos "colaterales" o costos externos de las medidas: en el medioambiente, en la movilidad, en la economía...
- 9) Análisis de los riesgos o amenazas que pueden influir en los resultados finales, o en el éxito, del plan.
- 10) Mecanismos de control y seguimiento (o evaluación) de las medidas, incluida la publicación de informes de progreso. Para disponer de un control o evaluación lo más objetivo posible de la evolución del plan, es aconsejable disponer de una comisión de seguimiento externa que sea independiente de la oficina de gestión del plan.

De acuerdo con la necesidad de definir claramente unos objetivos, conviene resaltar que éstos han de ser eficaces y prácticos:

- ✓ Específicos o concretos: los objetivos genéricos no aportan la suficiente claridad sobre el impacto perseguido. La "mejora continua de la seguridad vial" es un objetivo genérico, mientras que "situar una Provincia entre los diez Provincias más seguras de Perú" o "reducir la tasa de fallecidos por millón de habitantes por debajo de 30" son objetivos concretos.
- ✓ Medibles: es fundamental que el objetivo pueda ser cuantificado y medido para poder realizar su seguimiento.

- ✓ **Alcanzables:** aun siendo ambiciosos y desafiantes, los objetivos han de poder conseguirse ya que, en caso contrario, conducirían al desaliento o al escepticismo.
- ✓ **Relevantes:** tienen que estar directamente relacionados con una mejora de la seguridad vial.
- ✓ **Calendarizables o Temporizables:** los objetivos deben hacer referencia a un horizonte temporal determinado (un año, cinco años, diez años...).

En lo relativo a la evaluación de las diferentes medidas de seguridad vial y del conjunto de Estrategia o Plan de Seguridad Vial, ésta debe realizarse no sólo en base al análisis de la evolución antes/después de las cifras de siniestralidad, sino tener también en cuenta otros aspectos igualmente claves de cara a su éxito a medio plazo:

- ✓ Cambios, de diversa índole, en los grupos objetivo de las medidas (ejm.: cambios en pautas de movilidad en pro de la seguridad, adquisición de conciencia en conductores profesionales, impulso por parte del sector empresarial de programas de bonificaciones a empleados con hábitos de movilidad segura, etc.).
- ✓ Modificaciones en las prioridades políticas (ejm.: una mayor preocupación por la accidentalidad de ciclistas o la calidad urbana en caminos, modificaciones legales en aspectos como exceso de velocidad o utilización de dispositivos de seguridad.).
- ✓ Nivel de sensibilidad política o social hacia temáticas concretas (como, por ejemplo, la seguridad infantil, la seguridad en túneles de carretera, o las exigencias de vigilancia y control a conductores).
- ✓ Interés de los medios de comunicación en las problemáticas concretas y difusión de datos de accidentalidad.
- ✓ Existencia de grupos de presión en campos determinados (ejm.: aparición de plataformas sectoriales en defensa de usuarios vulnerables -peatones, ciclistas, motociclistas-, o en defensa de modelos socioeconómicos y territoriales sostenibles).
- ✓ Existencia de organizaciones privadas u ONG capaces de colaborar en los esfuerzos por reducir la accidentalidad.
- ✓ Intereses específicos de otros grupos activos en la promoción de la seguridad vial.

En vista a lo anterior es urgente que se desarrolle una metodología única para el desarrollo y la implementación de políticas nacionales de seguridad vial. Sabiendo que cada caso puede ser diferente y condicionado por múltiples factores como antecedentes locales, tendencias y recomendaciones internacionales, recursos disponibles, marco general socioeconómico, avances técnicos o legislativos, etc.

#### **4.3.5 EL BANCO MUNDIAL.**

El Banco Mundial ha identificado las mejores prácticas que deben desarrollar las entidades que tengan la aspiración de ser líderes en materia de seguridad vial.

Para ello ha determinado siete funciones a ejercer y que deben estar presentes en la definición de su estrategia y en la implantación de un modelo de gobierno y de gestión:

- ✓ Orientación a resultados

- ✓ Coordinación
- ✓ Legislación
- ✓ Promoción
- ✓ Financiamiento
- ✓ Seguimiento y evaluación
- ✓ Búsqueda

En general, los Planes de Seguridad Vial deben responder a objetivos estratégicos, entre los cuales deberían considerar como mínimo lo señalado en la Tabla 21.

Tabla 21. Objetivos Estratégicos de los Planes de Seguridad Vial

| Prioridad  | Colectivos y temas clave | Objetivos Esperados   |
|--|--------------------------|---|
| <b>A. Proteger a los usuarios más vulnerables</b>          | Niños                    | Proporcionar entornos y trayectos escolares seguros<br>Mejorar la utilización eficiente de los sistemas de retención infantil<br>Impulsar la seguridad vial en el currículo escolar   |
|  | Jóvenes                  | Mejorar la capacitación de los conductores jóvenes<br>Realizar intervenciones activas en el entorno de ocio nocturno  |
|  | Mayores                  | Mejorar el seguimiento de las capacidades de los mayores para la conducción<br>Proporcionar espacios seguros de movilidad para mayores<br>Promover el conocimiento e informar sobre la accidentalidad de los mayores y su movilidad             |
|  | Peatones                 | Promover el desplazamiento a pie como forma de movilidad económica y saludable<br>Proporcionar espacios seguros de movilidad para peatones<br>Promover el conocimiento e informar sobre la accidentalidad de los peatones y su movilidad        |
| <b>B. Potenciar una movilidad segura en la zona urbana</b> | Ciclistas                | Promover el uso de la bicicleta como modo de desplazamiento eficiente<br>Mejorar la capacitación de los ciclistas y resto de usuarios<br>Proporcionar espacios seguros de movilidad para bicicletas<br>Mejorar el conocimiento de los ciclistas |
|  | Zona urbana              | Proporcionar un espacio público urbano y entornos seguros<br>Potenciar la disciplina en el ámbito urbano  |

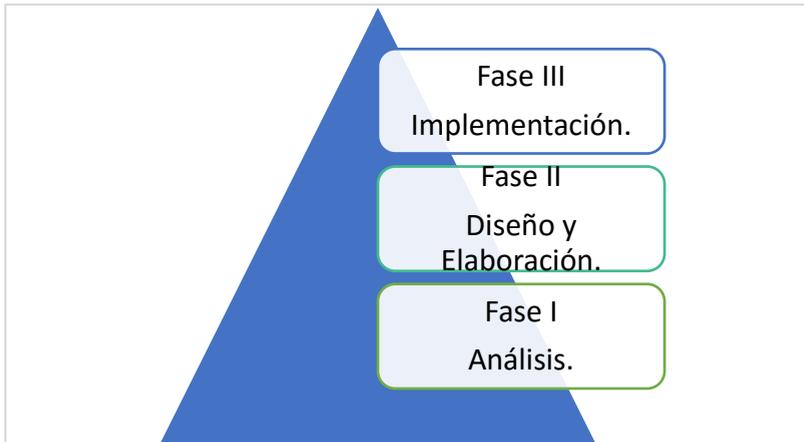
| Prioridad  | Colectivos y temas clave     | Objetivos Esperados  |
|--|------------------------------|--|
| <b>C. Mejorar la seguridad de los motoristas</b>   | Motoristas                   | Promover comportamientos más seguros de los motoristas<br>Incrementar la seguridad de las carreteras para los motoristas<br>Promover el conocimiento e informar sobre la accidentalidad de los motoristas y su movilidad |
| <b>D. Mejorar la seguridad en las carreteras</b>   | Carreteras                   | Promover comportamientos más seguros en las carreteras<br>Mejorar la seguridad de las carreteras a través de su diseño, especialmente para evitar salidas de la vía y accidentes frontales                               |
| <b>E. Mejorar la seguridad en los desplazamientos relacionados con el trabajo</b>        | Seguridad vial en la empresa | Lograr una intervención activa de las empresas en las accidentes in itinere<br>Mejorar el conocimiento de las accidentes in itinere  |
|  | Transporte profesional       | Promover comportamientos más seguros de los conductores profesionales<br>Mejorar la capacitación y habilidad de los conductores profesionales  |
| <b>F. Mejorar los comportamientos en relación a alcohol y velocidad en la conducción</b> | Alcohol y drogas             | Desarrollar acciones preventivas para reducir el consumo de alcohol y drogas en la conducción<br>Consolidar las acciones de control de la norma  |
|  | Velocidad                    | Promover comportamientos más seguros en relación a la velocidad<br>Promover un diseño seguro de las vías para reducir las situaciones de riesgo por velocidad: áreas 30, accesos a poblaciones                           |

#### 4.3.6 METODOLOGÍA EN EL DESARROLLO ESTRATÉGICO DE SEGURIDAD VIAL

La elaboración de la Estrategia de Seguridad Vial Peruana, debe estar alineado con el Decenio para la Acción en Seguridad Vial de Naciones Unidas, basándose en un exhaustivo análisis de la problemática de seguridad vial en Perú, contando como base de análisis con la participación público-privado, social y territorial. Para el desarrollo metodológico debemos contar con la innovación guiada por las aportaciones de expertos nacionales e internacionales y por el conocimiento del entorno.

El proceso de elaboración se ha centrado en tres fases:

### Ejemplo de fases



Como instrumento básico para la elaboración y seguimiento de la Estrategia peruana de Seguridad Vial, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene entre sus responsabilidades y funciones: aportar visión estratégica y operativa al desarrollo e impulsar la participación y coordinación, entre los distintos niveles competenciales a la vez que revisar el grado de desarrollo de las medidas planificadas.

#### **Fase de Análisis**

La primera fase de análisis tiene como objetivo identificar la situación de partida de la estrategia, estudiando la situación actual de la seguridad vial a nivel nacional e internacional e identificando las mejores prácticas surgidas, tanto de las experiencias internacionales como de los últimos estudios sobre la materia.

Esta fase está compuesta de cuatro actividades diferentes:

- 1) La evaluación del Plan Estratégico de Seguridad Vial del Perú.
- 2) El diagnóstico actualizado de la seguridad vial de Perú.
- 3) La revisión de estudios e investigaciones relevantes.
- 4) La identificación de buenas prácticas internacionales.

Para el análisis se debe contar con la experiencia de los gestores de seguridad vial de los países considerados más relevantes para Perú y, para ello, se debe organizar un ciclo de conferencias internacionales que permita conocer en detalle las iniciativas, prácticas implementadas y sus resultados en países o regiones considerados referentes en seguridad vial: Australia, Irlanda, Reino Unido, Suecia y la Unión Europea.

#### **Fase de Diseño y Elaboración**

Una vez que se dispuso del conocimiento completo de la situación de partida se inicia con el desarrollo, para lo cual se debe definir claramente la visión y los valores, los objetivos y las líneas estratégicas, la identificación y priorización de las medidas y la redacción propiamente dicha de la estrategia. La definición de los objetivos y líneas estratégicas, y la identificación y priorización de actuaciones serán dos actividades que se retroalimentaron entre sí, fundamentalmente a partir de la realización de reuniones de grupos de trabajo.

El modelo de participación público-privado debe tener un papel fundamental y, para ello, el grupo de trabajo debe contar con la participación de asociaciones, expertos y administraciones públicas, grupo de trabajo de estudios e investigaciones, formado por centros de investigación públicos y privados con experiencia en el ámbito de la seguridad vial.

La última actividad de la segunda fase es la redacción de la estrategia propiamente dicha, actividad dirigida a dar forma al trabajo realizado en las actividades anteriores y ligada a la revisión y validación de sus contenidos por parte de los distintos agentes responsables y participantes en el proceso.

### **Fase de Implementación**

La última fase tiene dos actividades principales: la aprobación de la estrategia y la puesta en marcha del modelo de ejecución.

Las autoridades competentes para la aprobación y puesta en marcha de esta fase serán las establecidas en el Artículo 4 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.

El MTC desempeñara un papel clave en el seguimiento de la estrategia; y además del seguimiento continuo y los informes anuales, asimismo impulsara la revisión de los indicadores y actuaciones realizadas a los efectos de alcanzar los objetivos establecidos.

#### **4.3.7 TIPOS DE PLANES DE SEGURIDAD VIAL Y NECESIDADES**

##### **4.3.7.1 Plan estratégico de seguridad vial**

La filosofía y política sobre Seguridad Vial del Perú debe entenderse no solo desde la óptica concreta de Seguridad Vial sino dentro del amplio conjunto de políticas en materias vinculadas con la Seguridad Vial como el transporte, industria, medio ambiente o investigación. La secuencia indica la estrategia a seguir.

Ejemplo de secuencia de plan estratégico



El objetivo que persigue el Plan Estratégico de Seguridad Vial es:

- 1) Saber cómo los ciudadanos perciben la seguridad vial como uno de los problemas más preocupantes en Perú.
- 2) Conocer mejor aquellas áreas de seguridad vial en las que a los ciudadanos peruanos les gustaría que las autoridades trabajasen más y aquellas otras en las que los ciudadanos piensan que las autoridades no están haciendo aún lo suficiente.
- 3) Identificar aquellas otras áreas de la política de seguridad vial a la que los ciudadanos les gustaría que sus autoridades consideraran como prioritarias.

El manual desarrolla esta herramienta como un programa de seguridad vial ambicioso que persigue reducir la cifra de muertes en accidentes de circulación vial en Perú en los próximos años. El programa debe formular una combinación de iniciativas nacionales centradas en la mejora de la seguridad de los vehículos y de las infraestructuras, así como del comportamiento de los usuarios de la vía pública. La seguridad vial es un tema social importante.

Los objetivos estratégicos del programa de seguridad vial son los siguientes:

#### **Mejora de las medidas de seguridad para los vehículos:**

Es necesario seguir trabajando en lo relativo a los dispositivos de seguridad “pasivos” para los vehículos, tales como los cinturones de seguridad y los airbags. Así mismo es necesario comenzar a intensificar una serie de normas relativas a medidas de “seguridad activa”, por ejemplo, el control electrónico de la estabilidad obligatorio en vehículos ligeros y pesados, para reducir el riesgo de desestabilización o vuelco, los sistemas de advertencia de abandono del carril obligatorios en camiones y autobuses, sistemas de frenado automático de emergencia obligatorios en camiones y autobuses, los sistemas obligatorios de recordatorio del uso del cinturón de seguridad en los vehículos, los limitadores de velocidad obligatorios en las furgonetas y vehículos comerciales ligeros (ya existen en los camiones).

#### **Construcción de infraestructuras viales mas seguras:**

Se debe extender los principios sobre la gestión de la seguridad de las infraestructuras a las carreteras rurales/urbanas. Por tanto el manual exige los requisitos de seguridad que se tendrán en cuenta en las etapas de planificación y elaboración de anteproyectos y proyectos al planificarse una infraestructura.

También contempla la realización de auditorías de seguridad vial de las infraestructuras, la localización de tramos de concentración de accidentes e inspecciones. La extensión de estos principios a las carreteras rurales/urbanas.

#### **Impulso de la tecnología inteligente:**

Los proyectos pueden considerar implementar el uso de los sistemas de transporte inteligentes -ITS, al efecto de que puedan intercambiarse fácilmente datos e información entre los vehículos (V2V), así como entre los vehículos y las infraestructuras (V2I), por ejemplo, facilitando información en tiempo real sobre los límites de velocidad, los flujos de tráfico y la congestión, así como el reconocimiento de peatones.

#### **Mejora de la educación y la formación de los usuarios de la carretera:**

El usuario de la carretera es el primer eslabón en la cadena de seguridad y el más propenso a errores. Con independencia de las medidas técnicas que existan, la

eficacia de las políticas de seguridad vial depende en última instancia del comportamiento de los usuarios como son.

- ✓ Criterios mínimos para los instructores de conducción.
- ✓ La introducción de la conducción con acompañante en el proceso previo a la licencia de conducción, esto es, la determinación de la edad, la experiencia.
- ✓ La posibilidad de introducir períodos de prueba después del examen de conducción, aplicándose controles más estrictos a los conductores que hayan obtenido su licencia recientemente.
- ✓ La posibilidad de contemplar la conducción ecológica en las pruebas teóricas y prácticas para una conducción más segura y limpia.

### **Mejor cumplimiento de las normas:**

La eficacia de las políticas de seguridad vial depende en gran parte de la intensidad de los controles y del cumplimiento de las normas de seguridad. La aplicación de las normas sigue siendo un factor fundamental a fin de establecer las condiciones para una reducción considerable del número de víctimas mortales y heridos. El exceso de velocidad, la conducción bajo los efectos del alcohol y no utilizar el cinturón de seguridad siguen considerándose las tres principales causas de mortalidad en accidentes viales.

### **Fijación de un objetivo relativo a las lesiones en accidentes de carretera:**

La reducción del número de lesiones será una actuación prioritaria para los próximos años, los elementos de una estrategia relativa a las lesiones producidas en accidentes de carretera y a los primeros auxilios, algunos de los cuáles serán los siguientes:

- ✓ Formular definiciones comunes de las lesiones graves y leves
- ✓ Fomentar el intercambio de buenas prácticas entre en lo relativo a la reacción de los servicios de socorro en caso de accidente, así como contemplar la recopilación de datos y análisis sobre las lesiones.
- ✓ Estudiar el valor añadido de la creación e instalación de grabadores de datos sobre incidencias, las denominadas "cajas negras", especialmente en los vehículos que cuenten con software, para mejorar las investigaciones técnicas y el análisis de los accidentes.

### **Los motoristas como nuevo centro de atención:**

La Comisión se centrará en las motocicletas y otros vehículos de dos ruedas. Se propondrán medidas para los vehículos de motor de dos ruedas:

- ✓ Introducir varias medidas de seguridad funcional del vehículo como, por ejemplo, la instalación obligatoria de sistemas avanzados de frenado, encendido automático de las luces de cruce y medidas actualizadas contra la manipulación (para que no puedan quitarse los controles de la velocidad) en determinadas clases de vehículos de motor de dos ruedas.
- ✓ Formular normas técnicas sobre los equipos protectores (por ejemplo, la ropa) y estudiar la viabilidad de equipar las motocicletas con un colchón de aire o de incluir uno en las ropas protectoras.

#### 4.3.7.2 Planes específicos de seguridad vial

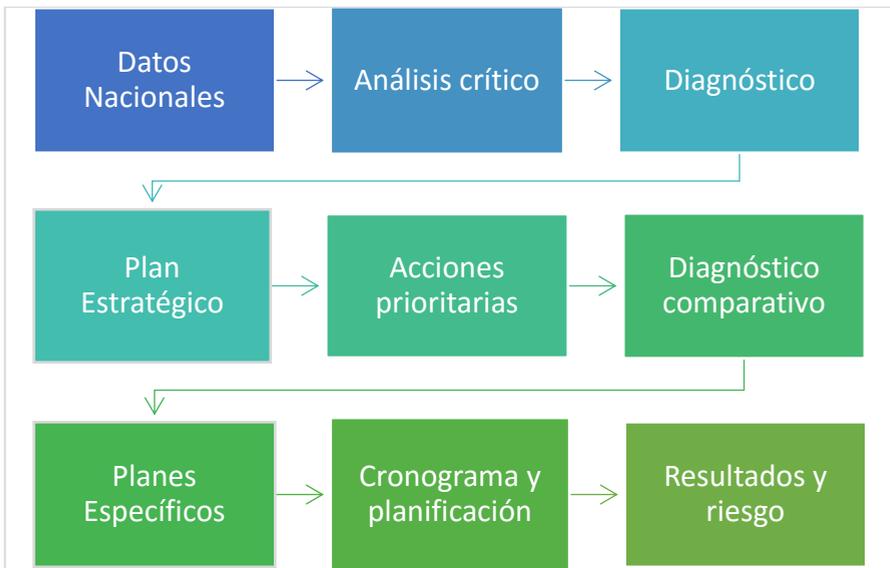
El tratamiento sistemático y comprensivo sobre seguridad vial relacionado a aspectos específicos o sectoriales precise, o al menos aconsejen, complementarse mediante la elaboración de planes específicos o sectoriales.

Entre los planes específicos tenemos a modo de ejemplo:

- ✓ Los planes de seguridad vial en las empresas.
- ✓ Los planes específicos de seguridad vial para usuarios vulnerables o de riesgo.

Existen otros ejemplos, como puede ser el Plan de Seguridad Vial Urbana, sobre el que las Municipalidades pueden elaborar un Plan de carácter técnico para guiar y homogenizar directrices y recomendaciones para los Gobiernos Locales con competencias en dicha materia.

Ejemplo de proceso de planes específicos



#### 4.3.8 RECOMENDACIONES PARA LOS PLANES

Un plan de seguridad vial debería incluir un buen análisis estadístico de la accidentalidad del país, analizando en detalle los accidentes con víctimas mortales y heridos graves. Es importante desagregar entre los accidentes producidos en zona urbana y zona interurbana. Asimismo, se recomienda analizar la accidentalidad por franjas de edad de las víctimas, por usuarios vulnerables (bicicletas, motocicletas, ciclomotores o peatones), por localización (en intersección o fuera de intersección), día de la semana y mes del año, con el objetivo de orientar de forma correcta las campañas de sensibilización en aquellos colectivos más afectados e implantar medidas de mejora de la red vial en aquellos puntos o tramos con mayor concentración de accidentes. Es recomendable incluir cartografía con la localización de puntos y tramos de concentración de accidentes.

#### 4.3.9 PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL

Es una herramienta de gestión, desde el ámbito gubernamental que aborda una política de Estado, y debe ser prioridad de la gestión pública. El PNSV es un modelo

sistémico para el desarrollo de la seguridad vial, que permite el logro de objetivos medibles cualitativa y cuantitativamente para el establecimiento de una cultura de prevención. Este modelo impulsa una mejora en la calidad de la vida de los ciudadanos y promueve el derecho de las personas a tener una movilidad segura, cualquiera sea su condición y calidad como usuario de las vías del país.

El PNSV es un instrumento vinculante para todas las entidades públicas, especialmente las integrantes del Sistema Nacional de Tránsito y Seguridad Vial. El PNSV complementa los objetivos del Plan Estratégico Multianual del MTC, donde se pronuncia directa e indirectamente acerca de tres objetivos estratégicos generales del tránsito y seguridad vial:

- ✓ Contar con infraestructura de transporte que contribuya al fortalecimiento de la integración interna y externa, al desarrollo de corredores logísticos, al proceso de ordenamiento territorial, protección del medio ambiente y mejorar el nivel de competitividad de la economía.
- ✓ Disponer de servicios de transportes de calidad, seguros y eficientes, incorporando la logística de transportes, preservación del medio ambiente e inclusión social.
- ✓ Participar activamente en el proceso de descentralización, orientado al desarrollo y fortalecimiento de capacidades, para mejorar la gestión de los gobiernos subnacionales en transportes y comunicaciones.

#### 4.3.9.1 Instrumentos de planificación

**El Plan General de Seguridad Vial** es especialmente relevante en tanto y en cuanto de él emanan los ámbitos de actuación y objetivos que deberán ser asumidos por el área competente. En particular, el Plan General de Seguridad recoge acciones encaminadas a la consecución de los siguientes objetivos mínimos en materia de tráfico:

- ✓ Reducir el número de víctimas y accidentes en nuestra red vial.
- ✓ Concienciar a la sociedad sobre el respeto a la normativa de seguridad vial.
- ✓ Recoger e intercambiar información y coordinarse con medios internos, agentes externos, instituciones y redes internacionales.
- ✓ Fomentar la formación en seguridad vial en los diferentes sectores de la sociedad.

Para ello, el plan debe identificar una serie de ámbitos de actuación que, particularmente, inciden en el tráfico y la seguridad vial:

- 1) Impulsar mecanismos de cooperación y coordinación de los servicios de la policía Nacional.
- 2) Impulsar la relación con las Policías Nacional para la observancia e interpretación de la normativa sobre tráfico, circulación de vehículos de motor y seguridad vial.
- 3) Impulsar la coordinación con el resto de Administraciones Públicas que conforman el Sistema de atención de emergencias y protección civil.
- 4) Establecer los estándares a adoptar por el conjunto de servicios de seguridad pública de las administraciones, que permita la transmisión de datos y la gestión y despacho de incidencias y recursos, con objeto de hacer efectiva la coordinación en tiempo real de los distintos recursos.

- 5) Contribuir a la prevención de accidentes de circulación mediante la puesta en práctica de actividades formativas e informativa de las y los conductores, remodelación de las infraestructuras a fin de reducir al mínimo los riesgos de accidentes y su gravead, así como fomentar una conducción segura.
- 6) Contribuir a desarrollar medios que hagan posible un control uniforme, continuo y adecuado de la observancia de las normas de circulación.
- 7) Procurar contribuir en la medida de lo posible a un mayor conocimiento de las causas, circunstancias y consecuencias de los accidentes, a fin de extraer las enseñanzas pertinentes y evitar de este modo su repetición.

#### **4.3.9.2 Transversalidad de la seguridad vial y la movilidad segura y sostenible**

Se trata fundamentalmente de instrumentos de planificación asociados a los ámbitos del transporte y la movilidad, la sostenibilidad, la educación, la juventud y la salud, lo que hace de esta cuestión un elemento absolutamente transversal en el contexto de las políticas públicas. A continuación, se proponen para desarrollar los principales instrumentos de planificación gubernamental vinculados:

- ✓ Plan Director de Movilidad Sostenible

Por su carácter sectorial, el Plan Director de Movilidad Sostenible debe ser elaborado por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, definirá como uno de sus objetivos operativos el aumento de la seguridad vial. Para ello, el Plan definirá dos líneas estratégicas:

- ✓ Potenciar los modos más sostenibles y disuadir el uso individual del coche.
- ✓ Favorecer la accesibilidad, seguridad y comodidad de los desplazamientos, entre las que se definen como actuaciones:
  - El impulso de los procesos de camino escolar seguro.
  - La creación de una red ciclista/peatonal (bulevares) intermunicipal para evitar los accidentes donde el nivel de conflicto es más elevado, al coexistir modos débiles (peatona, peatón y bici) con el vehículo en tramos donde estos últimos circulan a velocidad elevada.
  - Desarrollo del plan de seguridad vial del Perú.
  - El Plan ayudará a reforzar los compromisos asociados con la gestión de la demanda de movilidad y la seguridad vial.

#### **4.3.9.3 Estrategia**

En línea con la sostenibilidad, uno de los objetivos estratégicos de la Estrategia es el de "desarrollar un modelo de movilidad integrada y sostenible que facilite la vertebración en el interior del territorio y la conexión con el exterior en mejores actuaciones de competitividad", reconociendo que "la reducción del riesgo, materializados en accidentabilidad, supone una de las principales medidas de mejora en el plano social del sistema de movilidad". Así, la Estrategia propone la elaboración de planes de movilidad en todos los niveles institucionales y en los centros generadores de desplazamientos.

#### **4.3.10 CONTENIDO MÍNIMO DE PLAN DE SEGURIDAD VIAL**

Para la elaboración del contenido de un Plan de Seguridad Vial es imprescindible contar con los soportes fundamentales tales como:

- ✓ Apoyo y compromiso político a su más elevado nivel en el entorno territorial en el que se esté planificando el Plan de Seguridad Vial.
- ✓ Diagnóstico eficaz de la seguridad vial en el entorno territorial al que va dirigido el Plan de Seguridad Vial.
- ✓ Implicación máxima de las áreas de gobierno que se encuentren trabajando en temas relacionados con la seguridad en las carreteras, así como de otros agentes externos de interés.
- ✓ Sistemas de gestión y control del desarrollo de las actuaciones eficaces.

### **Antecedentes**

- ✓ Análisis resumen de los principales resultados de seguridad vial para determinar los riesgos y las acciones a realizar.

### **Definición del esquema del Plan**

- ✓ Acciones y líneas estratégicas del plan de seguridad vial
- ✓ Introducción de los últimos 5 años.
- ✓ Líneas generales de actuación (p.e. alcohol, velocidad, seguridad pasiva y planes locales de seguridad vial).
- ✓ Líneas secundarias de actuación (TCA's, comunicación al ciudadano).
- ✓ Actores/instituciones que se deben implicar.

### **Estudio de medidas de reducción de la accidentalidad en otros lugares**

- ✓ Recoger información referente a las medidas para mejorar la seguridad vial en otros lugares.
- ✓ Análisis de las medidas y líneas de actuación.
- ✓ Valoración de la posibilidad de implantación de estas medidas en el terreno.
- ✓ Valoración del impacto sobre la accidentalidad al terreno de estas medidas.

### **Definición de acciones**

- ✓ Definir los indicadores más adecuados para seguimiento de líneas y acciones, estableciendo valores actuales.
- ✓ Definir agentes implicados y propuesta de programación de cada acción.
- ✓ Segregar las acciones según se trate de Mantenimiento (de la seguridad vial) o de Mejora (de la seguridad vial), de acuerdo con los planes de seguridad vial anteriores.
- ✓ Detallar el contenido de las actuaciones.
- ✓ Realizar una priorización de las líneas de actuación.
- ✓ Incluir los conceptos de eficacia y eficiencia, así como el concepto de Costo/Beneficio, para cada acción, siempre que sea posible, para poder realizar un seguimiento continuo del plan.
- ✓ Normalización de los indicadores de los planes anteriores y el nuevo, en la medida de lo posible, a fin de poder extraer conclusiones que abarquen todos los planes hasta la fecha.
- ✓ Incluir una estimación de la población afectada para cada acción.

- ✓ Incluir una estimación del potencial de reducción de muertos o heridos graves para cada acción, siempre que sea posible.

### **Metodología de evaluación del Plan**

- ✓ Realizar una metodología de evaluación continua del Plan.
- ✓ Propuesta de data adicional que debe facilitar la entidad competente.

Detalle de la metodología propuesta para evaluar el plan desde una perspectiva costo/beneficio, incluyendo los resultados de los planes anteriores.

## **4.3.11 LISTA DE CHEQUEO PARA PLANES DE SEGURIDAD VIAL**

### **Data Básica De Seguridad Vial**

- Víctimas
  - ✓ Víctimas mortales.
  - ✓ Usuarios vulnerables.
  - ✓ Accidentes laborales de tránsito.
- Factores de riesgo
  - ✓ Velocidad excesiva.
  - ✓ Elementos de seguridad pasiva.
  - ✓ Alcohol, drogas y psicofármacos.
- Localización
  - ✓ Demarcaciones.
  - ✓ Intersecciones.
- Periodo temporal
  - ✓ Día de la semana.
  - ✓ Mes del año.

## **4.4 PROGRAMAS EDUCATIVOS**

### **4.4.1 PROPÓSITO**

La educación para la movilidad segura tiene como finalidad que los usuarios tengan la capacidad de ejercer su derecho a transitar por el espacio público respetando su salud y la de los demás.

Se recoge, por tanto, la necesidad de elaborar Programas Educativos que incidan en el aprendizaje de buenas conductas y hábitos vinculados a Seguridad Vial para las futuras generaciones.

Se deberá incluir todas las acciones y recursos diseñados para que las personas desarrollen las competencias necesarias para una movilidad eficaz, es decir, sostenible para el medio y segura para todos.

Los agentes educadores de todos los ámbitos (centros escolares, familias, escuelas de conductores, entre otros) deben aportar propuestas útiles.

### **4.4.2 PROGRAMAS EDUCATIVOS EN EL PERÚ**

El objetivo del programa es generar, en los estudiantes de los niveles de formación inicial, primaria, secundaria, técnica y superior; valores por el respeto y cumplimiento

a las normas de convivencia en sociedad priorizando aquellas relacionadas al uso correcto de las vías, el respeto a las normas de tránsito y seguridad vial.

El Programa de Educación en Seguridad Vial deberá contener las metodologías de enseñanza para los docentes de dichos niveles de educación, a fin de que estos aborden, en forma transversal y dentro de las asignaturas, temas, contenidos y actividades de educación en seguridad vial, durante todo el periodo del año escolar.

Dicho Programa promoverán en los estudiantes los valores por el respeto a las normas de convivencia social, priorizando el respeto a las normas de tránsito y a la importancia del correcto desplazamiento sobre las vías, (sea como peatón, ciclista, pasajero y/o conductor) y de esta forma contribuir a la reducción de los índices de accidentalidad a mediano y largo plazo. Los pilares de este programa son:

- a.** Capacitaciones: La Secretaria Técnica del CNSV en coordinación con la Dirección de Tutoría y Orientación Educativa del Ministerio de Educación planifica, programa y ejecuta capacitaciones a profesores y tutores de los niveles educativos de primaria y secundaria de Educación Básica Regular.
- b.** Objetivo general: Fortalecer la capacidad de los docentes para la implementación del Programa de Educación en Seguridad Vial en instituciones educativas de primaria y secundaria, que promueva la adquisición de conocimientos y el desarrollo de actitudes adecuadas en relación con la Seguridad Vial.
- c.** Objetivos específicos:
  - ✓ Sensibilizar y comprometer a los directores y docentes de instituciones educativas, en la aplicación de contenidos de educación en seguridad vial, que permita desarrollar en los estudiantes una cultura en educación vial.
  - ✓ Capacitar a los docentes para el desarrollo de la Programación Curricular y el aprendizaje de los estudiantes en contenidos y actitudes relacionados con la educación en seguridad vial.
- d.** Herramientas del Programa: Para asegurar el éxito del programa es necesario el diseño de textos de formación pedagógica para docentes de los niveles de Educación Básica Regular Inicial, Primaria, Secundaria, Técnica y Superior, los cuales se denominaron Guías de Educación en Seguridad Vial.

## **CAMPAÑAS E INICIATIVAS**

Se realizaran campañas periódicas de concientización en materia de Seguridad Vial, tales como por ejemplo campañas publicitarias en diferentes formatos: flyers, spots de radio y video.

Este programa de Comunicaciones en materia de Seguridad Vial tiene como uno de sus objetivos despertar el instinto de autoprotección y prevención al hacer uso de las vías. Asimismo brinda orientación e información pertinente a nuestra sociedad, generando una cultura de respeto por las normas viales.

El fin es que tanto estudiantes, como profesores y padres interactúen con aplicaciones que sean no sólo entretenidas, sino capaces de crear conciencia sobre la importancia de cumplir las normas de tránsito.

Por último se debe resaltar el papel educativo que desarrollan asociaciones, que realizan publicaciones y campañas informativas a fin de lograr transmitir los valores de una movilidad segura en la sociedad peruana.

#### **4.4.3 LA EDUCACIÓN EN SEGURIDAD VIAL**

La educación para la movilidad segura de las personas es un proceso continuo, que incluye todas las edades y agentes muy diversos, y que empieza en la familia y termina en la sociedad.

##### **LA FAMILIA**

El entorno familiar, es el primer agente educativo desde el nacimiento y es el más importante, dado que los padres son el principal marco de referencia para la evolución de sus hijos. Hace falta, pues, que la familia participe de forma activa buscando fórmulas de implicación y corresponsabilidad, tomando conciencia de su papel como agente educador y como modelo a seguir en los hábitos de seguridad vial. La familia debe ser uno de los mejores exponentes de un buen ejemplo como agente educador.

Cuando las entidades, ya sean públicas o privadas, planifiquen propuestas de educación vial, las familias deberán ser informados de las actividades que se van a realizar; ya sea mediante campañas o a través de la escuela y las juntas de padres.

##### **LOS CENTROS DE EDUCACIÓN (escuelas, universidades, institutos, entre otros).**

Se deberán abordar el desarrollo de un programa educativo, en prevención y seguridad vial, que incida en la necesidad de incluir en todas las etapas educativas, la educación en valores, con carácter transversal a todas las actividades escolares, a fin de plasmar en las enseñanzas mínimas del país, como en el desarrollo de los currículos escolares específicos.

Los programas de prevención y educación vial deberán implicar a los profesores y alumnos de todas las etapas educativas.

Las escuelas tienen como objetivos brindar y fortalecer; las actitudes, los valores y comportamientos, a los estudiantes a fin de garantizar su seguridad y de su entorno, así como fomentar la enseñanza de la educación en prevención y seguridad vial.

Su finalidad es mejorar la seguridad en los desplazamientos, tanto peatonales como motorizados, para incidir en la prevención de accidentes.

##### **LAS ESCUELAS DE CONDUCTORES**

Se deberán contemplar el aprendizaje de la educación vial en las escuelas de conductores, como un aspecto clave para obtener la licencia de conducir.

Se deberán enseñar los aspectos relacionados con el reglamento de tránsito y con el mantenimiento del vehículo. Sin embargo, la finalidad del sistema de formación debe ser la de conseguir formar conductores responsables.

##### **LOS CENTROS EVALUADORES**

Se deberán evaluar el aprendizaje de la educación vial en los circuitos de manejo como un aspecto clave para otorgar la licencia de conducir.

Se deberán evaluar los aspectos relacionados con el reglamento de tránsito y con el mantenimiento del vehículo. Asimismo, evaluar al postulante, la responsabilidad que demuestra durante su examen de manejo (como por ejemplo, respetar los usuarios de la vía, se concentra en el manejo, etc.).

## EL ENTORNO LABORAL

El desplazamiento obligado por motivos de trabajo, comporta un cierto número de accidentes de tránsito en el entorno laboral muy elevado. Las empresas han empezado a tomar conciencia de este problema y, cada vez más, se plantea la movilidad como un factor de riesgo laboral que se debe prevenir, a través de capacitaciones a los trabajadores sobre seguridad vial.

## LAS ENTIDADES PÚBLICAS

Si bien se han descrito en el apartado anterior los programas y campañas que promueve el MTC mediante su CNSV, es necesario el fortalecimiento y la continuidad de los mismos, así como el desarrollo de nuevos planes y programas de educación escolar.

Asimismo, es necesario fortalecer la capacitación y la posterior evaluación de los conductores de transporte público y de los profesores de las escuelas de conductores, a fin de crear conductores formados en seguridad vial.

Por último es necesario desarrollar un Plan de Comunicación Integral que, por un lado sensibilice a la población en materia de seguridad vial y, por otro, haga llegar a ésta la información correspondiente de lo que las entidades públicas del país están llevando a cabo. De este modo la educación vial se retroalimentará y se fomentará a partir del primer agente en materia de seguridad vial, la familia.

### 4.5 AUDITORÍAS E INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL

#### 4.5.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo contiene la definición, objetivos, alcances, frecuencias y oportunidades para desarrollar las Auditoría de Seguridad Vial (ASV), aplicado sobre nuevos proyectos viales o rediseños viales y vías en construcción, mientras que la Inspección de Seguridad vial (ISV), se aplica a vías en servicio u operaciones.

El proceso de Auditoría e inspección de Seguridad Vial es de tipo proactivo y busca anticiparse a la ocurrencia de los accidentes y/o siniestros; de esta manera es recomendable aplicar las ASV/ISV en todas las etapas del proyecto, desde su concepción hasta la operación. Las etapas de control y su aplicación muy intensiva comprende todo los ciclos del proyecto: factibilidad, estudio definitivo, expediente técnico, ejecución, pre apertura, operación y mantenimiento, así mismo, se ha demostrado que su eficiencia es mayor cuando se intervienen en las primeras etapas de los proyectos.

En tal sentido, la ejecución de las Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial se realizará de acuerdo a la presente normativa.

Ejemplo para la aplicación de auditorías e inspecciones

| Evaluación de la Seguridad Vial          | Auditoría de Seguridad Vial | Inspección de Seguridad Vial | Gestión de la Seguridad Vial | Gestión de Tramos de Concentración de Accidentes |
|--|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--|
| Estrategias preventivas                  |                             |                              | Estrategias reactivas        |  |
| Aplicado a proyectos y vías en ejecución |                             | Aplicado a vías en servicio  |                              |  |

#### **4.5.2 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS**

Las Auditorías e Inspecciones de Seguridad Vial se definen como el desarrollo de métodos sistemáticos con fines eminentemente preventivos, que permiten verificar el cumplimiento de todos los aspectos involucrados con la seguridad de las vías, su entorno y comportamiento. A partir del cual un grupo técnico idóneo, calificado e independiente, evalúa a la vía para reducir las posibilidades de que pueda producirse accidentes y, si los hubiera, que la propia vía tenga las características tales de minimizar las consecuencias negativas de la accidentalidad.

Por tanto, los objetivos que se persiguen con la realización de las ASV/ISV son fundamentalmente dos. Por un lado, se trata de asegurar que todas las vías operen en sus máximas condiciones de seguridad y la seguridad debe tenerse en cuenta en la planificación, en el proyecto, en la construcción de la obra y su mantenimiento. Asimismo, se trata de asegurar que estén expuestas a los mínimos riesgos y, cuando estos se producen y sucede el accidente, las consecuencias son las menores posibles. Finalmente se trata de reducir los costos. No solo los costos socioeconómicos derivados de los accidentes y sus víctimas sino también los costos de las medidas a implantar.

#### **4.5.3 PREOCUPACIÓN DE SEGURIDAD VIAL**

Durante una ASV/ISV cualquier situación, elemento o combinación de elementos futuros y/o existentes, que en opinión del grupo auditor pudieran contribuir a la probabilidad de accidentes y/o las relativas severidades de éstos, se denominará una preocupación de seguridad vial. Tradicionalmente, en una revisión de seguridad vial, por su naturaleza, se denominaban estas situaciones como deficiencias, problemas, errores, falta de cumplimiento con la normatividad o riesgos. La aplicación de estos adjetivos a circunstancias debatibles podrían llegar a causar conflicto entre el equipo auditor, el proyectista y la entidad contratante. Estos conflictos no suelen ser productivos y por ende se prefiere referir a las situaciones como preocupaciones.

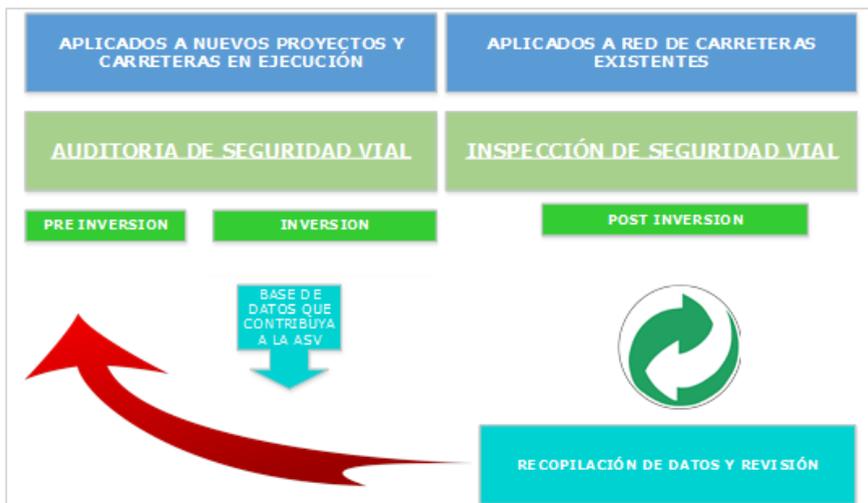
Una preocupación identificada por un grupo de auditores o uno de los auditores del grupo puede ser considerada de diferente manera por otro grupo auditor. Aun así, tratándola como preocupación sin connotación de error, se puede seguir con un diálogo sano para identificar y priorizar las acciones a tomar en cada ASV/ISV.

#### **4.5.4 ESTRATEGIA Y ALCANCE DE UNA ASV/ISV**

##### **4.5.4.1 Cuando realizar una Auditoría e Inspección**

Es necesario que las ASV/ISV sean una práctica rutinaria y común, de la misma forma en que son comunes la verificación estructural y el control de los puntos fijos de nivelación. Estas actividades deberán contemplarse como parte íntegra de los mecanismos de contratación existentes en el país tales como contratos de conservación vial, concesiones viales, entre otros. La función del proceso de una ASV/ISV estipula que, a intervalos regulares, se realice una evaluación independiente por parte de un equipo calificado. Luego, la entidad contratante considere esta evaluación y sus recomendaciones.

Figura 54. Relación entre etapas de un proyecto y la programación de ASV/ISV



La Figura 54, se indica cuando realizar las ASV/ISV. Por ejemplo, la ASV que se efectúa en la fase de inversión (durante el proceso constructivo) es necesario desarrollar la auditoria cuando se está ejecutando la obra, a fin de contar con los equipos y materiales disponibles para realizar las modificaciones.

Dentro del proceso de diseño y desarrollo de un proyecto vial hay hasta cinco oportunidades para realizar una ASV, independientemente del tamaño o naturaleza del proyecto:

- ✓ Al finalizar los estudios de perfil y factibilidad.
- ✓ Una vez desarrollado el diseño preliminar.
- ✓ Cuando el diseño detallado se encuentra al 80%.
- ✓ Durante el proceso de construcción (60 a 80%), y
- ✓ En la etapa de pre-apertura (o poco después de completado el proyecto).

Cuanto más temprano se audite dentro del proceso de diseño y desarrollo, es mucho mejor.

Las ASV/ISV se basan en parte en la identificación de "Puntos de Concentración de Accidentes" y los considera en forma proactiva con la idea de mejorar aquello que puede contribuir a los accidentes antes de que ocurran. Estudios de "Puntos de Concentración de Accidentes" pueden indicar donde suelen ocurrir los accidentes y estos lugares se marcan con señales similares como las mostradas en la Figura 55.

Figura 55. Señales típicas para Indicar donde hay Concentraciones de Siniestros o Accidentes



#### 4.5.4.2 Procedimientos

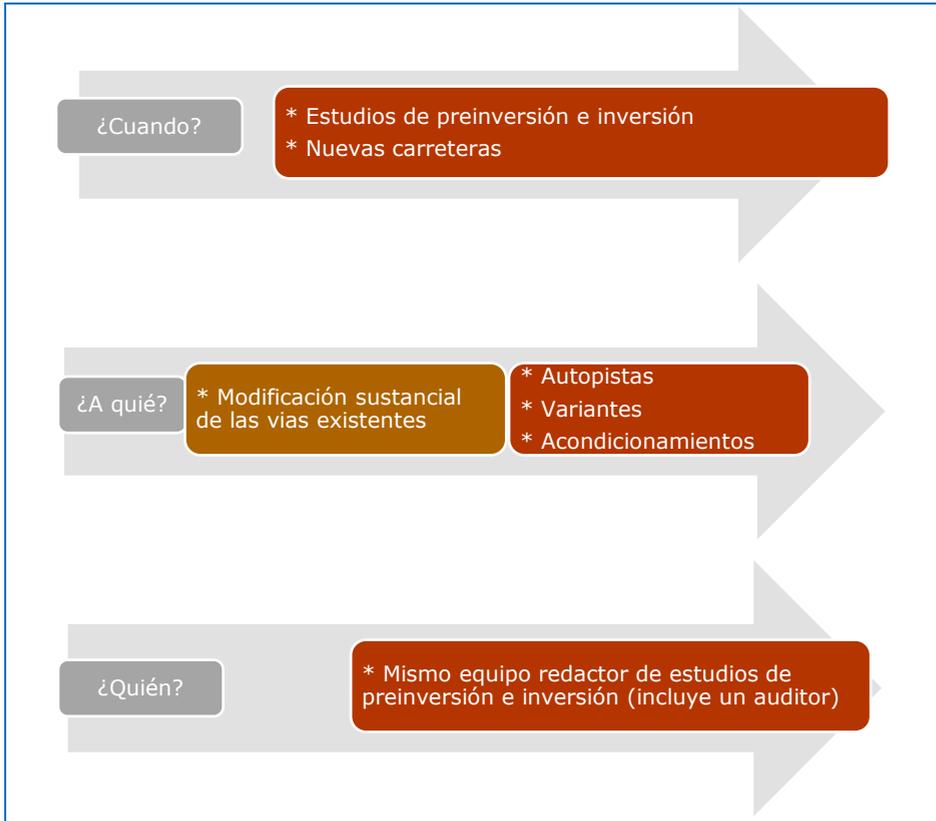
Ejemplo de procedimientos de intervención en las diferentes fases del proyecto

| Nuevas carreteras y modificaciones  | Carreteras en servicio  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación de impactos de la seguridad vial:<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Estudios informativos</li></ul></li><li>• Auditoria de seguridad vial:<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Estudios de pre inversión</li><li>✓ Proyectos: diseño, ejecución y modificación de obra</li><li>✓ Construcción: preapertura y puesta en servicio inicial.</li></ul></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Tramos de concentración de accidentes (TCA)</li><li>• Tramos de alto potencial de mejora de la seguridad vial (TAPM)</li><li>• Inspección de seguridad vial</li></ul> |

**Evaluación de impactos de la seguridad vial:** Análisis estratégico y comparativo, en la fase inicial de la planificación, para determinar la repercusión de una carretera de nuevo trazo o modificación sustancial de una carretera ya existente sobre la seguridad de la red vial.

- Durante la elaboración del estudio informativo de una actuación
- Analizar cualitativa y cuantitativamente el efecto de las alternativas contempladas sobre seguridad vial.
- Exponer las consideraciones en materia de seguridad que resulte relevantes para la elección de la solución propuesta en el proyecto.
- Facilitar información necesaria para realizar el análisis costo beneficio de las alternativas propuestas.

### Ejemplo de secuencia de evaluación de impacto de la Seguridad Vial



#### 4.5.4.3 La importancia de la prevención

La importancia de las auditorías e inspecciones reside en prevenir los hechos y tomar ciertas medidas de precaución que, a la postre, implican menor sufrimiento humano y menor costo a la administración pública.

La sociedad paga por una vía en varias formas:

- ✓ El costo de diseñarla.
- ✓ De construirla.
- ✓ De mantenerla.
- ✓ El costo de los usuarios.
- ✓ El costo para otros durante su vida útil.

Si en una vía o carretera hay un problema significativo de seguridad vial, durante la vida útil del proyecto los costos de los accidentes pueden ser el componente principal de los costos viales totales.

Las ASV de los diseños permiten cambiar una línea de lápiz en el plano, en lugar de tener que cambiar longitudes de hormigón o asfalto en el camino. Usualmente, para la comunidad es mucho más barato si el problema se evita antes de su construcción.

La seguridad operacional de una vía existente puede cambiar a través del tiempo, en tanto cambian los volúmenes, tipos de usuarios o usos de la tierra próxima. Una revisión de la seguridad vial de una vía existente, es cuando se la combina con otras herramientas disponibles al ingeniero especialista en seguridad vial, permite tomar acciones para brindar un nivel de seguridad vial coherente con el uso actual.

#### 4.5.4.4 Tipos de proyectos a Auditar e Inspeccionar

Las ASV/ISV son aplicables a todos los tipos de proyectos viales, en todo tipo de vía. No importa la envergadura del proyecto, sino la escala del peligro potencial que inadvertidamente el proyecto pueda ocultar.

Las ASV y las ISV pueden realizarse en proyectos viales tan diversos como por ejemplo:

- ✓ Autopistas de primera y segunda clase
- ✓ Carreteras de primera, segunda y tercera clase.
- ✓ En trochas carrozables.
- ✓ Caminos con doble calzada.
- ✓ Proyectos nuevos, mejoramiento, entre otros.
- ✓ Proyectos de intersecciones.
- ✓ Rutas peatonales o ciclovías.
- ✓ Caminos locales desviados en relación a proyectos de gran relevancia.
- ✓ Modificaciones en los esquemas de tránsito local como cambios de sentido de flujo.
- ✓ Mejoramientos de la semaforización.
- ✓ Rutas seguras para proyectos escolares.
- ✓ Modificaciones mayores de las rutas del transporte colectivo.
- ✓ Proyectos de conservación, entre otros.

Figura 56. Ejemplo de Ruta Susceptible de Inspeccionar



Algunas autoridades viales requieren que se audite o inspeccione un porcentaje de proyectos de diseño en vías importantes. Otras requieren todos los proyectos, o un porcentaje de proyectos, arriba de un valor para ser auditados y/o inspeccionados. Al decidir qué proyectos deberían auditarse y/o inspeccionarse antes que otros, un factor decisivo debería ser la frecuencia de accidentes tomando como prioridad vías con alta frecuencia de accidentes.

Las ASV/ISV también pueden realizarse en proyectos “fuera de vía”, pero que afectan vías cercanas o crean zonas “fuera de vía” que operan como tal. Por ejemplo, la creación de un complejo comercial podría afectar a los usuarios viales en términos de seguridad vial en algunos de estos casos:

- ✓ Conflictos vehículo/peatón en un estacionamiento nuevo de vehículos.
- ✓ Número creciente de peatones que cruzan el camino adyacente.
- ✓ Desborde del estacionamiento sobre una vía adyacente muy transitada.
- ✓ Visibilidad restringida o demoras en el acceso de los vehículos al centro comercial.
- ✓ Cambios en la circulación de los vehículos de transporte y accesos de usuarios.
- ✓ Cambios en acceso/egreso de camiones de reparto.

#### **4.5.4.5 Requisitos que debe cumplir una vía para ser Auditada y/o Inspeccionada**

No existen requisitos rígidos cuantitativos para determinar la necesidad de auditar y/o inspeccionar una vía. Todas las vías deberían ser auditadas durante su diseño, construcción e inspeccionadas durante su operación. Sin embargo se deberán priorizar aquellas vías que presenten un alto número de fatalidades o heridos de gravedad.

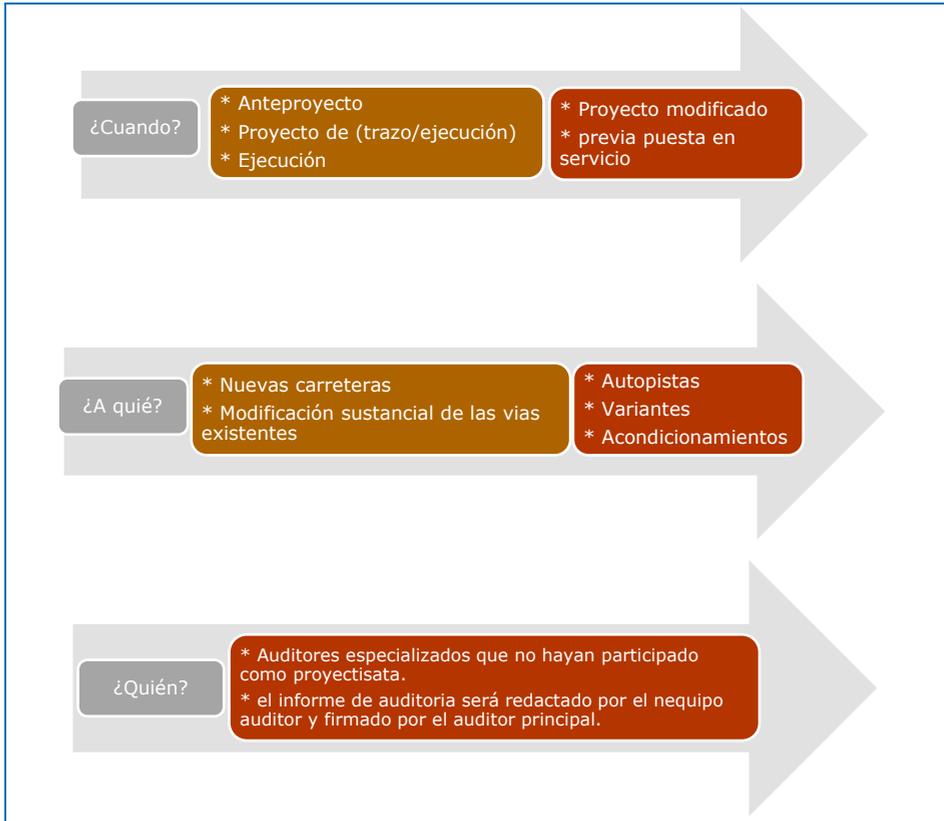
### **4.6 AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL**

#### **4.6.1 ASPECTOS GENERALES**

Cuando la auditoría ha de hacerse sobre la idea de una nueva construcción, la primera de sus etapas es la planificación. Es la etapa donde los auditores han de analizar el diseño del tramo con los responsables de la planificación del uso del suelo, del transporte, de los usuarios a los que habrá de dar servicio, etc., esto es, con todos los implicados en la toma de decisiones respecto del proyecto de la futura carretera. Sin duda es en esta fase cuando se toman las decisiones más importantes sobre el trazo, las distintas opciones de itinerarios, la elección de los tipos de intersección, equipamientos de seguridad, balizamiento, etc.

Adicionalmente, una carretera nueva afecta inexorablemente a la actividad vial y a la actividad económica del entorno vial y socioeconómico respectivamente en que se inserta. Desde el punto de vista vial, la nueva vía deberá contemplar cuáles son las características predominantes de la vía existente, de manera que se considere la homogeneidad y continuidad de itinerarios con criterios de diseño y seguridad, así como realizar estudios de tráfico para determinar cuál será la nueva demanda de movilidad, su tipo y las interacciones vehiculares que puedan resultar.

### Ejemplo de secuencia para Auditoria de Seguridad Vial



#### 4.6.2 OBJETIVOS Y BENEFICIOS DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL

##### **Objetivos:**

##### **OBJETIVO DE UNA ASV:**

El objetivo central siempre será la prevención de la accidentalidad, la reducción del número de accidentes, como la mitigación de la gravedad o severidad de los mismos, y en general minimizar el número de personas lesionadas y salvar vidas humanas.

A partir de este objetivo principal, se pueden también establecer algunos otros como:

- ✓ Asegurar que todas las vías operen en sus máximas condiciones de seguridad; la seguridad se debe tener en cuenta desde la idea del proyecto, diseño y en la ejecución.
- ✓ Reducir la posibilidad de aparición de situaciones de riesgo que puedan implicar accidentes.
- ✓ Reducir los costos, no sólo los costos socioeconómicos que implican las víctimas de los accidentes, sino también los costos de implantación de medidas correctivas para reducir la accidentalidad una vez que la carretera ya ha sido abierta al tráfico.
- ✓ Identificar las condiciones de seguridad para todos los usuarios de la vía, para analizarlas y tomar las medidas correctivas pertinentes; en este mismo orden.

- ✓ Destacar e informar acerca de riesgos puntuales que existen en la vía que se audite y contribuir a minimizar los costos de probables modificaciones que pudieren ser necesarias para mitigar riesgos potenciales de accidentes durante la explotación de la vía.
- ✓ El principio rector será privilegiar la seguridad a toda costa, por encima de la movilidad, de la capacidad o de cualquier otro factor.

### **Beneficios:**

Entre los beneficios que se obtienen cuando los proyectos viales son debidamente auditados en seguridad vial, se pueden indicar:

- a) Prevención y reducción de riesgos de accidentes.
- b) Menor severidad en efectos de accidentes en las rutas auditadas.
- c) Minimizar inversiones en obras de seguridad vial durante la vida útil del proyecto.
- d) Elevar el nivel de conciencia acerca de la importancia de la seguridad vial y de la consecuente inversión en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto vial.
- e) Se reduce los costos de medidas paliativas para la mejora de la seguridad en la fase de operación y mantenimiento.
- f) Los costos del proyecto se reducen, incluyendo el costo económico y social de los accidentes.

Sin embargo, el cumplimiento de la normativa de diseño es un buen punto de partida, pero no garantiza la seguridad de las vías, ya que:

- a) La normativa establece normalmente unos estándares mínimos que deben cumplirse. La combinación de un conjunto de "mínimos" puede dar lugar a situaciones con déficit de seguridad.
- b) La normativa generalmente cubre situaciones generales, pero no todas las situaciones que pueden presentarse.
- c) La normativa se desarrolla para satisfacer un conjunto de necesidades: costo, capacidad, seguridad, pero no son los únicos elementos a tener en cuenta.
- d) El diseño de un elemento de la vía de acuerdo a la normativa puede ser seguro por sí mismo, pero puede dar lugar a situaciones peligrosas cuando se combina con otros elementos.
- e) La normativa podría estar en algunas ocasiones, desactualizada.

Además, existen algunos inconvenientes para la implantación de auditorías, que han llevado a que la generalización del proceso se haya retardado en muchos países; los principales puntos críticos de la realización de ASV son:

- a) Aumento de los costos en la fase de proyecto.
- b) Posibles retrasos en la fase de proyecto y construcción.
- c) Problemas de responsabilidad legal.

A su vez es necesario tener en cuenta que una ASV:

- a) No es una verificación de cumplimiento de los estándares de diseño.
- b) No es una investigación de accidentes.

- c) No es aplicable sólo a proyectos de alto costo o que tienen problemas de seguridad vial.
- d) No es una metodología para comparar distintos proyectos o seleccionar entre proyectos alternativos.

#### **4.6.3 LAS PARTES DE UNA AUDITORÍA Y SU PAPEL EN LA ORGANIZACIÓN**

Los procesos de una Auditoría en Seguridad Vial no involucran a una sola persona o entidad, sino que requieren de la interacción de diversas partes u organizaciones en donde cada una tiene una función específica la misma que se define.

##### **4.6.3.1 El proyectista**

Para iniciar los procesos de una auditoría, el proyectista debe facilitar toda la información básica del proyecto y los detalles generales del mismo. Es importante que el encargado del proyecto informe al auditor de todos aquellos elementos que no cumplen con los estándares correspondientes y explique las razones de ello o de cualquier elemento relevante que afecte la seguridad vial. Una vez que recibe el informe de la auditoría, el proyectista debe evaluar las observaciones del auditor y asumir una postura clara ante éstas y dar una respuesta por escrito de las modificaciones de diseño llevadas a cabo.

Si el proyectista considera que existen razones de fuerza mayor para no aceptar alguna recomendación en particular, después de haberlas discutido con el auditor, deberá remitir un informe de excepción a la entidad dueña de la obra, para que éste adopte una decisión. Por tanto es responsabilidad del proyectista:

- ✓ Decidir la acción requerida en respuesta al informe de auditoría y sus recomendaciones.
- ✓ Documentar estas decisiones.
- ✓ Implementar las decisiones mediante la corrección del proyecto.
- ✓ Retroalimentar la experiencia de la organización para evitar problemas recurrentes de diseño.
- ✓ Enviar una copia de las decisiones documentadas al auditor.

##### **4.6.3.2 El equipo auditor**

La función de un auditor es identificar todos aquellos problemas que puedan representar un riesgo potencial para la seguridad, desde la perspectiva de cada uno de los usuarios de la vía; para ello, debe realizar una revisión cuidadosa de los principios de seguridad utilizados en el diseño y construcción de la obra; durante su revisión debe señalar y describir claramente todas las circunstancias y deficiencias detectadas que puedan llevar a la ocurrencia de un accidente o a generar un mayor daño cuando este haya ocurrido. Es importante mencionar que no es responsabilidad del auditor rediseñar las deficiencias ni realizar cambios en el proyecto distintos de los relativos a la seguridad, debe enfocarse, a señalar y describir las deficiencias del proyecto que pongan en riesgo la seguridad de los usuarios. Puede hacer algunas recomendaciones generales, con el fin de orientar al proyectista, pero sin entrar en detalles.

Es importante señalar que el auditor no debe limitarse a revisar que un proyecto cumpla con los estándares de diseño, ya que éstos son sólo una herramienta que debe usar como punto de referencia; es recomendable desarrollar la auditoría en función a su experiencia como especialista y a otras casuísticas. Posteriormente el equipo auditor deberá presentar de manera precisa en un informe las observaciones

y recomendaciones realizadas; este proceso deberá repetirse hasta que las recomendaciones sean totalmente comprendidas y asumidas.

Para la conclusión formal de la auditoría, el auditor certificará que la fase final de la auditoría ha sido completada de la forma descrita.

#### 4.6.3.3 La entidad contratante

La entidad contratante, es la organización o dependencia que asigna la realización del proyecto y es propietaria de la obra, pues define los términos de referencia en que han de llevarse a cabo los procesos de la auditoría. En algunas ocasiones, deberá tomar un papel de árbitro, específicamente en aquellas situaciones en donde se presente una controversia entre el proyectista y el auditor; en este caso, la entidad contratante puede auxiliarse contratando a un tercero, que puede ser una firma o consultor para que actúe como su representante. Lo anterior puede resultar especialmente necesario cuando las controversias surjan en aspectos del proyecto que requieran del conocimiento de profesional especializado en el área. Entre sus principales funciones se destacan los siguientes:

- ✓ Seleccionar un equipo de auditoría.
- ✓ Proveer toda la documentación.
- ✓ Mantener una reunión con el auditor.

#### 4.6.3.4 Compromisos

El compromiso entre la entidad contratante, el equipo auditor y el proyectista, es garantizar el desarrollo óptimo de las auditorías a fin de mejorar la seguridad de la vía en intervención. A continuación se presenta una tabla con los principales procedimientos y compromisos:

Ejemplo de procedimientos y compromisos de la Auditoría de seguridad Vial

| <b>Procedimientos y Compromisos en la Aplicación de la ASV</b> |                            |                       |                    |
|--|----------------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA ASV</b>                           | <b>COMPROMISOS</b>         |                       |                    |
|  | <b>Entidad contratante</b> | <b>Equipo Auditor</b> | <b>Proyectista</b> |
| Selección del Equipo Auditor                                   | ✓                          |                       |                    |
| Recopilación y entrega de antecedentes                         |                            |                       | ✓                  |
| Reunión inicial y presentaciones entre los participantes       | ✓                          | ✓                     | ✓                  |
| Revisión de la documentación e informes de ASV anteriores      |                            | ✓                     |                    |
| Inspección en campo (bajo todas las condiciones)               |                            | ✓                     |                    |
| Elaboración del informe con los resultados de la ASV           |                            | ✓                     |                    |
| Reunión final  | ✓                          |                       | ✓                  |
| Entrega del informe de la ASV                                  |                            |                       |                    |
| Revisión de los resultados y recomendaciones del informe       | ✓                          |                       | ✓                  |
| Respuesta formal al informe de la ASV                          | ✓                          |                       | ✓                  |
| Definición sobre medidas de mitigación a implementar           | ✓                          | φ                     |                    |
| Implementar las medidas de mitigación                          | ✓                          |                       |                    |
| φ U otro consultor   |                            |                       |                    |

#### 4.6.4 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL

Una adecuada auditoría, deberá presentar las siguientes características básicas:

- ✓ La auditoría es una actividad sometida a un procedimiento formal, lo que significa que ha de estar regulado, definido y pautado. Esto excluye de la definición cualquier actuación imprevista e informal.
- ✓ Las personas a quienes se encomienda la labor de auditar –auditores- han de contar con la debida formación y experiencia en la materia. Es importante que el equipo auditor tenga independencia respecto del resto de agentes involucrados con la titularidad de la vía o el diseño del proyecto, en su caso. Además, dependiendo del caso, se podrían incorporar profesionales con conocimiento y experiencia en la instalación y mantención de dispositivos de control, con experiencia en mantenimiento de infraestructura vial, o con conocimientos asociados al factor humano. Los profesionales con conocimientos del factor humano pueden contribuir proveyendo una comprensión de la naturaleza interactiva del comportamiento del usuario de la vía y su ambiente
- ✓ La auditoría es una actividad exclusivamente destinada a evaluar la seguridad y los riesgos potenciales de accidentes en una carretera, a fin de establecer un diagnóstico y hacer propuestas de actuaciones y medidas encaminadas a reducir aquellos. Sólo la seguridad ha de centrar el objetivo de la evaluación.
- ✓ Finalmente, la evaluación ha de hacerse desde una óptica integral que permita atender a las exigencias de seguridad de todos los usuarios de la vía.

En el Manual se establece los criterios a seguir en las diferentes fases, a fin de estandarizar los procedimientos para la ejecución de la auditoría y el cumplimiento de sus fines, cabe aclarar que las auditorías de cada fase son procesos independientes y en cada una de ellas se redactará un informe.

La auditoría no constituye un proceso de rediseño, tampoco son estudios de investigación de accidentes, ni están reservadas a proyectos donde existan necesariamente problemas de seguridad, ni son simples comprobaciones del cumplimiento de la normativa vigente, la auditoría goza de una visión amplia, integradora, multidisciplinar, y continua en el tiempo.

Todo lo anterior se relaciona de alguna manera con el concepto de que si bien el cumplimiento de la norma es un punto de partida fundamental en el diseño de las carreteras, éste no garantiza por sí mismo la seguridad vial.

En lo que se refiere a la independencia, resulta imprescindible garantizar la imparcialidad del auditor, exigir su independencia tanto del organismo gestor o titular de la vía como del equipo encargado del diseño y/o ejecución de la carretera, así como de cualquier agente implicado en el campo de la seguridad vial y el equipamiento de seguridad vial. En este punto, el MSV exige que el auditor no haya participado en la concepción o explotación del proyecto de infraestructura.

La eficiencia de la auditoría, de forma sintética, puede afirmarse que depende de los siguientes puntos claves:

- ✓ El equipo debe ser pluridisciplinar, esto es, contar con expertos en las diferentes áreas de interés: expertos en seguridad vial, diseño de carreteras, accidentalidad, explotación de bases de datos, etc. El número de integrantes del equipo variará dependiendo de la envergadura y complejidad del proyecto.

- ✓ Entre el equipo auditor y los responsables de la gestión, debe existir una relación fluida y capacidad de diálogo y acuerdo, a fin de optimizar recursos y que todas las decisiones se adopten haciendo prevalecer los criterios de seguridad para todos los usuarios de la carretera.
- ✓ Es importante que exista claridad en la asignación de responsabilidades, en último extremo, el responsable final seguirá siendo la administración gestora.

Los principales beneficios que reportan las ASV podríamos centrarlos en los siguientes:

- ✓ Permiten reducir la posibilidad de que se produzcan accidentes en la red de carreteras.
- ✓ Permiten reducir las consecuencias de los que inevitablemente se produzcan.
- ✓ Se maximiza la importancia de la seguridad vial para todos los intervinientes en el sistema: titulares de las vías, responsables del diseño, de la gestión, del mantenimiento, de la gestión del tráfico, etc.
- ✓ Se reducen los costos de las medidas a aplicar para la mejora de la seguridad vial.
- ✓ Se reducen los costos globales derivados de toda la vida útil de la carretera.
- ✓ Se incrementa la exigencia de seguridad más allá de lo establecido en las normas.
- ✓ La entrega de informes se realizará bajo un procedimiento formal las comunicaciones y el informe final de la auditora, se efectuarán por escrito y serán entregados a la autoridad competente a cargo de las decisiones sobre esta materia.

#### **4.6.5 AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL DURANTE EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO**

En necesario destacar que todos los esfuerzos que se hagan en las fases iniciales del desarrollo del proyecto, en lo que es llamado el estudio de pre inversión, serán altamente rentables si se generan diseños que llevan implícita la seguridad vial ya que ello podrá evitar urgentes inversiones en seguridad.

##### **4.6.5.1 Auditorías en perfil y factibilidad**

En esta etapa del proyecto, una Auditoría de Seguridad Vial evalúa el funcionamiento potencial de seguridad analizando el alcance, normas de diseño, el trazo de la ruta, la selección de los parámetros de diseño de acuerdo con las especificaciones y los usos del suelo adyacente, el impacto sobre la red existente, la continuidad de la ruta, la disposición de intercambiadores o intersecciones, la velocidad máxima de diseño, el control de accesos, el número de carriles, los terminales de la ruta, la infraestructura para peatones, entre otros aspectos.

Para proyectos de envergadura, la selección de un concepto o criterios de diseño inadecuados en esta etapa, puede ser casi imposible de rectificar posteriormente. Considere cuán difícil sería cambiar los diseños si los conceptos siguientes se seleccionan y diseñan inicialmente, pero luego se determina que son de seguridad deficiente:

- ✓ Una rotonda, en lugar de semáforos.
- ✓ Un bypass a un costado de un pueblo, más que en otro.
- ✓ Un carril de emergencia en un lado; más que en ambos lados de un puente.

El resumen de diseño puede tener problemas como:

- ✓ Referencia a normas desactualizadas, o que ya no son la de práctica mundial.
- ✓ Referencia a normas inadecuadas (por ejemplo, una velocidad de diseño de 60 km/h en una vía arterial).
- ✓ Requerimientos mínimos de diseño demasiado rígidos y que no permite mejorar los diseños, donde se pruebe que son posibles.
- ✓ Falta de una adecuada apreciación acerca de cómo una especificación puede tener un impacto de seguridad adverso sobre otros elementos del proyecto.
- ✓ Ausencia de criterios de diseño para operación segura de camiones.
- ✓ Falta de inclusión de requerimientos básicos de diseño vial.

Una deficiente elección de los criterios de diseño puede tener un impacto adverso sobre temas básicos de seguridad, como la distancia de visibilidad y la confiabilidad de la vía. Una auditoría del resumen de diseño optimiza el tiempo empleado más tarde para tratar de ajustar un pobre diseño. Sin embargo, esto no niega la necesidad de auditorías en etapas posteriores.

¿Por qué realizar una auditoría en la etapa de perfil y factibilidad?

- ✓ Para poner a la ingeniería de seguridad en la consideración de opciones.
- ✓ Para influir en la seguridad cuando haya mayor amplitud para el cambio.
- ✓ Para evitar los obvios problemas de seguridad que pueden estar "encerrados" una vez comiencen los diseños o se adquiera la tierra.
- ✓ Para asegurar en el diseño la consideración de todos los grupos de usuarios viales.
- ✓ Para verificar que el concepto sea compatible con el tipo de vía y expectativas del usuario.
- ✓ Para verificar que las normas de diseño sean compatibles con el tipo de vía y expectativas del usuario:
  - Para mirar más allá del proyecto y considerar efectos en las zonas de transición y fuera del proyecto
  - ¿cómo se ajusta en su entorno?
  - ¿es coherente?
  - ¿la etapa comprende compromisos o será insegura?
  - ¿es adecuado el alcance del proyecto, o hay trabajos adicionales necesarios en otro lugar?

Los auditores deben visualizar cómo se afecta con el proyecto la continuidad de la red vial adyacente e identificar las necesidades de seguridad de todos los usuarios de la vía, es decir, peatones, pasajeros y conductores. En las áreas urbanas es clave que el auditor analice las zonas de influencia del proyecto, su clasificación por usos del suelo y su integración a la seguridad total del mismo. Es importante tener en cuenta el análisis en distintos escenarios, como condiciones meteorológicas adversas, análisis diurno y nocturno, perfiles de usuarios, entre otros. Es necesario incluir un especialista en cualquier aspecto inusual del proyecto y/o alguien más con conocimientos de seguridad que pueda generar discusión.

#### 4.6.5.2 Auditorías en diseño preliminar

Esta auditoría ocurre al finalizar el diseño preliminar o trazo funcional de la vía. En esta etapa, las consideraciones típicas incluyen los alineamientos, la disposición de las intersecciones, el tipo de vía, el ancho de carril y de terraplén, la pendiente transversal horizontal y longitudinal de la rasante, el peralte, los espacios para vehículos parqueados, conductores y peatones, y los elementos para el control de la operación, entre otros.

Los objetivos primarios en esta etapa son evaluar la seguridad relativa de las intersecciones e intercambios, los alineamientos horizontal y vertical, la sección transversal, la distancia de visibilidad, y otros parámetros de diseño.

En las áreas urbanas se deben incluir dentro de la evaluación los elementos de control para seguridad de peatones y ciclistas, y de acuerdo con los usos del suelo considerar todos los dispositivos e infraestructuras que mitiguen el impacto de las obras de infraestructura vial para la seguridad de peatones y residentes. Las Auditorías, en esta fase, deben realizarse antes de finalizar la adquisición de terrenos, para evitar complicaciones si se requieren cambios significativos del alineamiento o de la ubicación de infraestructura urbana.

Para proyectos de envergadura, los cambios significativos posteriores en el alineamiento del camino se vuelven difíciles de realizar después de esta etapa, en tanto comienzan la adquisición de tierra y otros asuntos legales asociados.

La auditoría puede identificar características “inusuales”, que pueden ser o no problemas de seguridad: se requiere el juicio ingenieril. Donde los usuarios puedan usarlas erróneamente, las características incoherentes o inesperadas pueden ser peligrosas. Hay que tener cuidado para asegurar que una auditoría no reprima una innovación con un buen nivel de seguridad, simplemente porque no es una forma estándar de tratar un asunto.

¿Por qué una ASV en la etapa de diseño preliminar?

- ✓ Para verificar si se ha desarrollado la auditoría en la fases previas.
- ✓ Para identificar algún detalle desatendida en la auditoría previa.
- ✓ Para evitar gastar costoso tiempo de diseño si sólo se hace una auditoría de etapa de diseño detallado.
- ✓ Para verificar qué normas se usaron y qué desviaciones existen.
- ✓ Para verificar la consideración de todos los usuarios probables, por ejemplo:
  - Los vehículos, ¿pueden girar seguramente?
  - Los usuarios viales, ¿pueden verse mutuamente?
  - Los usuarios viales, ¿pueden ver los dispositivos?
  - ¿Se da acceso a las propiedades?
- ✓ Para verificar la adecuación de reserva de ancho de vía.
- ✓ Para verificar los esquemas de intersecciones y otros puntos de conflicto.
- ✓ Para alertar a los proyectistas sobre áreas de preferente atención durante la etapa de diseño detallado.
- ✓ Para verificar los detalles en las conexiones a la vía existente, por ejemplo:
  - Coherencia.

- Los objetos fijos pueden quedar en una posición más vulnerable.

Los auditores en esta etapa de diseño preliminar requieren las mismas aptitudes que para el perfil y la factibilidad, pero no todos los miembros del equipo necesitan ser tan experimentados. Incluya a los profesionales locales con conocimiento local de las actividades de los usuarios viales.

#### **4.6.5.3 Auditorías en estudio definitivo (diseño detallado)**

La auditoría se inicia cuando el diseño detallado se encuentra al 80%. Los aspectos a estudiar en esta fase incluyen, como su nombre indica, elementos como la señalización vertical y horizontal, los sistemas de contención, la iluminación, el mobiliario urbano, el apantallamiento visual y/o acústico, las instalaciones para los usuarios vulnerables, los elementos de seguridad de las intersecciones, el margen de la vía, etc. En esta fase es importante incluir la idea de que los mínimos pueden no ser suficientes, de modo que el simple cumplimiento de la norma es fundamental, pero puede no ser suficiente para garantizar la seguridad.

¿Por qué una ASV en la etapa de diseño detallado?

- ✓ Para verificar si se ha desarrollado la auditoría en las fases previas.
- ✓ Para identificar algún detalle desatendida en la auditoría previa.
- ✓ Es la última posibilidad de mejorar el diseño “en el papel”.
- ✓ Para verificar qué normas se usaron y qué desviaciones hubo desde las normas (si esto no se hizo durante una auditoría anterior).
- ✓ Para verificar los planos de señalización, demarcación y paisajismo.
- ✓ Para verificar la consideración de todos los usuarios probables, por ejemplo:
  - ¿Pueden los vehículos girar seguramente?
  - ¿Pueden los usuarios verse mutuamente?
  - ¿Pueden los usuarios ver los dispositivos?
  - ¿Son adecuados los alineamientos y las secciones transversales? ¿hay objetos fijos presentes?
- ✓ Para verificar la interacción de los elementos detallados.
- ✓ Para verificar los detalles en las conexiones con la vía existente

El equipo auditor en esta fase de diseño detallado: deberá incluir a un especialista familiarizado con los tipos de detalles que el proyecto incluye, por ejemplo, alguien con experiencia en semáforos, señales, iluminación de calles, ciclovías, barreras de contención o cualquier otro tema particular. Deben ser capaces de examinar críticamente los detalles.

#### **4.6.5.4 Auditorías en ejecución**

En esta etapa, una ASV debe verificar que el proyecto en construcción sea adecuado desde el punto de vista de seguridad vial; así mismo, se debe verificar que los desvíos de tránsito y la señalización temporal sean compatibles con la continuidad de ésta, con los tramos no afectados por la construcción y con la transición de la señalización definitiva de toda la obra.

Es conveniente verificar que la construcción se ha realizado de acuerdo a los planos del proyecto y para revisar que no existe ninguna condición o situación peligrosa que no haya sido advertida en las auditorías previas.

#### 4.6.5.5 Auditorías de esquemas de tránsito de trabajos viales

En todos los proyectos viales, durante la construcción de infraestructuras se interactúa con el usuario de la vía o vías colindantes. En las ubicaciones donde exista interacción, hay posibilidades potenciales de choques, en general debidos a:

- ✓ Cambios en el trazo de la vía.
- ✓ Conductores o peatones que no modifican su comportamiento para ajustarse a las condiciones cambiadas.
- ✓ Usos conflictivos entre características permanentes y temporales.
- ✓ El espacio limitado en el cual pueden acomodarse los errores de juicio.

Las autoridades viales se esfuerzan en gran medida para dar la seguridad adecuada por medio del desarrollo de los manuales de seguridad de los lugares de trabajo, y códigos de prácticas de trabajos viales. Puede considerarse que estas prácticas dan suficiente seguridad sin la necesidad de auditorías de las disposiciones temporales de tránsito. Este puede ser el caso, pero, como con las normas de diseño, "las normas no garantizan la seguridad".

- ✓ Las normas y códigos de prácticas sólo cubren las situaciones más comunes.
- ✓ El trazo particular de un lugar puede dificultar la aplicación de la norma.
- ✓ El texto de una norma puede no ser comprensible, en tanto se refiera a una situación particular.
- ✓ Las personas responsables de las disposiciones de tránsito pueden ser "ciegas" a un peligro particular por medio de la familiaridad, o interés acerca de otros temas.

Así, hay beneficios en buscar consejos independientes de seguridad vial en la forma de una auditoría de seguridad vial.

¿Por qué auditar esquemas de tránsito?

- ✓ Típicamente, los lugares de trabajos viales comprenden un entorno de cambio de velocidad, conflictos adicionales y espacio de camino confinado, que pueden incrementar la probabilidad de accidentes.
- ✓ Durante los trabajos de construcción, las disposiciones del tránsito pueden cambiar varias veces y no parecerse a las disposiciones permanentes. Las auditorías en las etapas de diseño pueden dar poca indicación de la seguridad de trabajos temporales.
- ✓ Los contratistas de construcción pueden no apreciar los puntos más finos de la administración del tránsito, seguridad a los laterales de la vía y la operación de los dispositivos de seguridad
- ✓ Para verificar qué disposiciones estándares se aplican por coherencia.
- ✓ Para evaluar si las disposiciones estándares son adecuadas para las condiciones particulares.
- ✓ Para evitar mensajes conflictivos desde dispositivos permanentes y temporales, y entre líneas, señales, delineación y otros dispositivos.
- ✓ Para verificar qué señales se usan para sus correctos propósitos.
- ✓ Para dar seguridad al personal de trabajo y al público viajero.

- ✓ Para garantizar que sea seguro cualquier punto de conexión o cruce de tránsito de obra y público.

#### 4.6.5.6 Auditorías en preapertura

Antes de dar inicio al servicio de una vía o infraestructura que afecte la movilidad, el equipo de la Auditoría debe realizar una inspección del sitio para verificar que las necesidades de seguridad de todos los usuarios estén satisfechas, así como determinar si existen condiciones de riesgo que no eran evidentes en la etapa de diseño y de construcción.

En esta fase es preciso verificar que todo cuanto se ha hecho es acorde y adecuado a las decisiones adoptadas, existiendo margen sólo para la modificación de aspectos de detalle si fueran necesarios, pero no de aspectos generales como el trazo, la tipología de nudos, el pavimento, etc. Es una etapa de verdadero trabajo de comprobación donde los expertos integrantes del grupo auditor deben recorrer el tramo en condiciones tanto de día como de noche, en todas las direcciones y en todos los modos de transporte a fin de comprobar todas las posibles situaciones conflictivas, interacciones peligrosas (trenzados, alcances, pérdidas de trazo, etc.), maniobras, giros y accesos.

Además será necesario comprobar la localización y estado del equipamiento dispuesto, barreras, señalización, balizamiento, etc.

La auditoría de preapertura no es simplemente una verificación “conforme a obra” del diseño aprobado, sino un procedimiento de aceptación en nombre de la “entidad contratante”, es decir, el público viajero. En este tiempo, pueden requerirse pequeñas modificaciones a algunos aspectos del nuevo trabajo, para asegurar que no se dirigen mensajes equivocados a los usuarios viales, en formas que comprometan la seguridad.

Es esencial una inspección nocturna. En tanto es necesaria por los obvios temas de seguridad relacionados con la oscuridad como señalización, delineación e iluminación, ahora se reconoce que un trazo vial que parece perfectamente aceptable durante el día, puede dar a sus usuarios una impresión totalmente diferente después de oscurecer, causando problemas específicos de seguridad.

Si existiera cambios importantes tienen lugar en tanto se construye el proyecto, el gerente o ingeniero proyectista debería buscar consejo de seguridad vial, más que confiar en la auditoría de preapertura.

¿Por qué una ASV en la etapa de preapertura?

- ✓ Para verificar si se ha desarrollado la auditoría en las fases previas.
- ✓ Para identificar algún detalle desatendido en la auditoría previa.
- ✓ Para verificar la interrelación de elementos.
  - Alineamientos vertical y horizontal.
  - Elementos o componentes de la vía, que parecen correctas en los planos, pero no en el lugar (en 3-D).
- ✓ Para verificar que la construcción respetó el diseño.
- ✓ Los diseños y los “incidentales” pueden haber cambiado.
  - Zonas de depósito, servicios nuevos.
  - Paisajismo agregado o expandido.

- ✓ Para verificar la operación nocturna: Confusión, visibilidad.
- ✓ Peligros no planeados pueden ser generados tales como postes de servicios o focos de irrigación.
- ✓ Señales perdidas en su telón de fondo.

#### 4.6.5.7 Auditoría en explotación inicial

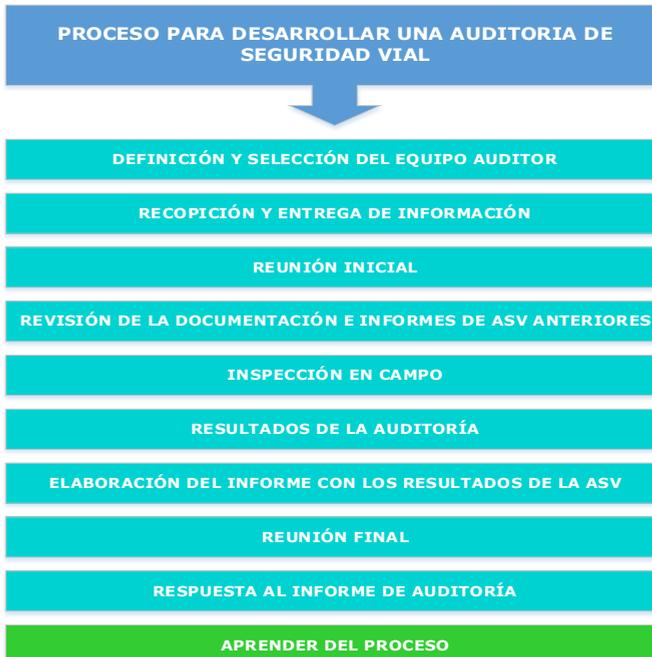
Finalmente, comprobaciones en la fase de explotación inicial, esto es, evaluación de la seguridad vial a la luz del comportamiento de los usuarios, fundamentada en la comprobación de que las hipótesis sobre el comportamiento vial y la percepción de la carretera y sus elementos, por parte de los usuarios, se manifiestan en la realidad, o si por el contrario los usuarios finales se comportan de manera distinta y por tanto se justifican determinados cambios, y en cualquier caso adquirir lecciones aprendidas para proyectos futuros.

#### 4.6.6 EL PROCEDIMIENTO DE LA AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL

Dependiendo del tipo, la envergadura y fase del proyecto, la realización de una ASV tiene diferentes consideraciones. Sin embargo, los pasos a seguir son generalmente similares.

Cuando se decide realizar una ASV, lo primero que debe hacerse es el desarrollo de los "términos de referencia". En ellos deben contener los alcances de la ASV, los roles y las responsabilidades de todas las partes implicadas, es decir: la entidad contratante, del proyectista y del auditor. Los términos de referencia pueden ser un documento estándar o uno desarrollado especialmente para un proyecto específico. Deben incorporar cualquier requisito especial de la ASV (por ejemplo, visitas a campo en condiciones adversas, en la noche con lluvia, etc.) y describir la forma de presentación de los resultados de la ASV.

Ejemplo de proceso para la Auditoría de seguridad Vial



#### 4.6.6.1 Definición y selección del equipo auditor

La selección adecuada del equipo auditor vendrá determinada por dos cuestiones. La primera es el tipo de actuación que va a auditarse. No será lo mismo trabajar sobre un proyecto de realización de una intersección, que hacerlo sobre un proyecto de construcción de varios kilómetros de autopista. La segunda es la fase en que se encuentra el proyecto por cuanto según ésta convendrá un tipo u otro de profesionales. Por ejemplo, un miembro de la policía de tráfico o un experto en sistemas de gestión, interesantes siempre, pueden ser indispensables en la fase de apertura. En todo caso, ya hemos mencionado la concreción de la Directiva en este punto al exigir experiencia y formación específicas en diseño de carreteras, ingeniería de seguridad vial y análisis de accidentes.

##### a) Responsabilidades en una Auditoria de Seguridad Vial

- ✓ Seleccionar al equipo auditor con el apropiado entrenamiento y experiencia.
- ✓ Proveer la documentación necesaria del proyecto al equipo auditor.
- ✓ Permitir que el equipo auditor cumpla con los requisitos descritos en los términos de referencia de la Auditoria.
- ✓ Asistir a las reuniones que se efectúen durante el proceso de la Auditoria.
- ✓ Remitir al equipo auditor cualquier cambio que haya experimentado el proyecto.
- ✓ Ejecutar a la brevedad posible las recomendaciones formuladas por el Equipo Auditor.
- ✓ Llevar un registro sistemático de accidentes ocurridos en la red vial a su cargo, de modo tal, que se puedan detectar en forma temprana los focos de accidentes de tránsito.

Es responsabilidad del equipo auditor proveer a la entidad contratante de un listado de deficiencias relacionadas con la seguridad vial de la vía auditada e indicar las posibles medidas de mitigación o recomendaciones para solucionar los problemas de seguridad observados. La aceptación o rechazo de la posible medida de mitigación propuesta por el equipo auditor, dependerá de la entidad contratante.

#### 4.6.6.2 Recopilación y entrega de información

El equipo auditor debe disponer de toda la información necesaria para llevar a cabo la auditoría. Esto incluye la documentación relativa al proyecto, la documentación jurídica, la información interna referente a volúmenes de tráfico, accidentes, cualquier estudio o investigación de seguridad vial efectuado en el área de influencia o que pueda ser de interés para el caso.

Los antecedentes de respaldo a lo menos deberán incluir lo siguiente:

- A. Clara descripción del resultado esperado de la auditoría:** Esto puede requerir un escrito breve o una referencia simple a los procedimientos y formatos opcionales del informe de auditoría.
- B. Intención del proyecto:** Se establece concisamente el propósito del proyecto (es decir, el diseño, no la auditoría), las deficiencias que necesitan consideración, compromisos de diseño que se hayan hecho y sus razones, y datos de la comunidad de anteriores discusiones, correspondencia y consultas. Para grandes proyectos, alguna de esta información puede ser informes usados para fundamentar hallazgos más tempranos o decisiones de programación.

### C. Datos importantes:

- ✓ Informes de auditoría previos y las respuestas escritas; temas conocidos de seguridad que permanezcan irresueltos desde auditorías anteriores.
- ✓ Volúmenes de tránsito, incluyendo componentes comerciales y no comerciales, ciclistas y peatones.
- ✓ Normas de diseño usadas y cualesquiera lugares donde no se aplicaron.
- ✓ Efectos ambientales relevantes para el lugar o diseño, por ejemplo, condiciones climáticas (hielo, niebla, nieve, etc.), animales, servicios, árboles, edificios históricos y topografía.
- ✓ Planos y conjunto de dibujos, en escala adecuada para la etapa de diseño, que muestre el alineamiento vertical y horizontal y otros ítems relevantes en la etapa particular de la auditoría. Por ejemplo, planos de señales, demarcación horizontal e iluminación son esenciales en las etapas de diseño y pre diseño. Otros planos para cubrir los caminos adyacentes o para describir la tierra adyacente y sus usos que podrían ser afectados por los cambios de tránsito que induce.

#### 4.6.6.3 Reunión inicial en una auditoría de seguridad vial

Es importante que los profesionales que conformen el equipo tengan oportunidad de celebrar reuniones previas para conocer los detalles del proyecto y dispongan de la documentación necesaria.

Durante esta reunión el Auditor Principal deberá presentarse y exponer:

- 1) La necesidad de la auditoría,
- 2) Las características físicas de la vía, y
- 3) Los posibles puntos/zonas de riesgo.

Esto con el objetivo de dar una base de inicio para que el equipo pueda intercambiar ideas sobre posibles contramedidas.

El equipo auditor puede explicar el proceso de la ASV. Se deben entregar y discutir los términos de referencia a cumplir, y es la oportunidad de explicar al equipo el propósito del proyecto, otros temas particulares y posibles problemas experimentados en alcanzar los objetivos de la planificación, diseño o construcción. Los proyectistas pueden tener ya intereses o preguntas sobre la seguridad acerca de un aspecto particular de su diseño. El equipo auditor no será capaz de inspeccionar el lugar bajo todas las condiciones de tránsito o climáticas, de modo que si las condiciones particulares son importantes (por ejemplo, condiciones de tránsito al final de cada jornada escolar), los auditores deberán ser informados. Los planos e información antecedente son manejados por el equipo, si no lo ha hecho antes de la reunión.

Si los miembros de cualquier reunión no están familiarizados con los aspectos del proceso de auditoría, esta reunión es una buena ocasión para explicar el proceso y distinguir entre la tarea del equipo de auditoría y la tarea del gerente de proyecto. La tarea del equipo auditor es identificar y documentar todos los intereses y recomendaciones, en tanto la tarea del gerente del proyecto es responder y actuar sobre tales intereses y recomendaciones.

#### 4.6.6.4 Evaluación de la documentación e informes de ASV anteriores

El análisis de la información disponible ha de hacerse con rigor y, cuando sea útil, sobre el terreno, antes y después de cada inspección. Entre los documentos que se deberán revisar están:

- 1) Planos de condiciones existentes
- 2) Data de flujos vehiculares, porcentajes de vehículos pesados, transporte público, vehículos menores, vehículos livianos entre otros
- 3) Data sobre flujos peatonales y de bicicletas
- 4) Data histórica de proyectos recientes que hayan contribuido a incrementar/reducir los accidentes
- 5) Planes para proyectos futuros que puedan incidir en la ocurrencia de accidentes observada
- 6) Identificación de los conflictos potenciales para todos los usuarios de la carretera.
- 7) Evaluación de cómo interaccionará la infraestructura proyectada con el entorno y con la red vial adyacente.
- 8) Cualquier elemento del diseño que pudiera resultar problemático desde el punto de vista de la seguridad.

Si de la revisión de los documentos surgen interrogantes, la explicación debería buscarse con los:

#### **Antecedentes del Proyecto**

La entidad contratante, debe entregar al equipo auditor todos los antecedentes necesarios antes de comenzar la ASV. Esta información permitirá desarrollar un diagnóstico del proyecto a auditar, y programar el procedimiento a seguir según la fase del proyecto. Esta información es importante para analizar los problemas de seguridad que podría enfrentarse cuando la vía entre en servicio.

#### **Análisis de los Antecedentes**

Una vez copilado los antecedentes, el equipo auditor analiza y evalúa toda la información disponible. Para las ASV en las etapas de factibilidad, de diseño preliminar, de Estudio definitivo, ejecución y pre-apertura, el equipo auditor debe revisar principalmente la información contenida en los planos, lo cual proporciona la oportunidad de considerar los posibles impactos del diseño sobre todo para los usuarios de la vía.

#### 4.6.6.5 Vista en campo (bajo todas las condiciones)

Resulta esencial llevar a cabo un minucioso trabajo de campo en que el equipo auditor realice inspecciones sobre el terreno en situaciones reales y representativas del tráfico previsto. Es importante que estas inspecciones se hagan en diferentes horas del día y la noche y desde la condición de todo tipo de usuario, a fin de garantizar las diferentes necesidades de unos y otros.

Conviene considerar más allá de los límites de los planos de diseño (o de los límites de trabajos en la etapa de preapertura); la revisión debería incluir las secciones adyacentes al camino. Las zonas de transición, donde el nuevo camino (usualmente

de jerarquía más alta) se une con el sistema vial existente, a menudo pueden ser ubicaciones de peligro mayor, como:

- ✓ Los trazos y dispositivos que previamente operaban de manera segura pueden fallar una vez se alteren los volúmenes de tránsito, las velocidades o las maniobras nuevas.
- ✓ Los conductores pueden ser inconscientes de la necesidad de ajustar su comportamiento. Siempre, una nueva vía tendrá su tiempo de aprendizaje para los usuarios.

Además, las vías nuevas o disposiciones nuevas de tránsito pueden a menudo alterar esquemas existentes de tránsito y peatones.

El análisis deberá realizarse desde el punto de vista de todos los grupos de usuarios de la vía, no sólo de los conductores. Los peatones jóvenes y ancianos, camioneros, ciclistas, conductores ancianos y personas con movilidad reducida tienen diferentes necesidades de seguridad

Se debe reflexionar si el diseño considera los diferentes tipos de movimientos tales como cruzar el camino, entrar o dejar una corriente de tránsito, así como viajar a lo largo del camino. Considere estos movimientos para los diferentes grupos de usuarios y los efectos de diferentes condiciones climáticas.

El tomar fotografías o videos permite posterior referencia y posible inclusión en el informe, pero no deben usarse como sustitutos de la visita de campo: todos los miembros del equipo de auditoría deberían visitar el lugar por donde se está proyectando el trazo de la vía.

**La lista de chequeo no debe utilizarse como sustituto de la experiencia**

**En el campo el equipo auditor deberá considerar los factores climatológicos y las condiciones geográficas.**

#### **4.6.6.6 Resultados de la auditoría**

Después de realizar la visita en campo, toda la información se analiza y se elabora el informe con los resultados de la ASV. Se sugiere presentar los resultados de la ASV en dos partes, la primera identificando los problemas típicos que tiene el proyecto y el segundo de manera general.

##### **a) ASV a Proyectos Viales de menor envergadura**

La ASV se puede también utilizar para evaluar proyectos de menor envergadura tales como cambios en el diseño de una sección de una vía, en realineamientos, ensanchamiento de una pista auxiliar en una intersección, entre otros. Dado que los aspectos de seguridad variarán entre una y otra vía, es necesario adecuar las listas de chequeo a tipos de proyectos a auditar, y tener en cuenta que para proyectos menores puede que no sea necesario aplicar una ASV en todas las etapas de un proyecto.

##### **b) ASV a Vías Urbanas**

En la literatura disponible, la aplicación de ASV se centra preferentemente en proyectos viales rurales o interurbanos (carreteras). Sin embargo, también se puede aplicar a proyectos viales urbanos, tales como una red vial, tramos o sección de vías,

un proyecto menor nuevo o existente, o a una intersección, entre otros. La aplicación de ASV a zonas urbanas es relevante, ya que en ellas, por lo general, se concentra la mayor cantidad de accidentes. En este Manual también se incluye un conjunto de las listas de chequeo para una ASV urbana.

#### **4.6.6.7 Elaboración del informe de auditoría de seguridad vial**

Concluido el trabajo el equipo auditor elaborará un informe donde incluirá las conclusiones del trabajo realizado, identificando las condiciones de seguridad del proyecto. A fin de garantizar la homogeneidad y la claridad del informe, se deben incluir una serie de datos básicos.

- ✓ Información relativa al proyecto
  - Nombre de la carretera
  - Identificación del tramo
  - Emplazamiento
  - Fase de la ASV
  - Descripción del proyecto, sus objetivos, usuarios especiales, otros aspectos.
- ✓ Información del entorno o contexto
  - Identificación del equipo auditor y del ordenante de la auditoría (cliente)
  - Experiencia y formación del equipo auditor
  - Planos y mapas del proyecto, así como fotografías ilustrativas
  - Descripción detallada del trabajo de campo
  - Relación de la documentación utilizada
- ✓ Resultados y recomendaciones
  - Conclusiones de los niveles de seguridad. Es el objeto de la auditoría y, por tanto, la parte más importante del trabajo.
  - Recomendaciones en caso de deficiencias de seguridad, a fin de asegurar la eficacia de la auditoría.
  - Identificación del equipo auditor y del ordenante de la auditoría (cliente)
  - Experiencia y formación del equipo auditor
  - Planos y mapas del proyecto, así como fotografías ilustrativas
  - Descripción detallada del trabajo de campo
  - Relación de la documentación utilizada
- ✓ Resultados y recomendaciones
  - Conclusiones de los niveles de seguridad. Es el objeto de la auditoría y, por tanto, la parte más importante del trabajo.
  - Recomendaciones en caso de deficiencias de seguridad, a fin de asegurar la eficacia de la auditoría.
  - Constructivas, acerca de cómo podría resolverse el problema de seguridad.
  - Realistas y posibles, considerando la gravedad del problema y el costo de las soluciones.
  - Recuerde que puede haber soluciones de alto/bajo costo y de corto/largo plazo.

- Evite rediseñar o especificar soluciones en detalle, aunque no tan generalista como para que el cliente no entienda la recomendación.
- ✓ Declaración formal
  - Es el acto por el que el equipo auditor asume las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado tras haberlo finalizado conforme a las condiciones a las que se comprometió.
  - Debe ser firmada por todos los miembros del equipo.

#### 4.6.6.8 Reunión final

El objetivo de la reunión final es fomentar un diálogo constructivo, centrado en los resultados del informe de la ASV. A fin de discutir las recomendaciones para la acción correctiva.

Esta reunión comprende al auditor, la entidad convocante y el proyectista. Es una buena oportunidad para comprender y familiarizarse con los participantes y con todo el proceso y naturaleza de las recomendaciones. En tanto se desarrolle la experiencia con las auditorías de seguridad, este tipo de reunión puede ser sólo necesaria para proyectos principales.

No debe ser una oportunidad para discrepar con las recomendaciones. Las incomprendiones pueden resolverse en esta reunión, pero es preferible que esto se haga antes de escribir el informe. La reunión puede dar la oportunidad para que el proyectista pregunte por sugerencias para superar los problemas identificados.

La reunión proporciona la oportunidad de:

- ✓ Presentar formalmente los resultados de la ASV y aclarando en el momento cualquier duda,
- ✓ Sugerir mejoras a la estructura del informe,
- ✓ Discutir las posibles medidas de mitigación a los problemas identificados, y
- ✓ Fijar el tiempo que requerirá el mandante para elaborar su respuesta.

#### 4.6.6.9 Fin del proceso

El equipo auditor ha de entregar el trabajo y discutir con el cliente las recomendaciones apuntadas. Ello no obstante, tales recomendaciones no son vinculantes, de modo que pueden implantarse o, por el contrario, tener argumentaciones en contra que las hagan inviables. Por supuesto primarán razones de seguridad, fundamentalmente de riesgo de accidentalidad, pero serán consideradas razones de costo-beneficio de las medidas aplicables.

#### 4.6.6.10 Respuesta al informe de auditoría

El objetivo es tratar las recomendaciones de la auditoría de manera efectiva; juzgar si las recomendaciones de la auditoría de seguridad vial deberían implementarse y, donde se decida de otra manera, dar las razones al escribir la decisión y poner las recomendaciones acordadas en efecto.

Los procedimientos para tratar las recomendaciones de la auditoría incluyen:

#### **Procedimientos bien definidos y documentados para tratar los informes de auditoría:**

- ¿Quién responderá a un informe de auditoría?
- ¿Quién firmará el informe de acción correctiva?

¿Quién asegurará se realicen las acciones acordadas?

¿Quién selecciona los proyectos a auditar, quién y cómo selecciona el equipo auditor?

Para cada informe de auditoría: la acción a tomar en respuesta a cada recomendación, cuándo, quién y el estado actual de las acciones (¿ya se hicieron?).

### **Respuesta por escrito a un informe de auditoría**

La auditoría de seguridad vial es un proceso formal. El informe documenta los intereses de seguridad identificados por el equipo auditor, y usualmente se harán recomendaciones para mejorar la seguridad del diseño. Esto debe ser respondido por la entidad convocante con una respuesta escrita a cada una de las recomendaciones. El documento respuesta debe ser firmado por un representante del cliente, y a veces se lo llama "Informe de Acción Correctiva".

Las recomendaciones de la auditoría no son mandatorios. En caso de un accidente, los representantes de la persona lesionada pueden buscar la documentación de auditoría. Es importante dar debida consideración a las recomendaciones de auditoría. Si no es posible adoptar una recomendación (por ejemplo, debido a su alto costo), ¿hay otra forma efectiva de considerar parcialmente el problema o puede una solución espaciarse en el tiempo? Las razones para la no aceptación de una recomendación deberían documentarse adecuadamente.

La entidad convocante puede desear llamar a un asesor independiente para ayudar en los detalles de cómo responder a cada recomendación de la auditoría e inspección. Debería recordarse que el informe de auditoría no incluirá los detalles de diseño de una solución a cualquier problema.

Cada recomendación del informe de auditoría de seguridad vial puede responderse así:

- ✓ Aceptándola totalmente y diseñando una solución para superar o reducir el problema, en línea con la recomendación de la auditoría o en otra forma igualmente efectiva.
- ✓ Aceptándola en parte o "en principio", pero, debido a otras restricciones, implementar los cambios para sólo resolver parte del problema de seguridad, o
- ✓ No aceptando la recomendación.

Con el primer punto, debería registrarse la acción propuesta (por ejemplo, quién y cuándo), a menos que simplemente sea una acción para incorporar los cambios en el rediseño. En caso del segundo o tercer punto, las razones deben ponerse en el escrito. Además, con el tercer punto, si se acepta los tramos potencialmente peligrosos pero no la recomendación, debería reflejarse en la respuesta.

### **Llegar a un acuerdo**

¿Cómo decide un responsable del proyecto aceptar o no una recomendación de auditoría? Parte de la respuesta puede estar en el comienzo del proceso de diseño: la auditoría, ¿podría haberse realizado más temprano? Ciertamente, cuanto más temprano se realiza una auditoría, más pronto se considerará un problema potencial. Esto no debe significar que será más fácil o barato resolver el problema.

Enfrentado con una recomendación de auditoría difícil de resolver, es necesario que el responsable considere:

- ✓ La probabilidad de que el problema identificado resulte en daño ¿cuán a menudo podría ocurrir el daño o lesión?
- ✓ La gravedad del daño.
- ✓ El costo de remediar el problema (puede haber varios tratamientos alternativos).
- ✓ La efectividad de un remedio para reducir el daño.

Esto requiere el juicio ingenieril y adicional consejo de la ingeniería de seguridad vial acerca de la administración del riesgo.

### **Implementar los Cambios Acordados**

Finalizado el informe de acción correctiva, es necesario implementar las acciones acordadas. El proyectista tiene que desarrollar los cambios de diseño para considerar los problemas de seguridad. Si uno está en la etapa de preapertura, es necesario implementar las acciones tan pronto como sea posible. Puede necesitarse delineación temporal de advertencia, delineación y otro tratamiento hasta implementar la solución acordada.

#### **4.6.6.11 Aprender del proceso.**

La realización de las ASV, sirve muchas veces de plataforma para revisar la normativa vigente y la de ofrecer alternativas y conocimientos que ayuden a una mejora de los proyectos futuros.

## **4.7 INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL**

### **4.7.1 INTRODUCCIÓN**

Cuando la inspección se hace en vías abiertas al tráfico, su filosofía es diferente, la potencialidad de las ISV como herramienta preventiva incluida en los planes que diseñan las políticas de seguridad vial no parece poder ser objeto de ninguna duda, mientras que aunque también parece obvio afirmar que una inspección permitirá identificar problemas que, de otro modo y salvo para el caso de los tramos de concentración de accidentes, pudieran pasar desapercibidos, las inspecciones en carreteras abiertas al tráfico encuentran la confrontación de quienes argumentan razones de costo-beneficio, pues pudiera resultar más rentable invertir en la identificación y mejora de los tramos de concentración de accidentes.

Es cierto que la aplicación de esta metodología a carreteras abiertas al tráfico constituye un intento por aprovechar la potencialidad de las ISV en un contexto diferente a aquél para el que fueron planteadas en principio (nuevas carreteras), pero del que se pueden derivar importantes beneficios para la mejora de la seguridad vial. Por ese convencimiento, el Manual se refiere a las inspecciones de seguridad como la comprobación ordinaria periódica de las características y los defectos que exigen una intervención de mantenimiento por motivos de seguridad, exigiendo que se efectúen con la suficiente frecuencia como para garantizar un nivel de seguridad adecuado de las infraestructuras. Quizás sea un procedimiento más modesto y limitado que la auditoría propiamente dicha, pero alberga la misma filosofía.

Se trata de un procedimiento sistemático en el que un equipo profesional calificado comprueba las condiciones de seguridad de un tramo de carretera o de un itinerario

completo en servicio, estudiando la vía y su entorno desde todos y cada uno de los aspectos que puedan intervenir en la seguridad de todos los usuarios.

En ningún caso la aplicación de este procedimiento a las carreteras en servicio ha de significar una exclusión de los procedimientos de gestión de los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA). Muy al contrario se trata de metodologías que deberían aplicarse de manera complementaria en el marco de los planes de mejora de la seguridad vial en su conjunto.

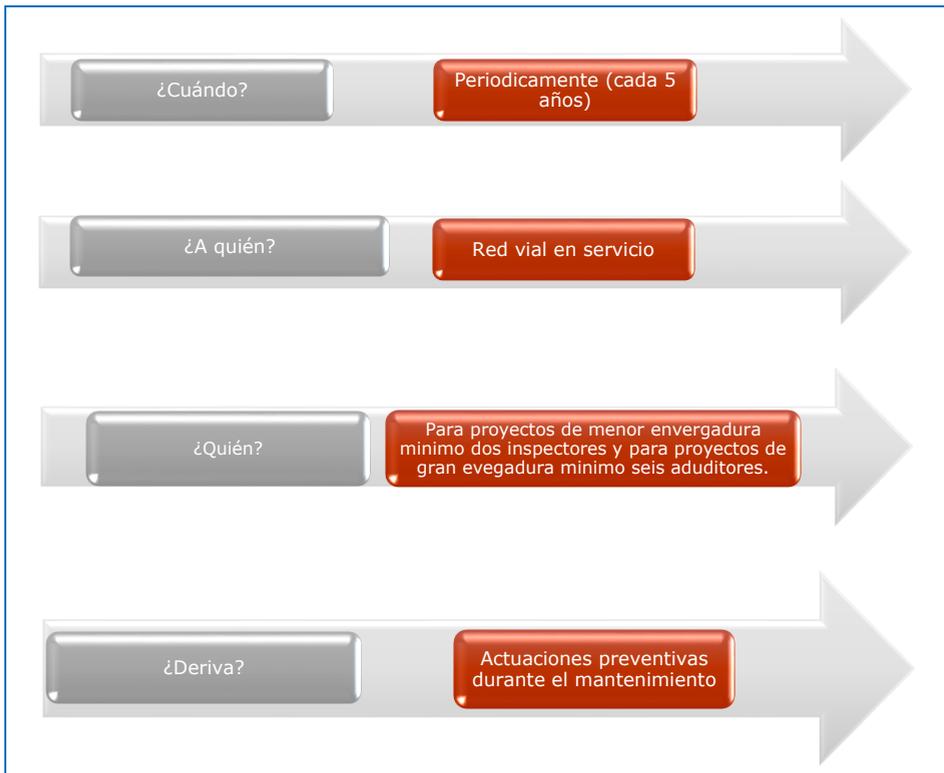
Cada concepto debe ser interpretado de acuerdo con su filosofía:

- Tratamiento de Tramos de Concentración de Accidentes (TCA): La aplicación de medidas que mitiguen la accidentalidad
- Inspecciones: Medidas preventivas resultantes de inspecciones para la obtención de mejores resultados que mitiguen la accidentalidad.

El valor de una ISV es que permite:

- ✓ Identificar características a través de la red que podrían ser peligrosas (por ejemplo, el extremo de muro de puente no protegido, o un poste específico en el exterior de una curva). La identificación de estas características ayuda a priorizar los trabajos correctivos.
- ✓ Identificar y tratar otros peligros potenciales en un lugar donde frecuentemente se producen los choques, al mismo tiempo se tratan las causas de los accidentes.

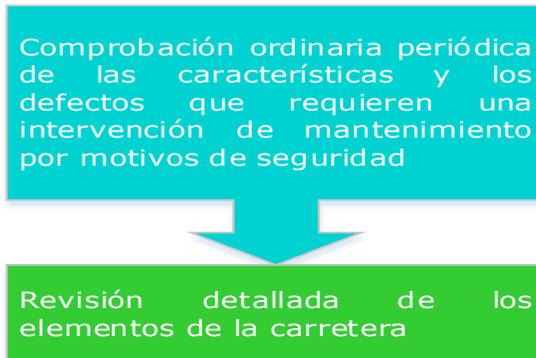
#### Ejemplo de secuencia para Inspección de Seguridad Vial



#### 4.7.2 DEFINICIÓN DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

Se define como inspección de seguridad vial (ISV) en carreteras en servicio, aquel procedimiento sistemático en el que un profesional calificado e independiente comprueba las condiciones de la vía, analizando todos los aspectos de la misma y su entorno que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios, no sólo motorizados, sino también otros usuarios vulnerables como ciclistas o peatones.

No se ha de caer en la confusión de que una inspección de seguridad es una evaluación de un proyecto realizado, ni un rediseño de la zona en la que se ejecuta, ni tampoco es una comprobación del cumplimiento de la normativa.



#### 4.7.3 OBJETIVOS DE LA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

Las ISV tienen por objeto identificar las carencias potenciales de la carretera con el fin de reducir la probabilidad de que se produzca un accidente en ese tramo, mediante la aplicación de las medidas correctoras oportunas. Esto contribuirá, en última instancia, a reducir los costos individuales, familiares y sociales asociados a los accidentes. Asimismo, las inspecciones pueden contribuir a reducir la probabilidad de que ocurra un accidente; así como a disminuir la gravedad del mismo, en caso de que este se produzca, reduciendo por tanto, los costos de reparación de estos problemas, costos que son muy superiores a los costos de acometer la revisión y realizar las modificaciones en el proyecto, derivadas de dicha revisión.

#### 4.7.4 CONDICIONES Y PLANTEAMIENTOS

- ✓ Se realizan de manera periódica con frecuencia mínima de 5 años.
- ✓ Realizados por profesionales especializados en diseño geométrico, ingeniería de tránsito y seguridad vial.
- ✓ Identificación de elementos susceptibles de mejora mediante actuaciones de mantenimiento.
- ✓ Propuesta de actuaciones preventivas
- ✓ Seguimiento de las actuaciones.

#### 4.7.5 INSPECCIONES Y ACCIDENTALIDAD

La ISV no requiere datos de accidentalidad. Es una revisión sistemática de la carretera o tramo de carretera, independientemente del número de accidentes registrados en la misma. Tradicionalmente, la postura de la ingeniería de tráfico ante la seguridad vial ha sido la de "esperar y ver", es decir, las medidas correctoras no se ponían en marcha hasta que la situación resultaba inaceptable. Posteriormente, se analizaba el accidente y se diseñaban e implantaban las medidas oportunas. Esta

aproximación al problema, conocida como “identificación de puntos negros”, era un procedimiento de acción reacción que suponía la identificación de estos puntos negros de la carretera, para su posterior análisis y solución.

La ISV es un proceso sistemático, que ya no se centra únicamente en un Tramo Potencialmente Peligroso, en particular identificado a partir de los datos de accidentalidad registrados en el mismo, o en la información proporcionada por la policía de Tránsito o incluso de los policías locales. La ISV es un proceso exhaustivo, que comprende una compleja labor previa de planificación del trabajo, seguido de un trabajo de campo que se apoya en listas de chequeo, y en un análisis de las carencias identificadas y propuesta de soluciones a adoptar.

La ISV aspira a identificar cualquier aspecto de la carretera que pudiese influir en un futuro accidente, de forma que las medidas correctoras se apliquen antes de que el accidente ocurra.

Por tanto, los datos de accidentalidad se pueden usar como guía para priorizar actuaciones, de forma que si las autoridades deciden que se inspeccionen un número limitado de carreteras, se dará preferencia a aquéllas cuyo número de accidentes, sea más elevado. Asimismo, los datos de accidentalidad se pueden usar para simplificar el proceso de inspección, de forma que si éstos muestran que hay un tipo de accidente predominante, la inspección se centrará en aquellos aspectos relacionados con esta tipología del accidente. Por ejemplo, si hay un tramo de carretera en el que predominan las salidas de vía, la inspección se centrará en analizar los márgenes de la carretera (obstáculos, barreras de seguridad, etc.). Todas estas herramientas, interconectadas, proporcionan la información imprescindible para seleccionar aquellas carreteras susceptibles de ser inspeccionadas.

#### **4.7.6 INSPECCIONES Y CONSERVACIÓN**

La ISV es independiente de la labor de conservación de la carretera. El trabajo de Conservación es un proceso rutinario, en el que se revisan aspectos clave de la infraestructura como la capa de rodadura, existencia de baches o el estado de la señalización. El personal que se encarga de la conservación de la carretera, no es necesario que tenga experiencia en ingeniería de tránsito o seguridad vial, pues se limitan a seguir un plan de conservación anteriormente aprobado. Así, la ISV ayuda a identificar carencias de la infraestructura que son resultado de un mantenimiento deficiente, como por ejemplo señalización o marcas viales en mal estado o interrupciones de las visibilidades debidas a la vegetación.

#### **4.7.7 INSPECCIONES Y FACTOR HUMANO**

Todas las inspecciones deberían considerar aquellos factores humanos relacionados con la infraestructura y que pueden provocar errores al volante. Entre estos factores, se incluyen la distracción, que puede deberse tanto a deficiencias en el nivel de equipamiento como a un exceso de información; la percepción de la vía (la pérdida de trazado, por ejemplo, conlleva una incorrecta apreciación de la dirección de la carretera), o la adecuación de la velocidad (esto es prácticamente un proceso automático que depende de diferentes factores como el trazo de la carretera y su entorno). La orientación y anticipación son también factores humanos a tener en cuenta.

#### **4.7.8 REVISIÓN DE LA SEGURIDAD DESDE LA PERSPECTIVA DEL USUARIO**

La vía deberá inspeccionarse desde el punto de vista de cada grupo de usuarios probables, y para tipos de movimiento diferentes, tales como cruzar la vía, entrar o

salir de la corriente de tránsito, como también para los viajes a lo largo de la vía. Esto puede lograrse mejor usando la vía como lo hacen los usuarios; por ejemplo, conduciendo o paseando a velocidades normales, de noche y de día, con calzada seca y/o húmeda, y mediante el cruce del camino donde podría esperarse que los peatones lo hagan. Considere formas de obtener comentarios de usuarios locales.

¿Por qué revisar la seguridad de vías existentes?

- ✓ Para complementar un programa de tratamiento de puntos de concentración de accidentes.
- ✓ Para tratar específicamente la seguridad, más que confiar completamente en el mantenimiento de rutina.
- ✓ Para identificar los problemas en los procedimientos de mantenimiento de rutina.
- ✓ Para identificar las ubicaciones para tratamientos de acción masiva (por ejemplo, remoción de barandas horizontales de tubos).
- ✓ Para atender los cambios antes de que conduzcan a choques. Los usos del camino y suelo al lado de la carretera pueden cambiar con el tiempo.
- ✓ Para verificar la coherencia de las características de la vía.
- ✓ Para verificar la adecuación de la provisión de características de administración del tránsito.
- ✓ Para controlar el crecimiento de la vegetación.
- ✓ Para controlar los deterioros de los dispositivos, afectando la efectividad, reflectividad y precisión de mensajes.
- ✓ Las prácticas aceptadas cambian con la experiencia.
- ✓ Análisis de los Antecedentes
- ✓ Una vez recogidos todos los antecedentes, el equipo inspector analiza y evalúa toda la información disponible. Para las ISV en la etapa de operación, el equipo inspector debe revisar principalmente la información contenida en la base de datos de accidentes y la inspección en campo, lo cual proporciona la oportunidad de considerar los posibles impactos del diseño sobre todos los usuarios de la vía.
- ✓ Si la ISV se está realizando en la etapa de operación, el equipo debe analizar toda la información pertinente tal como informes de accidentes, y otra información relevante.
- ✓ El análisis de los informes de accidentes no se utiliza como análisis de puntos potencialmente peligrosos, sino que como una ayuda para los inspectores en la determinación de áreas con potenciales problemas de seguridad. Esto hace a la auditoría proactiva más bien que reactiva.

#### **4.7.9 REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR UN TRAMO EN SERVICIO PARA SER INSPECCIONADO**

Los itinerarios o tramos en los que se vaya a realizar una inspección de seguridad vial, normalmente cumplen alguno o varios de estos aspectos:

- ✓ Tramos en los que se han producido accidentes, no haciendo falta la catalogación del mismo como un TCA.

- ✓ Carreteras donde se estén realizando actuaciones de renovación y refuerzo, o simplemente acondicionándola.
- ✓ Tramos en los que se hayan detectado TCA, para la prevención de accidentes, de componentes con características similares.
- ✓ En carreteras que a simple vista, carecen de problemas de seguridad, como es de suponer, es bastante improbable la realización de ISV en estas condiciones.

Las fases son:

- ✓ Trabajo preliminar de oficina
- ✓ Trabajo de campo
- ✓ Discusión en grupo
- ✓ Evaluación de riesgos
- ✓ Informe de inspección
- ✓ Actuaciones preventivas y de seguimiento
- ✓ Actuaciones Complementarias

Para que esta medida primaria tenga efectividad, se requiere previamente desarrollar una metodología para la realización de inspecciones de seguridad vial.

#### **4.7.10 LAS PARTES DE UNA INSPECCIÓN Y SU PAPEL EN LA ORGANIZACIÓN**

Las ISV en carreteras en servicio, requiere de un equipo de profesionales calificados, que comprueben las condiciones de seguridad de un tramo de carretera o de un itinerario completo, analizando todos los aspectos de la vía y su entorno que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios, no sólo motorizados, sino también otros usuarios vulnerables, como ciclistas o peatones. En los siguientes párrafos se mencionan cada una de esas partes que intervienen en una inspección y se define la función que cumple cada una de ellas en su desarrollo.

##### **4.7.10.1 El proyectista**

En el caso de la Inspección el proyectista que estuvo a cargo del proyecto facilitara los datos del estudio definitivo.

##### **4.7.10.2 El equipo inspector**

Equipo formado por profesionales con experiencia de diseño geométrico de carreteras, diseño geométrico de vías urbanas, ingeniería de tránsito y seguridad vial, el equipo debe garantizar su capacidad para el desarrollo de la ISV y su independencia respecto al equipo responsable del diseño, ejecución y el mantenimiento de la vía.

##### **4.7.10.3 La entidad contratante**

La entidad contratante, es la organización o dependencia que asigna la realización del proyecto y es propietaria de la vía en estudio. Su principal función, consiste en definir los términos de referencia en que han de llevarse a cabo los procesos de la inspección. Así mismo es el ente responsable del análisis y ejecución de las actuaciones propuestas por el equipo Inspector.

#### **4.7.11 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UNA INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL**

Una adecuada Inspección, deberá presentar las siguientes características:

- **Procedimiento formal:** Deberá disponer de un procedimiento sistemático en su realización, no dejando acciones a la improvisación del inspector.
- **Proceso independiente:** Los profesionales que realizan la ISV deben ser independientes, es decir, no pueden estar relacionados, en ningún caso, con el diseño, la ejecución, la operación y/o mantenimiento de la vía.
- **Los Profesionales o equipo inspector:** Deberán estar adecuadamente formados para su labor de inspección, y además conocer el entorno donde se va a desarrollar su trabajo.

Los requisitos necesarios para un inspector de seguridad vial son entre otros, los siguientes:

- ✓ Formación profesional en ingeniería vial, ingeniería de tránsito y cursos de especialización sobre la materia.
  - ✓ Experiencia comprobada en la gestión de la infraestructura vial.
  - ✓ Conocimiento de la legislación y normativa vigente sobre la gestión de la infraestructura vial, tráfico y otros.
  - ✓ Habilidades comunicativas: ha de ser riguroso y conciso a la hora de redactar el informe y capaz de convencer a las distintas partes interesadas de las medidas correctoras propuestas.
  - ✓ Capacidad de entender de qué manera ocurren los accidentes en un tipo de vía determinada.
  - ✓ Capacidad de visualizar la influencia que puede tener un problema en la vía sobre el usuario.
  - ✓ Capacidad de entender y localizar las necesidades de todos los usuarios.
  - ✓ Capacidad de resolución de los problemas detectados.
- **Un Equipo Multidisciplinario:** Un equipo formado por distintos expertos y/o especialistas en cada una de las materias antes mencionadas.

#### 4.7.12 INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL DURANTE EL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

La inspección se realiza sobre un tramo existente, recientemente construido, efectuando un análisis previo durante la fase de planeamiento y diseño, lo que se denomina inspección post-apertura, en este ciclo del proyecto se encaminan a la evaluación del diseño existente para ver como se está comportando en la realidad.

##### 4.7.12.1 Operación – Mantenimiento

Las Inspecciones de Seguridad Vial pueden emprenderse al poco tiempo de dar servicio a la vía o equipamiento urbano. Se obtendría una visión más clara de los puntos críticos a través de la observación de los comportamientos operacionales. Esta etapa implica un examen sistemático de tramos de la red vial existente para evaluar la suficiencia de la vía, de las intersecciones, del mobiliario vial y urbano, del borde de la vía, etc., desde el punto de vista de la seguridad.

Las medidas correctivas, aunque mucho más costosas en esta fase, todavía pueden resultar eficaces.

Las Inspecciones de Seguridad Vial pueden dirigirse también a cualquier sección de una red vial o zona urbana existente para identificar las deficiencias relacionadas con

la seguridad. La información recolectada de los informes de accidentalidad es un componente importante para estas Inspecciones.

El equipo Inspector debe recorrer el tramo desde todas las direcciones y en todas las intersecciones, no solo conduciendo un vehículo, sino también a pie, en bicicleta e incluso en autobús o en un camión, para comprobar ciertos giros o maniobras de acceso. Los recorridos deberán realizarse durante el día y durante la noche. Los aspectos a considerar en esta etapa son muy numerosos y varían de una entidad contratante a otra.

#### **4.7.12.2 Evaluación ex - post**

Revisa exhaustivamente un tramo o una sección mayor de una red vial existente, poniendo énfasis no sólo en los sectores donde existe información de accidentes, sino también donde estos son inminentes. Cuando la vía está en operación, la observación del comportamiento de todos los usuarios en la vía es fundamental para verificar si las condiciones de seguridad son apropiadas o deben ser mejoradas. Cuando se requieren trabajos importantes sobre una vía en explotación, puede ser conveniente realizar una ISV, para asegurar que los desvíos de tránsito y la señalización de obras presenten un adecuado nivel de seguridad.

#### **4.7.13 El procedimiento de la inspección de seguridad vial**

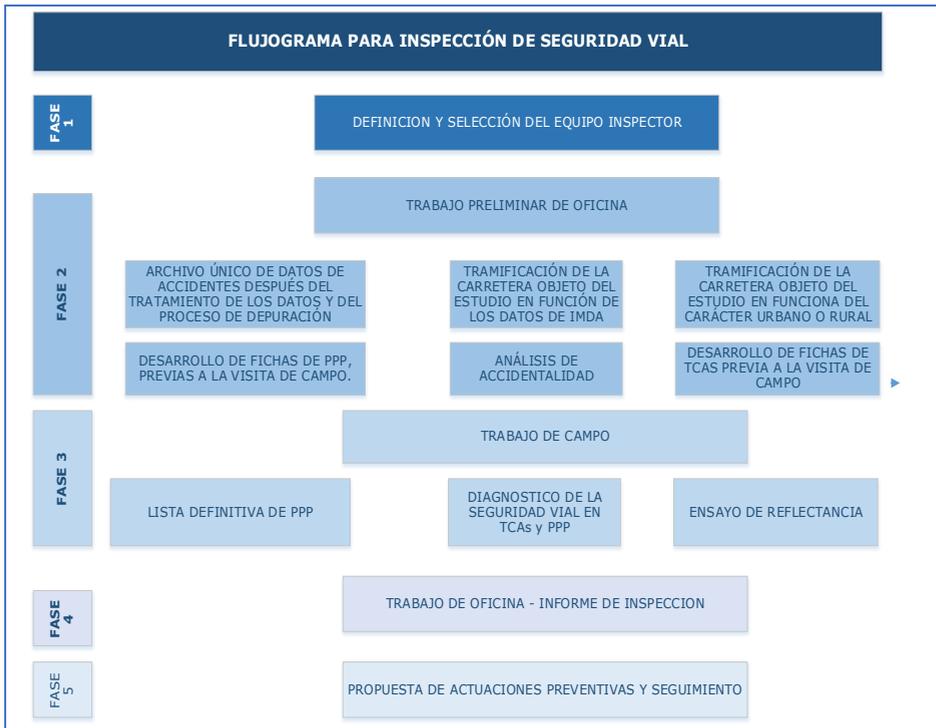
La ISV puede formar parte de un programa general de seguridad vial de la red de carreteras existentes. Lo primero será definir la extensión de los trabajos de inspección a realizar, definiendo el punto kilométrico de inicio y final de carretera que va a ser inspeccionada. Normalmente, estos puntos coincidirán con los de principio y fin de la vía, pero en algunos casos la inspección afectará solo a un tramo considerable de la vía. En cualquier caso, esto será una decisión consensuada entre las distintas partes implicadas (entidad contratante, proyectista e inspector). Así, deberán decidirse aspectos tales como presupuestos, alcance de los trabajos realizados, calendario de las actuaciones (en el que se establezcan los hitos y plazos pertinentes), soporte de organismos locales, etc.

El proceso para realizar una inspección de una carretera en servicio, puede ser muy parecido al que se lleva a cabo en carreteras nuevas, si bien se debe reconocer y resolverse un riesgo identificado, tratando de investigar cómo los diferentes tipos de usuarios perciben la carretera, y su entorno, y en definitiva cómo se comporta el tráfico y cuál es la causa de los resultados de la accidentalidad.

El procedimiento a seguir debería ajustarse a lo siguiente:

Selección de la carretera o tramo: Dado que económicamente es prácticamente inviable llevar a cabo una inspección continua de toda la red, es fundamental establecer una categorización de la red vial, a fin de realizar una correcta selección de tramos para cada tipo de vía.

### Ejemplo de Flujograma para Inspección de Seguridad Vial



Cabe señalar que la fase 5 comprende dos procesos diferenciados: por un lado, la ejecución de las actuaciones preventivas de seguridad vial y por otra parte, la labor de seguimiento y control de las medidas adoptadas, con el fin de evaluar el efecto de las mismas sobre las condiciones de seguridad de la infraestructura.

#### 4.7.13.1 Fase 1: Definición y selección del equipo inspector

Los criterios fundamentales para la elección de los profesionales son los mismos que en el caso de carretera nueva, debiendo éstos ser independientes en su labor. Los conocimientos que deben ostentar los inspectores son:

- ✓ Conocimientos de ingeniería de tráfico y de diseño vial, y su relación para poder determinar las relaciones causa-efecto de cualquier actuación sobre la vía o su equipamiento en la accidentalidad.
- ✓ Conocimientos de accidentalidad en los distintos tipos de carreteras. Resultarán muy útiles conocimientos en reconstrucción de accidentes.
- ✓ Conocimientos en biomecánica.
- ✓ Conocimientos de las necesidades que tienen todos los tipos de usuarios que utilizan el tramo, incluyendo desde los vulnerables como peatones, ciclistas o motoristas hasta usuarios de vehículos ligeros y vehículos pesados.
- ✓ Capacidad de análisis y diagnóstico para establecer la relación entre los problemas identificados y sus posibles soluciones.
- ✓ Capacidad para entender cómo ocurren los accidentes y qué tipo de accidentes se producen en un tipo determinado de carretera con unas determinadas

condiciones de tráfico. En esta fase, los conocimientos de reconstrucción de accidentes resultan muy útiles.

- ✓ Capacidad para determinar en qué medida un problema de la vía o un incumplimiento de la norma pueden provocar un aumento del número o la gravedad de los accidentes.
- ✓ Capacidad para analizar las necesidades de todo tipo de usuarios: peatones, niños, discapacitados, ciclistas, vehículos ligeros, vehículos pesados, entre otros.
- ✓ Capacidad para sugerir recomendaciones efectivas para los problemas identificados.

En particular, es deseable que el equipo auditor esté compuesto por un experto en seguridad vial, un experto en gestión de tráfico y un experto en diseño geométrico.

### **Fase de Post Inversión**

**Post Apertura:** Los especialistas en seguridad vial, con conocimientos en diseño geométrico, reconstrucción e investigación de accidentes, factor humano, gestión de tránsito y familiarizado con la instalación y mantenimiento de recursos viales que incluyen la señalización, dispositivos de seguridad, iluminación, semáforos, vegetación. Dependiendo del proyecto, se deberían incorporar profesionales con conocimientos de sistemas inteligentes de transporte (ITS); facilidades para ciclistas, peatones y transporte público; un oficial con experiencia en tránsito; entre otros.

#### **a) Responsabilidades en una Inspección de Seguridad Vial**

- ✓ Seleccionar al equipo inspector con el apropiado entrenamiento y experiencia.
- ✓ Proveer la documentación necesaria del proyecto al equipo inspector
- ✓ Permitir que el equipo inspector cumpla con los requisitos descritos en los términos de referencia de la ISV.
- ✓ Asistir a las reuniones que se efectúen durante el proceso de inspección
- ✓ Ejecutar a la brevedad posible las recomendaciones formuladas por el equipo inspector.
- ✓ Facilitar o gestionar con las autoridades para el apoyo de registro sistemático de accidentes ocurridos en la red vial a su cargo, de modo tal, que se puedan detectar de manera anticipada los focos de accidentes de tránsito.
- ✓ Será responsabilidad y rol fundamental del equipo inspector, identificar los problemas de seguridad vial, relacionada con la vía inspeccionada. Para desarrollar las labores el equipo inspector utilizará un set de listas de chequeos. Mediante ellas se identificarán los problemas que pudiesen ser relevantes en la seguridad de los usuarios de la ruta. Las listas de chequeo servirán como guías y no deberán emplearse como sustituto de la experiencia y la discusión profesional respecto de las observaciones realizadas al proyecto.

Además, es responsabilidad del equipo inspector proveer a la entidad solicitante el listado de deficiencias relacionadas con la seguridad de la vía e indicar las posibles medidas de mitigación o recomendaciones para solucionar los problemas de seguridad observados.

La aceptación o rechazo de la posible medida de mitigación propuesta por el equipo inspector dependerá de la entidad contratante.

#### 4.7.13.2 Fase 2: Trabajo preliminar de oficina

Es fundamental llevar a cabo un análisis previo de la documentación y datos disponibles que puedan afectar a la movilidad y por tanto a la accidentalidad asociada. De este modo, la información de que debe disponerse incluirá lo siguiente:

- ✓ Movilidad:
  - Parámetros fundamentales del tráfico: Intensidad, densidad y velocidad, y sus relaciones.
  - Composición del tráfico.
  - Otros tipos de tráfico: peatones, ciclistas, motociclistas, vehículos agrícolas
  - Reparto modal.
  - Matrices origen/destino de viajes.
  - Previsiones a medio y largo plazo de las tasas de movilidad y del reparto modal.
- ✓ Accidentalidad
  - Tipología.
  - Usuarios involucrados.
  - Ubicación.
  - Factores externos predominantes.
  - Accidentalidad por tipo de vía y vehículo.
  - Condiciones registradas de los conductores.
- ✓ Caracterización geométrica de la carretera
  - Perfil horizontal, vertical y su relación.
  - Sección transversal.
  - Márgenes de la vía.
  - Equipamiento: elementos de balizamiento, sistemas de contención, alumbrado, señalización variable, sistemas de vigilancia, etc.
  - Puntos singulares: intersecciones, accesos/salidas, pasos a nivel, travesías, túneles, viaductos, etc.
- ✓ Características climáticas
  - Precipitaciones, hielo, niebla, y viento.
- ✓ Análisis de velocidades
  - Medición de velocidades
  - Estimación de incrementos de velocidad
  - Velocidades de diseño estrictas

Por tanto, esta primera fase del proceso servirá de preparación para la fase posterior de trabajo de campo.

#### 4.7.13.3 Fase 3: Trabajo de campo

La inspección de la vía constituye uno de los puntos claves, debe ser realizado durante el día y durante la noche. Asimismo, se debe tomar las medidas de velocidades e incluso transitar por la vía a diferentes velocidades e incluso a pie, para

evitar pasar por alto algún aspecto importante. Las intersecciones, enlaces y otros puntos singulares deberán ser objeto de un análisis independiente.

Se debe detallar el equipo profesional que trabajara en campo y la función que cumplirá cada uno; asimismo se debe mencionar y presentar los certificados de los equipos tecnológicos a emplear durante la inspección.

La utilización de vídeos y fotos es muy útil tanto para la discusión como para la elaboración del informe de inspección. El trabajo de campo no debe limitarse exclusivamente a la carretera sobre la que se está realizando la ISV, sino que debe extenderse a la red adyacente, para comprobar la interacción entre diferentes vías, así como al entorno de la carretera, que puede tener impacto en la vía y en los usuarios.

El vehículo utilizado durante la inspección de las carreteras estará convenientemente adaptado. El personal que realice la inspección, deberá llevar el correspondiente chaleco reflectante y tomará las precauciones necesarias, como permanecer detrás de las barreras de seguridad, o en su defecto, mantenerse lo más alejado posible del tráfico.

El trabajo de campo comenzará con la inspección del entorno de la carretera:

### **Entorno**

- ✓ Descripción general del entorno de la carretera – tipo de zona urbana, interurbana, periurbana y descripción del entorno circundante: campo o bosque, zona agrícola/industrial/urbana/mixta.
- ✓ En caso de que se trate de una zona urbana, descripción del tipo de actividad desarrollada: residencial, industrial, comercial, etc.
- ✓ Especificar si hay instalaciones que generen tráfico pesado.
- ✓ En caso de que se trate de una zona agrícola, especificar si hay asentamientos o cultivos a lo largo de la carretera.
- ✓ Verificar si hay accesos desde la carretera a las propiedades colindantes.

### **Tipología del tráfico**

El equipo de inspección deberá registrar la intensidad del tráfico (IMD), la composición del mismo (porcentaje de vehículos pesados), la tipología de circulación (fluida, densa, congestionada), accidentalidad en el tramo, etc. Pueden medir la velocidad media de circulación cronometrando el tiempo empleado en recorrer una distancia que varía entre 30 a 40 metros para velocidades bajas (menos de 40 km/h) y más de 100 metros para velocidades superiores a 60 km/h o mejor aún, usando detectores situados en la calzada que se conectan a un cronómetro accionado eléctricamente, con lo que eliminan los errores humanos.

Asimismo, deberá especificarse en el informe si existen actividades en el entorno de la carretera que influyan en las características del tráfico, concretamente se destacará aquellas que influyan en el número de usuarios vulnerables (peatones, ciclistas).

### **Estado o condición de la infraestructura**

Las inspecciones de seguridad vial tienen por objeto identificar las posibles deficiencias de las carreteras en explotación que pudiera causar un accidente de

tráfico o bien aumentar la gravedad del mismo una vez que este ha ocurrido. En el anexo del presente Manual se incluyen las listas de chequeo que sirven para identificar aquellas deficiencias y carencias de la infraestructura que pueden tener implicancia con el accidente ocurrido en el tramo de carretera analizado. En relación a qué deficiencias hay que identificar, los datos de accidentalidad de los diferentes países muestran que los tipos de accidentes más frecuentes son las colisiones frontales y frontolaterales, salidas de calzada con choque y atropellos de peatones.

### **Intersecciones y accidentes laterales**

La disposición de las intersecciones debería ser tal que el riesgo de accidentes, en particular las colisiones laterales, sea mínimo. Asimismo, se deberán distinguir las distintas composiciones de la misma, como existencia de carril central de espera, carril central de incorporación y/o carril de cambio de velocidad, presencia de usuarios vulnerables (peatones, ciclistas), etc. Cada una de estas situaciones es totalmente diferente y en cada caso la visibilidad y percepción de la misma, así como la información proporcionada por la señalización ha de ser adecuada y suficiente para todo tipo de usuario de la vía.

### **Accidentes frontales**

Las colisiones frontales se producen por diferentes causas, entre ellas como consecuencia de las inadecuadas dimensiones de la sección transversal en relación a la categoría de la carretera, tráfico y velocidades estimadas de circulación.

### **Accidentes contra obstáculos de los márgenes**

Los obstáculos de los márgenes de la carretera, tales como postes, caños o árboles, pueden agravar considerablemente las consecuencias de un accidente en la salida de calzada. Las salidas de vía pueden producirse por varias causas, desde deslizamiento del vehículo debido al pavimento húmedo, a un patinaje del vehículo al tratar de esquivar un accidente ocurrido en la calzada (una colisión frontal, un atropello de un animal, etc.). Asimismo, los obstáculos sin proteger muy próximos a la calzada pueden provocar que un incidente se transforme en un accidente.

Estos obstáculos pueden ser de distintos tipos, desde señales, postes de pórticos, o muros, hasta árboles. Precisamente estos últimos suponen un problema en las carreteras interurbanas. En algunos casos, los obstáculos se protegen colocando barreras de seguridad delante, si bien hay que estudiar con detenimiento la adopción de esta medida dado que las barreras pueden resultar un peligro en sí mismas.

### **Accidentes contra peatones y ciclistas**

Peatones y ciclistas forman parte del grupo de usuarios vulnerables de la vía, y por eso requieren un tratamiento especial durante fase de trabajo de campo. Se ha podido comprobar que los accidentes entre buses interprovinciales o camiones y usuarios vulnerables son frecuentes en muchos países. Para tratar de minimizarlos, en la inspección se considerarán medidas como la instalación de dispositivos de reducción de velocidad, hasta tratamientos de la infraestructura que implican la creación de un carril separado especial para ciclistas ("carril-bici"), creación de senderos para peatones, etc. Asimismo, se tendrá en cuenta las necesidades de estos usuarios para cruzar la vía en condiciones de seguridad.

## **Ensayo de reflectometría.**

El procedimiento seguido para realizar los ensayos de reflectometría de las señales horizontales y verticales en los Tramos con Concentración de Accidentes y Tramos Potencialmente Peligrosos determinadas en el campo ha de seguir los siguientes procedimientos:

- **PARA LAS SEÑALES HORIZONTALES**

- **Coordinaciones preliminares**

- ✓ Unificar criterios para definir los tipos de marcas viales a medir (pintura lineal y pintura zonal).
- ✓ Evaluar el tipo y estado de la superficie de rodadura del pavimento a intervenir.
- ✓ Definir las zonas donde intervenir según facilidades técnicas y condiciones aparentes para realizar toma de lecturas.

- **Procedimiento en campo**

- ✓ Limpieza manual de las áreas a medir.
- ✓ Encendido y posicionamiento del equipo sobre el lugar elegido (limpio, plano y seco).
- ✓ Toma de 3 muestras de lectura en cada punto (bordes y eje de la vía)

- **Procedimiento en gabinete**

- ✓ Procesamiento de información y determinación del promedio de lecturas o media aritmética.
- ✓ Presentación del Informe.

- **PARA SEÑALES VERTICALES**

- **Armado y calibrado del equipo de medición**

- ✓ Armado y calibrado del equipo de medición (indicando el modelo).
- ✓ Se posiciona y calibra el equipo considerando el método instrumental de acuerdo con la norma ASTM E-810 "Método Normal de prueba para el coeficiente de Retroreflexión de láminas retroreflejantes".

- **Inspección visual general de las señales.**

- ✓ Identificación de la ubicación de la señal a medir considerando el eje de la carretera (lado derecho o izquierdo), de la misma que se debe levantar su progresiva.

- **Clasificación de las señales.**

- ✓ Se procede a su clasificación de conformidad al Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC. (Preventiva, reglamentaria e informativa).

- **Calificación del estado general de la señal vial**

- ✓ De la inspección visual se verifican las condiciones físicas generales de la señal. Según la calificación de bueno (señal en buen estado), regular (señal con láminas refractivas dañadas, decoloradas, etc.) o malo (señales rotas, fisuradas, dobladas, etc., lo que dificulta su visibilidad o legibilidad).

- **Medición, Ajuste y chequeo**

- ✓ Una vez realizados los pasos anteriores se procede a las mediciones, tomando 2 las lecturas sobre las láminas tal como se encuentran (sin limpiar) luego 2 mediciones después de efectuar limpieza del cartel.
- ✓ Con relación a la limpieza del panel se debe formular una precisión. Este paso es importante como parte del protocolo de la medición de retroreflectividad, ya que es condición básica que garantiza para la visibilidad de las láminas en el horario nocturno.
- **Anotación de lecturas resultantes**
  - ✓ La información obtenida se consolidará en formatos tipos. Las lecturas a considerar es el promedio de las dos lecturas tomadas después de haber realizado la limpieza sobre ella. Este resultado es el que se tomará en cuenta para la toma de decisiones a futuro.
- **Fotografía de las señales**
  - ✓ Se tomaran imágenes fotográficas de las señales intervenidas.
- **Análisis y Estadísticas del estado de las señales verticales según tramos a intervenir.**
  - ✓ Luego de las labores de levantamiento de información de campo, se procederá en gabinete a procesar la información para determinar el consolidado de las mediciones, los mismos que permitirán tomar acciones para el correcto mantenimiento y relevamiento de las señales verticales del proyecto.

Los resultados de los ensayos de reflectometría se presentarán en los anexos del informe, en los formatos correspondientes, considerando la siguiente información como mínimo:

- **EJEMPLO DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE REFLECTOMETRÍA PARA SEÑALES HORIZONTALES**

| LECTURAS DE MEDICIONES DE RETROREFLECTOMETRIA HORIZONTAL   |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |
|--|----------------|----|----|---------|-------------|--------------|----|----|---------|-------------|----|----|----|---------------|----------|
| EQUIPO / MODELO/ ANGULO DE ENTRADA/ ANG. DE INCIDENCIA: ZEHNTNER / ZRM6006 / 2.29° / 1.24° / Geometría 30m       |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |
| FECHA DE MEDICION :  |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |
| UNIDAD DE MEDIDA: Mod.Lux.M2   |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |
| TRAMO :  |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |
| VALORES REFERENCIALES MÍNIMOS DE RETROREFLECTANCIA: COLOR BLANCO : 150 Mod.Lux.M2 COLOR AMARILLO :120 Mod.Lux.M2 |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |
| PROGRESIVA   | LADO IZQUIERDO |    |    |         | DIAGNOSTICO | LADO DERECHO |    |    |         | EJE         |    |    |    | OBSERVACIONES | IMÁGENES |
|  | 1°             | 2° | 3° | PROMED. |             | 1°           | 2° | 3° | PROMED. | DIAGNOSTICO | 1° | 2° | 3° |               |          |
|  |                |    |    |         |             |              |    |    |         |             |    |    |    |               |          |

- **EJEMPLO DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE REFLECTOMETRÍA PARA SEÑALES VERTICALES**

| LECTURAS DE MEDICION DE RETROREFLECTANCIA DE SEÑALES VERTICALES              |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
|--|------------------|-------------------|-------------------|--------|---------------------------------|-------|------|----------|----------|------|----------------|----------------------|--------------------------|--------|
| SUBTRAMO :   |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
| CONTRATISTA :  |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
| SUBCONTRATISTA :   |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
| UNIDAD DE MEDIDA : OSRAMM2   |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
| REFLECTOMETRO : RETROSIGN GR 3 RETROREFLECTOMETER                            |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
| FECHA : 07 de Noviembre 2014   |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |
| COEFICIENTES MÍNIMOS DE RETROREFLECTANCIA SEGUN MANUAL DE CARRETERAS 65-2013 | TIPO DE MATERIAL | ÁNGULO DE OBSERV. | ÁNGULO DE ENTRADA | BLANCO | AMARILLO                        | VERDE | ROJO | AZUL     | ALUMINA  | CAJE |                |                      |                          |        |
|  | TIPO I           | 0.2°              | -4                | 70     | 50                              | 5     | 14   | 4        | 25       | 1    |                |                      |                          |        |
|  | TIPO II          | 0.2°              | -4                | 140    | 100                             | 30    | 30   | 10       | 60       | 5    |                |                      |                          |        |
|  | TIPO III         | 0.2°              | -4                | 210    | 170                             | 45    | 45   | 20       | 100      | 12   |                |                      |                          |        |
|  | TIPO IV          | 0.2°              | -4                | 300    | 270                             | 50    | 60   | 30       | 140      | 18   |                |                      |                          |        |
| N°   | PROGRESIVA       | LADO              |                   |        | TIPO / CODIGO DE SEÑAL VERTICAL |       |      | LECTURAS |          |      | TIPO DE LAMINA | ESTADO VISUAL ACTUAL | RESULTADO REFLECTOMETRÍA | IMAGEN |
|  |                  | IZQ.              | DER.              | PREV.  | REG.                            | INF.  | 10   | 20       | PROMEDIO |      |                |                      |                          |        |
| 1  |                  |                   |                   |        |                                 |       |      |          |          |      |                |                      |                          |        |

Las especificaciones técnicas y los certificados de calibración de los equipos utilizados en el ensayo de reflectometría, se deben incluir en los anexos del informe.

Asimismo, se debe indicar el número de ensayos realizados según el tipo de señal, el coeficiente mínimo de reflectividad de acuerdo a los manuales del MTC, en concreto al Manual de Carreteras vigente, las conclusiones extraídas después de realizada la campaña de ensayos y las recomendaciones de acuerdo a las conclusiones.

Como resumen de las mediciones realizadas en campo en las señales verticales, y la comparativa con los valores mínimos de acuerdo al Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción Vigente, se debe adjuntar en los anexos del informe.

### **Listas de chequeo**

Durante la inspección, se irán completando las listas de chequeo (ver Anexo A3). Las listas de chequeo son detalladas, por lo que deberá hacerse una recopilación sistemática de las deficiencias encontradas en cada caso.

#### **4.7.13.4 Fase 4: Informe de inspección**

##### **a) Discusión:**

En esta fase es donde se exponen todos los puntos de vista de cada inspector, aportando material fotográfico o video que ayuden a la comprensión de los demás componentes. Para ello deben seguir los siguientes procesos:

- ✓ Determinación del tramo con alta peligrosidad, que describan características que puedan ser causa de accidentes.
- ✓ Cada miembro del equipo auditor elabora su propia lista de problemas de seguridad vial identificados a fin de profundizar mediante el trabajo en equipo, el diagnóstico en la discriminación de defectos y posibles soluciones.
- ✓ Análisis en equipo de las posibles soluciones, jerarquización, y desarrollo de las recomendaciones para la solución de los problemas identificados. Es fundamental que en esta fase, la jerarquización de soluciones incluya un análisis costo-beneficio.
- ✓ Una vez identificados los puntos de conflicto, se deberán desarrollar las recomendaciones.

##### **b) Evaluación de riesgo**

Una vez determinadas las medidas de actuación, se deberá analizar cuál de ellas se puede realizar, esto en función a una valoración de riesgo y costo.

El informe de Inspección se suele elaborar en formato problema-recomendación, donde el problema se describe en términos de riesgo de accidente para un tipo de usuario y la recomendación es una medida a aplicar para solucionarlo.

El informe de la ISV constará de una introducción, un desarrollo dividido en tres partes diferenciadas, y los anexos correspondientes con los mapas y gráficos necesarios para completar la información. La introducción incluirá secciones de detalle de la carretera o tramo de carretera inspeccionada, así como la composición del equipo de inspección, fechas, tiempos y cualquier otro aspecto relevante, registrado en el momento de realizar la inspección.

Capítulo I: del informe, se describirán los antecedentes, la información recopilada durante la fase previa de trabajo en oficina y la descripción de los trabajos realizados.

Capítulo II: será una síntesis de las deficiencias o carencias identificadas durante la inspección, que se completará con el Informe de inspección y la documentación gráfica obtenida.

Capítulo III: reunirá las propuestas y medidas a corto y largo plazo para solucionar estas carencias.

El informe debe incluir como mínimo los siguientes campos:

**Introducción:**

Que describa la carretera objeto de la inspección:

- ✓ Nombre de la vía y localización
- ✓ Fecha de trabajo de campo y la realización de las auditorías o inspecciones en el resto de las fases.
- ✓ Miembros del equipo de auditoría y su especialidad.
- ✓ Acta de reuniones celebradas

**Capítulo I:**

Datos del proyecto:

- ✓ Tipo de carretera,
- ✓ Tipología del tráfico,
- ✓ Estado o condición de la infraestructura,
- ✓ Márgenes y entorno

**Capítulo II:**

Informe de inspección con las carencias identificadas:

- ✓ Datos aportados por la entidad contratante
- ✓ Descripción del proceso seguido para el desarrollo de la inspección
- ✓ Declaración de responsabilidad limitada del equipo inspector.
- ✓ Descripción de los problemas de seguridad y potenciales accidentes que pueda ocurrir.

**Capítulo III:**

Propuestas y medidas correctoras a corto plazo (p.e. refuerzo de la señalización), medio plazo (p.e. reducción de la velocidad mediante dispositivos para moderar la velocidad como gibas, isletas separadoras, et) y largo plazo (actuaciones de mejora de la seguridad vial que requieran la aprobación del correspondiente presupuesto). Siempre se incluirá un presupuesto aproximado del costo de cada medida correctora considerada.

**ANEXOS:** Mapas y gráficos, con el fin de identificar el tramo de carretera inspeccionado, de ilustrar una deficiencia, o de esquematizar una propuesta o medida correctora.

El informe respuesta es aquél en el que se esbozan las medidas que se van a tomar para solucionar los problemas identificados por los inspectores. Puede suceder que el cliente (habitualmente el titular de la vía o concesionario) no acepte que el

problema existe (esto debe justificarse adecuadamente), aceptar que existe el problema pero no estar de acuerdo con la recomendación (en cuyo caso deberá justificar la implantación de otra medida o el momento en que lo hará debido a problemas presupuestarios), o simplemente aceptar la recomendación del equipo inspector e implantarla.

#### **4.7.13.5 Fase 5: Actuaciones preventivas y seguimiento**

Aunque se considere que la implantación de las medidas correctoras y posterior evaluación de su efectividad con el tiempo no forma parte del proceso formal de inspección, hay varios aspectos que se señalan en el presente Manual que se deberán tener en cuenta. La implantación de estas medidas, depende de factores como los fondos disponibles o la necesidad de adjudicación de terrenos. Posteriormente se llevarán a cabo estudios para evaluar los efectos de las medidas correctoras adoptadas, con los mismos criterios seguidos durante la fase de inspección. Así, se comprobarán intensidades de tráfico, velocidades registradas en el tramo, etc. Es recomendable que la labor de seguimiento la realice un equipo diferente del que llevó a cabo el trabajo de inspección en campo, y que además se lleve a cabo un seguimiento de la efectividad de las medidas pasados unos años desde su implantación.

#### **Control del funcionamiento de las medidas implantadas.**

Como es lógico, se pretende dotar de continuidad a las actuaciones emprendidas, en primer lugar para garantizar el rendimiento adecuado de las mismas y en caso contrario revertir la situación y emplear soluciones alternativas, y en segundo lugar, a fin de crear un inventario o catálogo de medidas desde la perspectiva costo-beneficio, de gran valor añadido para futuras inspecciones.

Por tanto es preciso realizar un seguimiento del funcionamiento de las medidas implantadas, preferiblemente tras un año, tres años después de la implantación y cinco años después. La situación ideal sería realizar una nueva inspección pasados cinco años.

### **4.8 LISTAS DE CHEQUEO**

#### **4.8.1 PROPÓSITO DE LAS LISTAS DE CHEQUEO**

La lista de chequeo se utilizará como una herramienta de apoyo para el desarrollo de las auditorías e inspecciones, todo ello con el fin de diagnosticar de manera anticipada sobre los posibles factores de riesgo para la seguridad vial de la infraestructura y a su vez guiar los análisis siguientes, de acuerdo a las zonas o áreas más críticas.

Cabe indicar que listas exhaustivas no cubren cada detalle, por lo que el auditor deberá usar su conocimiento y experiencia para el desarrollo de las auditorías e inspecciones, teniendo como resultado las recomendaciones a fin de mitigar los accidentes y la gravedad de los mismos.

Una auditoría exitosa no se obtiene marcando una lista de chequeo (ya sea en papel o en un sistema computarizado), las listas sólo son medios para un fin, no un fin en sí mismas.

Su propósito de la lista de chequeo es solo servir como guía para el equipo auditor, que desarrolle la seguridad vial y debe usarse en la forma que mejor satisfaga cada necesidad del auditor. No hay una forma única para identificar los temas de seguridad vial o para usar las listas. Muchos temas pueden no ser relevantes para el proyecto

a auditar; algunos temas pueden ser repetitivos. Antes de comenzar, decida qué listas usar, y cómo:

- Algunos ingenieros en seguridad vial y auditores sólo usan las listas maestras.
- Algunos auditores usan otras listas, incluyendo las desarrolladas para tipos específicos de vías de tránsito.

Las listas de chequeo no deben adjuntarse al informe de la auditoría, el cual debe contener suficiente explicación de sus recomendaciones sin ninguna necesidad de referirse a notas en las listas de chequeo.

Los proyectistas también pueden desear usar las listas para ayudarlos a identificar potenciales problemas de seguridad en sus diseños, y como una forma de conocer los tipos de temas que un auditor considerará.

#### **4.8.2 APLICACIÓN DE LAS LISTAS DE CHEQUEO**

Hay un juego de listas de verificación para cada una de las etapas siguientes:

- ✓ Factibilidad
- ✓ Diseño Preliminar
- ✓ Diseño Detallado
- ✓ Preapertura

Otros tipos de auditorías y revisiones de seguridad:

- ✓ Esquemas de trabajos viales
- ✓ Carreteras existentes

Durante una auditoría y la inspección se usarán las listas al:

- ✓ Evaluar la documentación. En particular, cuando se examinen los planos de proyecto.
- ✓ Inspeccionar el lugar. En este punto, es importante visualizar cómo el proyecto se ajustará con las características existentes.
- ✓ Redactar el informe de auditoría, para re-verificar la consideración de los temas relevantes.

#### **4.8.3 USO DE LAS LISTAS DE CHEQUEO**

Determine qué juegos de listas necesita. Recuerde que una auditoría puede cubrir más de una fase en el proceso de diseño.

Use la lista maestra diseñada por el auditor e inspector para buscar los tópicos a auditar e inspeccionar, y para incitar preguntas acerca de temas adicionales que deberían considerarse.

Si aparentemente un asunto listado no es relevante para el proyecto que se audita e inspeccione, debería revisarse ampliamente para ver si incita una cuestión relevante. Por ejemplo, las líneas visuales pueden obstruirse por características no listadas, y quizás sólo en momentos particulares del día. Una comprensión del entorno general alrededor del proyecto ayudará a los auditores e inspectores a tomar lo mejor de las listas.

##### **4.8.3.1 Listas maestras**

El auditor e inspector debe diseñar su propia ficha de análisis en base a su propia experiencia este documento, debe ir en el anexo del informe para cada una de las fases

#### 4.8.3.2 Listas de chequeo

Estas listas dan soporte al auditor y/o inspector y le permiten no obviar ninguno de los parámetros a medir o de los aspectos a identificar y evaluar. Estas listas pueden ser genéricas, o bien adaptadas por el auditor y/o inspector al tipo de vía o elemento de vía en cuestión. Los contenidos de las listas de chequeo no son exhaustivos ni fijos o cerrados, sino que los auditores y/o inspector deben ser los encargados de, con su conocimiento y su experiencia, enriquecerlas para mejorar su análisis.

Las listas de chequeo, por tanto:

- ✓ Ayudan al auditor a identificar elementos.
- ✓ No están sometidas a un modelo predeterminado.
- ✓ No sustituyen a la experiencia.
- ✓ Se pueden modificar.
- ✓ Muchos elementos incluidos podrán ser innecesarios o repetitivos.
- ✓ Son una herramienta de apoyo para el auditor.
- ✓ No han de ir anexadas al informe.

Las listas que se muestran en el anexo están basadas en la "Guía de Auditoría de Seguridad Vial" de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile, CONASET y el Manual de Auditorías de Seguridad Vial de Colombia.

El éxito y aceptación de las auditorías y/o inspecciones de seguridad vial dependerán de encontrar medidas rentables con ratios costo-beneficio razonable, en los que se consideren todos los costos externos asociados a la accidentalidad y no únicamente los costos materiales. Para evaluar los beneficios económicos de la seguridad vial es necesario transformar "reducción del riesgo" en "beneficio monetario".

### 4.9 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA RED VIAL

En el ámbito del análisis de la accidentalidad en carretera, para relacionar y comparar la siniestralidad en función de la intensidad del tráfico se utilizan los índices de peligrosidad y mortalidad:

#### 4.9.1 NIVEL EXPOSICIÓN AL RIESGO (NER)

El nivel de exposición al riesgo de sufrir un accidente de tránsito en un periodo de tiempo "t" en un tramo específico de la red vial de longitud "l", con un tráfico definido por valor de IMDA, es una medida que depende de los kilómetros recorridos a lo largo del mismo por el conjunto de usuarios de la vía, y se calcula por cada 100 millones de kilómetros recorridos en el tramo, obteniendo una magnitud que se mide en unidades de vehículos \* kilometro (veh\*km).

Ecuación N° 1. Nivel de exposición al riesgo

$$N.E.R. = \frac{IMDA * \text{Periodo de tiempo} * \text{Longitud del tramo}}{100 \text{ millones de kilometros recorridos}}$$

$$N.E.R. = \frac{IMDA * t * l}{10^8} \text{ (vh * km)}$$

Donde:

IMDA = en vehículos/día

t = en días

l = en kilómetros

### 4.9.2 ÍNDICES DE PELIGROSIDAD (IP)

Se define el Índice de Peligrosidad como el cociente entre el número de accidentes con víctimas y el número de kilómetros recorridos en el periodo y tramos con datos de tráfico aforados, expresando este resultado cada 100 millones de kilómetros recorridos por los vehículos. Su expresión matemática es para el caso de un año:

Ecuación N° 2. Índice de peligrosidad

$$I.P. = \frac{\text{Nro. de Accidentes con Víctimas (ACV)}}{\text{Nivel de Exposición al Riesgo}}$$

$$I.P. = \frac{ACV \times 10^8}{IMDA * t * l}$$

Donde:

ACV = Nro. de accidentes con víctimas

IMDA = en vehículos/día

t = en días

l = en kilómetros

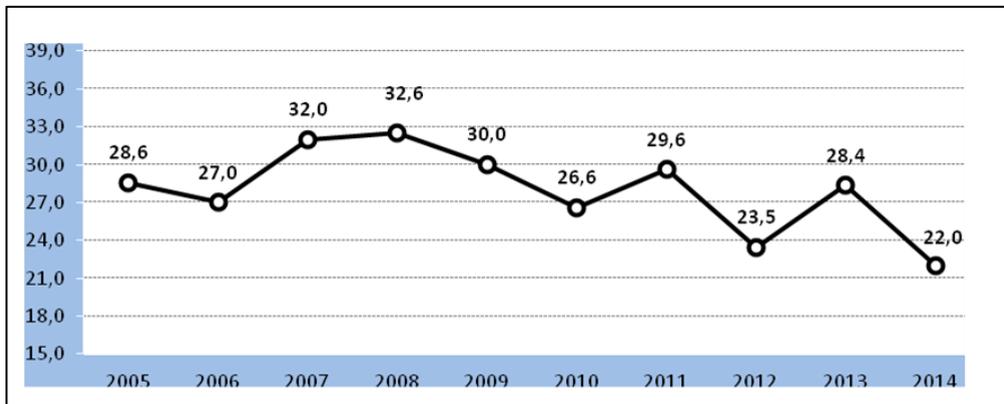
### 4.9.3 ÍNDICES DE PELIGROSIDAD GRAVE (IPG)

Se define el Índice de Peligrosidad Grave como el cociente entre el número de accidentes con víctimas graves y el número de kilómetros recorrido por los vehículos en el periodo en tramos con datos de tráfico aforados. El resultado se expresa cada 100 millones de kilómetros recorridos por los vehículos. El resultado se expresa para el caso de un año:

Ecuación N° 3. Índice de peligrosidad grave

$$I.P.G. = \frac{\text{Nro. de accidentes con víctimas graves} \times 10^8}{I.M.D. \times 365 \times \text{Longitud del tramo (km.)}}$$

Figura 57. Índice de Peligrosidad



### 4.9.4 ÍNDICES DE MORTALIDAD (IM)

De igual forma se define el Índice de Mortalidad como el cociente entre el número de víctimas mortales y el número de kilómetros recorrido por los vehículos en el periodo y tramos con datos de tráfico aforados. El resultado se expresa cada 100 millones de kilómetros recorridos por los vehículos. La fórmula a aplicar para su cálculo es, considerando un periodo de un año:

Ecuación N° 4. Índice de mortalidad

$$I.M. = \frac{\text{Nro. de Víctimas Mortales}}{\text{Nivel de Exposición al Riesgo}}$$

$$I.M. = \frac{\text{Fallecidos} \times 10^8}{\text{IMDA} * t * l}$$

Donde:

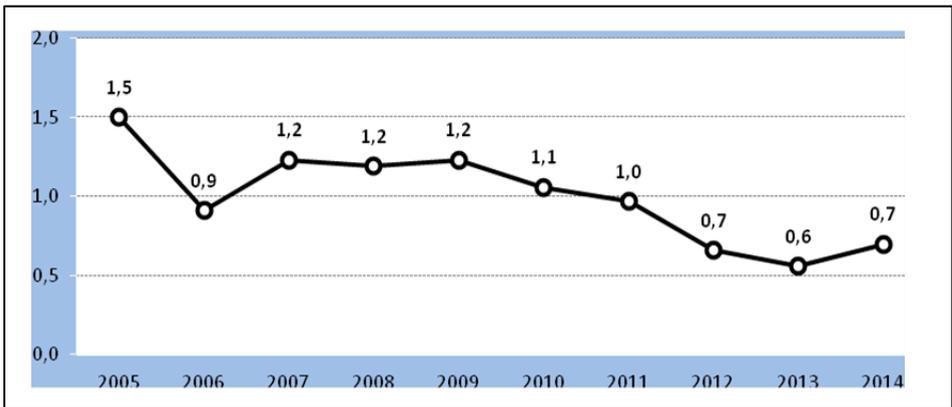
*Fallecidos* = Nro. de víctimas mortales

*IMDA* = en vehículos/día

*t* = en días

*l* = en kilómetros

Figura 58. Índice de Mortalidad



#### 4.9.5 ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD (IA)

El índice de accidentalidad establece la relación entre los accidentes registrados y el nivel de exposición al riesgo de sufrir un accidente, en un tramo de longitud "L", en un periodo de tiempo "t", con tráfico definido por el valor de TDPA. El índice de accidentalidad se calcula como:

Ecuación N° 5. Índice de Accidentalidad

$$I.A. = \frac{\text{Nro. de Accidentes}}{\text{Nivel de Exposición al Riesgo}}$$

$$I.A. = \frac{\text{ACC} \times 10^8}{\text{IMDA} * t * l}$$

Donde:

*ACC* = Nro. de accidentes

*IMDA* = en vehículos/día

*t* = en días

*l* = en kilómetros

#### 4.9.6 ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD MORTAL (IAM)

El índice de accidentalidad mortal establece la relación entre los accidentes con víctimas mortales registradas y el nivel de exposición al riesgo de sufrir un accidente,

en un tramo de longitud "L", en un periodo de tiempo "t", con tráfico definido por el valor de TDPA. El índice de accidentalidad mortal se calcula como:

Ecuación N° 6. Índice de Accidentalidad

$$I. A. = \frac{\text{Nro. de Accidentes con Víctimas Mortales}}{\text{Nivel de Exposición al Riesgo}}$$

$$I. A. = \frac{ACVM \times 10^8}{IMDA * t * l}$$

Donde:

ACVM = Nro. de accidentes

IMDA = en vehículos/día

t = en días

l = en kilómetros

#### 4.9.7 PERIODO DE ANÁLISIS DE RIESGO

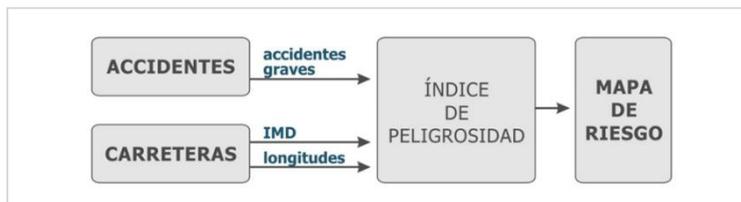
Dado que el número de accidentes que se producen en un tramo durante un año está sometido a variaciones aleatorias debido a la propia naturaleza del fenómeno de la accidentalidad, a efectos de obtener una identificación más fiable, se recomienda trabajar con los datos de accidentalidad de entre 3 y 5 años. Mientras que para análisis de TCA (puntos o tramos inferiores a 3 km) se recomienda un periodo de 5 años, para tramos de longitud superior, 3 años suelen ser un intervalo más adecuado.

#### 4.9.8 METODOLOGÍA PARA LA CREACIÓN DE UN ANÁLISIS DE RIESGO

La elaboración de un análisis de accidentalidad en las carreteras requiere el cumplimiento de diferentes fases, que se resumen en cinco apartados.

- 1) Inventario de la carreteras
- 2) Construcción del grafo
- 3) Asignación de IMD
- 4) Asignación de las accidentes

Figura 59. Metodología para la creación de un análisis de un análisis de riesgo



#### 4.9.9 ACCIDENTALIDAD POR CONCENTRACIÓN

En relación al número absoluto de accidentes o de accidentes con víctimas, es recomendable en primer lugar establecer listados de las carreteras o tramos más accidentógenos.

Una primera aproximación parte del valor absoluto de accidentes y debe permitir:

- Establecer la acumulación de accidentes en unas carreteras sobre el total de la red. Así se puede definir como en un porcentaje de red pequeño, en el 10% por ejemplo, se registra el 30% de la accidentalidad.

- Establecer el TOP 10, TOP 25 o TOP 50 de las carreteras con mayor número de accidentes en valor absoluto.

Al tener en cuenta la longitud de las carreteras se pasa a considerar la concentración, entendida como Número de Accidentes / Longitud del tramo.

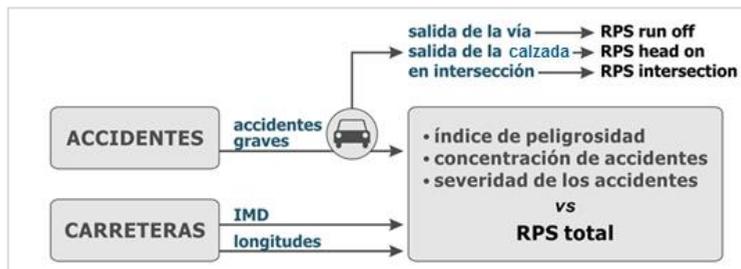
Se debe crear listados que permitan establecer el mismo listado ordenado por los campos de Valores absolutos de accidentes, Concentración y Riesgo.

#### 4.9.10 ACCIDENTES POTENCIALMENTE EVITABLES

El principal objetivo es detectar aquellos tramos donde se producen Accidentes Potencialmente Evitables (APE), mediante el establecimiento de una relación entre el riesgo (número de accidentes por intensidad de tráfico) y el RPS (características geométricas de la vía o Road Protección Score). Así, aquellos tramos con un grado de protección baja (1 estrella) que presenten una accidentalidad por encima de la media (high risk) tienen un potencial de mejora más elevado que el resto. Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Creación del mapa de riesgo en carretera, considerando los accidentes graves y mortales durante los últimos 3 años.
- Inspección in-situ de la misma red, identificando los elementos construidos sobre la carretera que pueden provocar lesiones graves en caso de accidente. El sistema RPS analiza el grado de protección que ofrecen las infraestructuras de transporte a sus usuarios en función de los elementos de seguridad pasiva de los que dispone como bermas centrales de separación, protecciones laterales, etc.
  - ✓ Análisis cruzado de los dos estudios anteriores, detectando aquellos tramos donde existe un riesgo elevado para el usuario y a la vez carencias en los elementos de protección de la vía.
  - ✓ Se unifican los tramos estudiados en las dos fases anteriores, con el objetivo que sean comparables.
  - ✓ Además del IP, también se compara el valor RPS con la densidad de accidentes por kilómetro y con la severidad de las accidentes (mortales/ totales).
  - ✓ El IP, densidad y severidad se calcula para el total de accidentes, los accidentes frontales, las accidentes por salida de vía y las accidentes de intersecciones.

Figura 60. Accidentes potencialmente evitables



Para obtener el mapa de APE a la red de carreteras se tiene que obtener:

- ✓ El tipo de vehículo implicado en el accidente.

- ✓ La tipología de accidente,
- ✓ El valor objetivo del riesgo para cada tipo de vía (el target puede sacarse del valor medio encontrado para la Red de Carreteras del Estado de los mismos tipos de vía).

Calcular los APE de cada tramo a partir del diferencial entre el IP que presentan y el IP medio de su tipología de carretera (tipología de carretera son desdobladas, convencionales de  $IMD < 5,000$ , convencionales de  $IMD < 10,000$ , convencionales de  $IMD > 10,000$ ).

Cruzar datos de mayor a menor APE con menor a mayor puntuación.

Clasificar los tramos según una combinación que maximice la relación de ALTOS APE con BAJAS estrellas RPS.

Clasificar las carreteras según una combinación que maximice la relación de ALTOS APE con BAJAS estrellas RPS (adición de los distintos tramos que la componen).

Seleccionar la ruta con mayor potencial de mejora (y un kilometraje mínimo para que no salga una muy corta) y definir qué cambios estructurales deben aplicarse para que suban las estrellas RPS y disminuyan los APEs (para ello se deben utilizar las tipologías de impacto comparadas con la infraestructura correspondiente que las evitaría).

#### 4.9.11 EJEMPLOS DE METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS PELIGROSOS

A continuación, se describen las metodologías de identificación de tramos peligrosos (NSM), de Alemania, Noruega y Estados Unidos de acuerdo con RUNE ELVIK.

##### Alemania

En la metodología alemana, la red de carreteras se divide en tramos atendiendo al volumen de tránsito, sección transversal y entorno. Estos tramos son de entre 3 y 10 km de longitud.

Se distinguen tres niveles de gravedad en las accidentes: accidentes graves (incluidos los mortales), accidentes leves y accidentes con daños materiales.

Para la identificación de secciones peligrosas se utilizan cuatro indicadores:

- ✓ Densidad de accidentalidad: número de accidentes por kilómetro y año.
- ✓ Densidad del costo de la accidentalidad: costo social de las accidentes por kilómetro y año.
- ✓ Tasa de accidentalidad: número de accidentes por cada millón de vehículos-kilómetro.
- ✓ Tasa del costo de la accidentalidad: costo social de las accidentes por cada millón de vehículos-kilómetro.

Todos los indicadores se expresan durante un periodo de tres a cinco años. Las fluctuaciones aleatorias no se tienen en cuenta durante la fase de identificación.

Como los recursos son limitados, primero se tratarán aquellas secciones en que se espere una mayor mejora desde el punto de vista costo-beneficio. Por ello, es necesaria la información de los costos de la accidentalidad por kilómetro y el potencial de seguridad de las posibles medidas correctoras.

El potencial de seguridad (PS) se define como la reducción del costo de la accidentalidad por kilómetro en el caso de actuar sobre un tramo de carretera concreto. Cuanto más alto sea el PS de un tramo, más beneficios sociales se conseguirán con su mejora. PS es la diferencia entre la densidad del costo de la accidentalidad actual (DCA) y la densidad del costo de la accidentalidad básico (DCAb), que representa la media anual prevista del número y gravedad de las accidentes que se puede conseguir con la mejor medida aplicada.

Las secciones de la red de carreteras se clasifican de acuerdo con la magnitud del potencial de seguridad (PS). Así, las que cuentan con un rango más alto son seleccionadas para el estudio de ingeniería más detallado destinado a proponer las medidas de seguridad.

### **Noruega**

El enfoque noruego se realiza en la red nacional de carreteras dividida en tramos de un kilómetro.

El método de identificación se basa en el concepto de densidad de la gravedad de la lesión (DGL), definido por la fórmula siguiente:

Ecuación N° 7. Índice de Accidentalidad

$$DGL = 33.2 \times M + 22.74 \times FC + 7.56 \times FG + 1.00 \times FLL$$

Donde

- M* = Muertos
- FC* = Heridos críticos
- FG* = Heridos graves
- FLL* = Heridos leves

La gravedad de las lesiones se extrae de los datos oficiales de accidentalidad y los pesos asignados por gravedad son proporcionales a sus costos sociales.

Para desarrollar estimaciones de densidad de gravedad de cualquier tramo de carretera, se aplica el método empírico de Bayes.

Así, se identifican como secciones peligrosas el 10% de las carreteras nacionales que cuentan con los valores de DGL más altos, siempre cuando se hayan registrado accidentes mortales o graves durante los últimos ocho años.

Cuando se identifican las secciones de carretera peligrosas, se realiza un análisis de las accidentes utilizando los datos disponibles. El objetivo de este análisis es identificar los accidentes que más contribuyen a la DGL. Los accidentes se describirán según tipo, estado de la vía, condiciones meteorológicas y luminosidad.

### **Estados Unidos**

En los Estados Unidos se ha desarrollado un software para la identificación y tratamiento de secciones peligrosas que se divide en cuatro módulos:

- ✓ Detección.
- ✓ Diagnóstico y selección de medidas.
- ✓ Valoración económica.
- ✓ Prioridad y evaluación.

A partir del diseño geométrico, del control del tráfico, del volumen de tráfico, del historial y caracterización de las accidentes, y de las funciones de desarrollo de la seguridad, se revisa toda la red vial y se identifican y priorizan las zonas potenciales. Esta investigación se basa en las estimaciones empíricas de Bayes del número esperado de accidentes por tipo y gravedad para cada elemento básico de la carretera.

Una sección de carretera consta de varios segmentos de longitud variable. El enfoque de sección homogénea trata cada segmento, cualquiera que sea su longitud, de forma independiente, y evalúa si el nivel de seguridad del segmento es motivo suficiente para ser seleccionado para estudios de ingeniería de detalle. Esto se complementa con una investigación para identificar los segmentos con mayor frecuencia de accidentes en un tramo homogéneo. Por último, se desarrolla un enfoque llamado corredor, donde la red de carreteras se divide en secciones con una longitud de varios kilómetros.

Para cada sección a investigar, los analistas siguen los siguientes pasos:

- ✓ Preparar una plantilla de diagrama de colisión.
- ✓ Parcela el diagrama de colisión.
- ✓ Identificar los patrones de accidentes.
- ✓ Diagnosticar los problemas de seguridad.
- ✓ Identificar y seleccionar las medidas apropiadas.

Para ayudar a diagnosticar los factores que contribuyen a la accidentalidad, los analistas responden a un cuestionario. Cada cuestión conduce a un diagnóstico y cada diagnóstico lleva a una medida.

Antes de hacer un análisis a pie de carretera, se realiza un informe provisional que comprende la siguiente información:

- ✓ Diagrama de colisión, con todas las características que se deben tomar en el lugar si la investigación se lleva a cabo.
- ✓ Lista del patrón de las accidentes, con anotación del momento, día de la semana y hora en que las accidentes son más frecuentes.
- ✓ Lista de cuestiones que deben responder a pie de carretera.
- ✓ Lista de diagnóstico inicial.
- ✓ Lista de posibles medidas.

Una vez realizada la visita de campo se hace una propuesta final de medidas.

La selección de medidas implica múltiples consideraciones técnicas y presupuestarias.

Para cada problema identificado a través del diagnóstico, se selecciona una lista de medidas potenciales. Si se identifica más de un problema se genera más de una medida.

#### **4.9.12 COMPARATIVA DE MÉTODOS NSM**

La siguiente tabla proporciona una visión general de los métodos de identificación de tramos o secciones más peligrosas en términos similares a los de la mesa de los métodos de identificación de puntos de concentración de accidentes.

**Tabla 22.** Métodos de identificación y definiciones de secciones más peligrosas

| Países   | Segmentación de la red de estudio | Aplicación de ventana deslizante                   | Referencia a nivel normal de seguridad               | Registro o número de accidentes esperados | Consideración de la lesividad                             | Años     |
|----------|-----------------------------------|--|--|---|---|----------|
| Alemania | Si                                | 3-10 km  | Sí, por medio de análisis de categorías              | Registro                                  | Si, mediante la ponderación de 4 categorías de accidentes | 5        |
| Noruega  | Si                                | 1 km, con posibilidad de unir secciones adyacentes | Sí, por medio de modelos de predicción de accidentes | Estimados                                 | Si, mediante la ponderación de 4 categorías de lesividad  | 8        |
| EEUU     | Si                                | Varias millas                                      | Sí, por medio de modelos de predicción de accidentes | Estimados                                 | Si, posible selección sólo accidentes graves              | Opcional |

En contraste con las metodologías de identificación de puntos de concentración de accidentes, todas las metodologías de secciones peligrosas segmentan la red de estudio agrupando los distintos elementos viarios en poblaciones estadísticas homogéneas.

También en los tres países se hace una referencia al nivel normal de seguridad en los tramos de carretera similares. En Alemania se realiza mediante el cálculo de la media del número y la gravedad de las accidentes, mientras que en Noruega y Estados Unidos se realiza mediante el uso de modelos de predicción más avanzados, estimando el número de accidentes esperado.

Alemania identifica las secciones peligrosas a partir del número de accidentes registrados y por tanto las fluctuaciones aleatorias no se tienen en cuenta en la fase de identificación. En Noruega y Estados Unidos, la identificación se basa en el número de accidentes esperados mediante el uso del método empírico de Bayes.

Las secciones de un kilómetro de carretera en Noruega a menudo son asociadas con las secciones adyacentes, cuando éstas deben ser analizadas y tratadas. Esto quiere decir que los tres países en la práctica utilizan una longitud variable de entre 2 y 10 kilómetros.

Los dos países europeos incluyen la gravedad del accidente en la identificación mediante ponderaciones por niveles de lesividad. El método alemán pondera los accidentes, mientras que el noruego pondera las víctimas. Todas las ponderaciones se basan en el precio socioeconómico medio de las lesiones, y en Alemania el peso también se basa en la media de heridos por cada uno de los tipos de lesividad. En Estados Unidos la gravedad de las accidentes se incluye en parte, ya que se da la posibilidad de poder hacer una identificación basada sólo en las accidentes más graves, mortales o con heridos graves.

El período utilizado para identificar las secciones peligrosas varía de tres a ocho años en los países europeos. En Estados Unidos es opcional. En general el período utilizado en secciones peligrosas puede ser más corto que el utilizado en puntos de concentración de accidentes, porque normalmente hay más accidentes en las secciones que suelen ser más largas. Sin embargo, las secciones se aplican en los países más seguros lo que implica que se utilizará un periodo más largo.

En general, se puede concluir que los métodos de identificación de secciones peligrosas (NSM) son más avanzados que los métodos para determinar los puntos de concentración de accidentes (BSM). Por ello, los NSM se desarrollan en los países con una mayor tradición de gestión de seguridad vial como Alemania, Noruega o Estados Unidos.

#### 4.10 CONTROL POR CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

Un accidente de tránsito es el resultado de la coincidencia de una serie de circunstancias relacionadas con los usuarios, los vehículos, la infraestructura, el tráfico y el entorno que dan lugar a un suceso imprevisto. Está ampliamente constatado que en un porcentaje muy elevado, el principal factor determinante está relacionado con el factor humano. Aun así, la mejora de las características de los vehículos y de la infraestructura puede contribuir a reducir la accidentalidad y sus consecuencias. La infraestructura es uno de los principales elementos que intervienen en la seguridad de la circulación y actuando sobre ella, se podrían evitar y reducir las consecuencias de un gran número de accidentes. En este sentido, los Tramos de Concentración de Accidentes cobran una gran importancia, ya que son los tramos donde existe un mayor potencial de reducción de accidentalidad realizando actuaciones en infraestructura sobre ellos.

##### 4.10.1 ZONAS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

A pesar de que la identificación de zonas de concentración de Accidentes es una de las herramientas de gestión de mejora de la seguridad vial más utilizada por todos los países, no existe una definición universal y reconocida globalmente, dado que depende de las políticas, directrices y de los recursos que se destinan.

Desde un punto de vista teórico y general, podrían definirse como aquellas ubicaciones o tramos de carretera donde se produce un número de accidentes por encima del esperado.

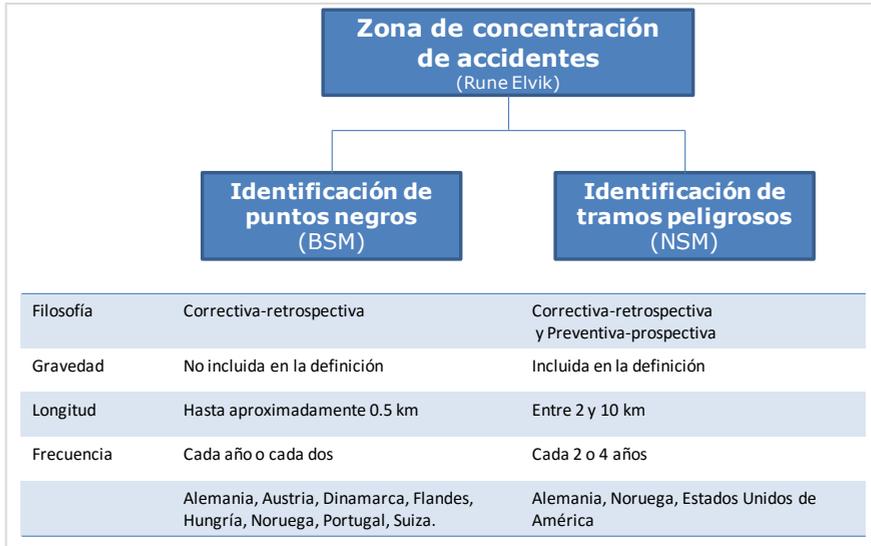
Según Vistisen (2002) todas las metodologías de análisis de zonas de concentración de accidentes comparten un proceso de desarrollo que se puede dividir en tres fases:

- ✓ Identificación de la localización con un número de accidentes por encima de los esperados.
- ✓ Priorización del tratamiento de medidas de mejora.
- ✓ Estudio para analizar el efecto antes-después una vez realizadas las medidas.

Rune Elvik y Michaelk Sorensen diferencian entre los métodos de identificación de puntos de concentración de accidentes, a los que denominan Black Spot Management (BSM), y los métodos de identificación de tramos peligrosos denominados Network Safety Management (NSM).

La identificación de puntos de concentración de accidentes (BSM) tiene una larga tradición en la ingeniería de tránsito de los países europeos. En los últimos 5 o 10 años pero, muchos países han sustituido o complementado esta metodología con la de identificación de tramos peligrosos (NSM). Sin embargo, los enfoques actuales y la calidad de ambas metodologías difieren mucho unas de otras.

Figura 61. Clasificación Zonas de Concentración de Accidentes



Fuente: Adaptado de Rune Elvik y Michaelk Sorensen

La filosofía de las metodologías de identificación de puntos de concentración de accidentes es correctiva-retrospectiva mientras que la de las metodologías de identificación de tramos peligrosos es correctiva-respectiva y preventiva-prospectiva.

La gravedad de las accidentes no se suele incluir en la definición de los puntos de concentración de accidentes, si en cambio, cuando se trata de la identificación de los tramos peligrosos.

La identificación de puntos de concentración de accidentes se tiene que realizar haciendo referencia a una población claramente definida de elementos viarios como por ejemplo, curvas, puentes o intersecciones.

Los tramos o secciones peligrosas se identifican haciendo referencia a tramos homogéneos entre 2 y 10 km y se basan en un modelo más o menos avanzado, como es el método empírico de Bayes, pues estos métodos son los mejores para hacer una identificación fiable de los lugares con los factores locales de riesgo relacionados con el diseño y el control del tránsito por carretera, puesto que la variación sistemática y la fluctuación aleatoria se toman en consideración.

Por lo general, la identificación de puntos de concentración de accidentes se realiza anualmente o cada dos años, la identificación de tramos peligrosos en cambio, tiende a realizarse cada dos o cada cuatro años.

#### 4.10.2 EL CONCEPTO DE TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

El concepto Tramo de Concentración de Accidentes/Accidentes o TCA se define como aquellos tramos que presentan un número de accidentes (de un tipo particular) superior a tramos similares de la red vial, y en el que previsiblemente una actuación de mejora de la infraestructura puede dar lugar a una reducción significativa y eficaz de la accidentalidad. Se utiliza para hacer referencia a los puntos de mayor peligrosidad de una red vial.

A partir de esta misma definición, existen diversos métodos para calcular los TCA. Todos estos sistemas de detección de puntos de concentración de accidentes y tramos/puntos de concentración han surgido para garantizar que los presupuestos públicos se gasten en lugares de máximo efecto costo-beneficio.

METODO: Partiendo de la base que no existe un método estandarizado de cálculo de concentración de accidentes, se podría generalizar el método de la siguiente manera. La identificación de un TCA se hace a través de una "ventana deslizante" que trata de encontrar el punto o segmento de una vía con mayor incidencia de accidentes de un tipo específico (por ejemplo accidentes fatales, accidentes con heridos graves, accidentes en ángulo, accidentes con peatones, accidentes por alcance, etc.). La longitud de dicha ventana se deja a criterio del analista pero por lo general se utiliza desde 100 metros hasta 1000 metros identificando de esta manera los tramos con mayor incidencia de accidentes. Otra variable es la distancia del "desplazamiento gradual" de la ventana, este desplazamiento es independiente de la longitud de la ventana y se podría asumir un desplazamiento cada 20 metros dependiendo de la frecuencia de accidentes. En vías rurales más largas donde existen zonas largas sin muchos accidentes, se podría utilizar desplazamientos de hasta 500 metros.

En función de las particularidades y de las necesidades del estudio hay que tener en cuenta diferentes aspectos:

- ✓ Cuál es la finalidad que se busca con la lista de los TCA. (Buscar fatalidades, buscar accidentes con bicicletas, etc.)
- ✓ Como está conformada la red vial y qué tipología de carreteras contiene.
- ✓ Cuantos y qué tipos de accidentes se producen.
- ✓ Cuáles son los recursos disponibles.
- ✓ Cuál es la calidad de los datos.
- ✓ Qué parámetros tienen que intervenir en la identificación del TCA.

El método seleccionado será conforme a la normativa vigente, robusto estadísticamente y sólido en el tiempo. No para todos los países son válidos los mismos sistemas de cálculo y es importante anticiparse a la situación de los próximos años para establecer un método que no quede obsoleto rápidamente.

Los procedimientos utilizados para identificar los TCA basados en los valores observados toman como referencia el número absoluto de accidentes con víctimas o bien una tasa, que acostumbra a ser la que relaciona el número de accidentes registrado en cada tramo con la intensidad de vehículos (IMD) que soporta. Se trabaja con esta tasa que define el Índice de Peligrosidad, que se compara con los índices de peligrosidad obtenidos en el conjunto de toda la red de características similares.

El método escogido en Perú se puede ver complementado con criterios de selección a partir de la concentración de accidentes, con un doble objetivo:

- ✓ En tramos de baja IMD, garantizar que se produce un mínimo de accidentes en los tramos escogidos, con el fin de limitar el efecto de la aleatoriedad en la selección de tramos.
- ✓ Contemplar una metodología para toda la red, atendiendo en muchas ocasiones al alto porcentaje de red que no se encuentra aforada, dadas las limitaciones presupuestarias.

En diferentes países también son utilizados métodos mixtos de peligrosidad-concentración. En ellos, se utilizan cuatro indicadores de desempeño de la seguridad vial para identificar los tramos peligrosos:

Tabla 23. Indicadores de desempeño

| Indicador de desempeño           | Descripción   |
|----------------------------------|---|
| Densidad de accidentes           | El número anual de accidentes por kilómetro                           |
| Densidad del costo de accidentes | El costo social anual de las accidentes por kilómetro                 |
| Índice de peligrosidad           | El número de accidentes por millón de vehículos – km conducidos       |
| Índice del costo de peligrosidad | El costo social de accidentes por millón de vehículos – km conducidos |

Fuente: State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks, Rune Elvik, 2008, pag. 75

#### 4.10.3 METODOLOGÍA PARA LA ELECCIÓN DEL MODELO

Para poder escoger un nuevo método, se debe realizar un análisis previo de los siguientes aspectos:

- ✓ **Marco normativo:** A nivel mundial, interamericano, estatal y provincial en materia de gestión de la seguridad de las infraestructuras viales.
- ✓ **Estado del arte:** Investigación bibliográfica a nivel global para investigar en qué situación se encuentran otros países. Descripción de las metodologías empleadas por los países y regiones con mayor tradición en materia de seguridad vial.
- ✓ **Análisis de parámetros** que inciden en la definición del TCA y otros posibles diferentes aspectos/variables a incorporar.
- ✓ **Aplicación de los diferentes métodos** al caso de las carreteras del Perú. Análisis comparativo.
- ✓ **Conclusiones:** Atendiendo al estado del arte, a las particularidades de la propia red de carreteras y al tipo de accidentalidad registrada, se define finalmente el nuevo método de detección e identificación de zonas de concentración de accidentes para la red estatal o las redes provinciales.
- ✓ **Presentación de los resultados**, siguiendo el método escogido y comparándolo con el histórico.

#### 4.10.4 PARÁMETROS DE CÁLCULO

Para la elección de cualquier variante del método de cálculo escogido se deben tener en consideración una serie de parámetros:

##### 4.10.4.1 Unidad de análisis

A la hora de analizar el fenómeno de la accidentalidad para identificar los TCA de una red de carreteras, existen diversas maneras de disponer la unidad de cálculo, teniendo en cuenta las víctimas de los accidentes, contemplando los accidentes en lugar de las víctimas, teniendo en cuenta los accidentes con daños materiales, estudiando la accidentalidad en función de la gravedad de las accidentes, entre otros.

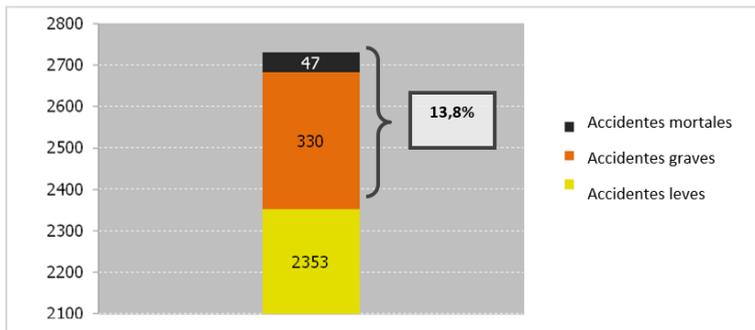
Con el fin de evitar factores de aleatoriedad que puedan distorsionar la tendencia de la accidentalidad, se aconseja trabajar con cifras de número de accidentes con víctimas y no con número de víctimas ocasionadas por un accidente. De esta manera,

se contabiliza igual un accidente donde se ha visto involucrado un vehículo con un ocupante que un accidente con varias víctimas.

#### 4.10.4.2 Gravedad de las accidentes

En cuanto a la gravedad de los accidentes analizados, dada la tendencia de reducción en el número de accidentes mortales y graves que se observa cada año en las carreteras, se aconseja trabajar con accidentes donde el resultado ha sido víctimas mortales, graves y/o leves. La incorporación de los accidentes leves en el estudio afecta positivamente a la robustez de los análisis estadísticos puesto que la muestra de accidentes aumenta significativamente.

Figura 62. Gravedad de las accidentes



#### 4.10.4.3 Periodo de análisis

Dado que el número de accidentes que se producen en un tramo durante un año está sometido a variaciones aleatorias debido a la propia naturaleza del fenómeno de la accidentalidad, a efectos de obtener una identificación más fiable de los TCA, se recomienda trabajar con los datos de accidentalidad de entre 3 y 5 años.

Un periodo más largo dará más robustez estadística al modelo, pero no permitirá detectar los cambios con la misma agilidad.

Un periodo próximo a los 3 años (no recomendado en redes con índices de peligrosidad bajos) permitirá visualizar las evoluciones de los tramos (a nivel particular y en su conjunto) de una forma más ágil, casi de año a año.

La defensa metodológica para un periodo de 3 años suele radicar en que los cambios producidos por intervenciones en la vía pueden tener una visualización inmediata (1 año o 2 como máximo), mientras que con 5 años van a tardar más a visualizarse.

Esta argumentación es correcta, pero existen mecanismos de corrección para establecer filtros a los primeros resultados:

- ✓ Para evitar inclusión de tramos/cruces intervenidos: Estos tramos se conocen (y el año de intervención) y deben analizarse por separado, analizando la evolución de la accidentalidad. La visualización del El mapa de TCAS los debe identificar.
- ✓ Para detectar a tiempo aumentos significativos: El periodo de 5 años puede diluir una patología accidentógena que se ha dado en el último año o últimos dos años. Así, un tramo con ningún accidente con víctimas en los tres primeros años del periodo y 14 accidentes (7+7) en los dos últimos puede no presentarse como TCA y retrasar así una posible intervención hasta los 3 años.

Se propone, paralelo al mapa de TCAs, un detector de alarmas que analice el último año en relación a los 4 anteriores, y permita incidir en un cruce/tramo concreto sin previa presencia en el mapa de TCA.

#### 4.10.4.4 Longitud del Tramo

La longitud utilizada para definir los tramos de la red de carreteras que se analizan para determinar los TCA se sitúa entre 1 y 10 kilómetros.

- ✓ Tramos pequeños aumentan la probabilidad de encontrar picos aleatorios de accidentalidad (factor que se compensa con la inclusión de un número más elevado de años).
- ✓ Tramos grandes aumentan la incertidumbre a la hora de identificar la ubicación específica de las zonas peligrosas, sobre todo cuando las causas son infraestructurales.

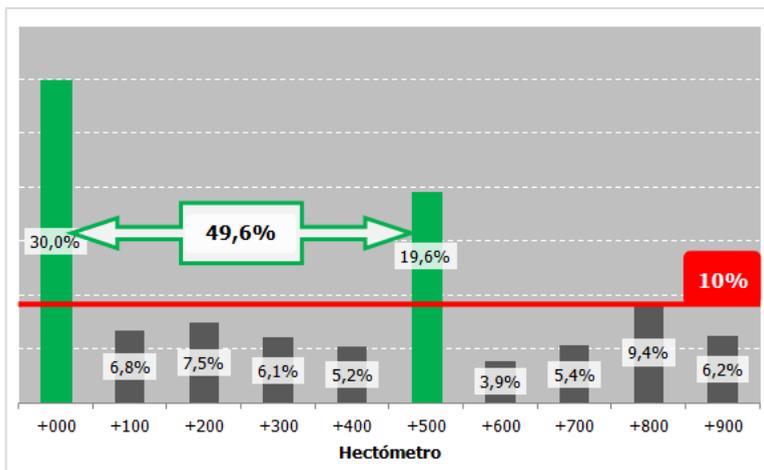
Se aconseja trabajar con tramos de longitud mínima de un kilómetro y máxima de 3 kilómetros, con el objetivo de obtener un alto grado de precisión en el proceso de identificación de los TCA, pero que asegure la representatividad de la muestra. Si se utiliza el índice de peligrosidad como variable de análisis, está ya tiene en cuenta la longitud del tramo y todos los tramos se entienden de forma relativa. Se aceptan tramos inferiores a 1 km cuando estos coinciden con la longitud total.

#### 4.10.4.5 Segmentación

Usualmente al dividir la red en tramos de longitud parecida, se utiliza el punto quilométrico (progresiva) (pk) entero empezando desde el pk 0+000, por ejemplo, el pk 38+000, 9+000, etc. Este proceso de segmentación sería totalmente válido si la toma de datos de los accidentes fuera del todo precisos (mediante coordenadas en el lugar del punto kilométrico del accidente, por ejemplo). Pero la ubicación de las accidentes a través de la definición de carretera + pk distorsiona mucho la ubicación debido a la falta de referencias claras y diferencias de 200 metros pueden afectar la definición de los TCA.

Teóricamente la distribución de las accidentes tendría que ser uniforme a lo largo del kilómetro y en cada hectómetro tendría que tener lugar el 10% de las accidentes. Pero en líneas generales predominan los hectómetros 0 y 5.

Figura 63. Segmentación



#### 4.10.4.6 Kilómetro Flotante

Para acotar los tramos de concentración de accidentes se puede utilizar el kilómetro flotante, que simula una ventana que se desplaza a lo largo de la carretera cada 100 metros. Así, a cada salto de hectómetro (hm.) se recalculan los valores para un kilómetro entero, quedando solapada buena parte de la información entre tramos continuos.

La unidad mínima de trabajo para la detección de los TCA es 1 km. Es decir, los cálculos de la IMD, de las accidentes y del IP se calculan siempre para cada kilómetro flotante.

A modo de ejemplo: se calculan los accidentes entre el pk 3.0 y el pk 3.9 de una carretera. Posteriormente se hace lo propio con las accidentes entre el pk 3.1 y el pk 4.0, apareciendo la mayoría de accidentes (9/10 partes en caso de distribución normal) repetidos en ambos tramos de km. Y así sucesivamente hasta completar toda la carretera. De este modo, se detecta siempre el punto máximo de concentración.

Mediante este proceso, una vez detectado un tramo que cumple los criterios de TCA, se podrá ir ampliando el mismo TCA de 100 en 100 metros; para el siguiente kilómetro flotante se continúan cumpliendo los criterios de TCA.

Es decir, en el caso que kilómetros correlativos vayan cumpliendo los criterios de TCA irán quedando incluidos dentro de un mismo TCA. Así, la selección de los TCA finales responde a la agregación de tramos consecutivos de concentración, hasta 3 km. (o más, en algunos casos excepcionales).

Así, se trabajará con tramos de longitud mínima de 1 kilómetro y máxima de 3 kilómetros, con el objetivo de obtener un alto grado de precisión en el proceso de identificación de los TCA, pero que asegure la representatividad de la muestra. Sólo se aceptan tramos inferiores a 1 kilómetro cuando estos coincidan con la longitud total de la carretera.

#### 4.10.4.7 Ponderación de las Accidentes

Con tal de priorizar accidentes de mayor gravedad, y por tanto, de más importancia para la sociedad, en la totalidad de los estudios de identificación de los TCA se valoran de manera diferente las accidentes en función de su gravedad.

Para valorar los accidentes en base a su gravedad, se aplican ponderaciones unitarias a los accidentes que otorguen una mayor importancia a las más graves.

Estas valoraciones se suelen realizar a partir de los costos unitarios establecidos por las distintas instituciones para valorar el costo económico que suponen las víctimas de las accidentes de tráfico en función de su gravedad. Los accidentes con víctimas se ponderan de la siguiente manera:

Tabla 24. Ponderación de Las Accidentes

| Accidentes  | Ponderación |
|---|-------------|
| Accidentes con víctimas mortales                      | 8           |
| Accidentes con víctimas con heridas o lesiones graves | 5           |
| Accidentes con víctimas con heridas o lesiones leves  | 1           |

#### 4.10.4.8 Agrupación por rango de IMD

La relación entre accidentalidad e IMD de un tramo de carretera no es constante. Por este motivo se recomienda agrupar los diferentes kilómetros de la red en grupos en función de su IMD; así se analiza la accidentalidad que particulariza cada grupo de carreteras y se encuentra el umbral a partir del cual se identifican los tramos donde se observa una accidentalidad superior a la tendencia de la accidentalidad del conjunto de tramos que forman cada agrupación.

La definición de los grupos depende en gran medida del tipo de red analizada. No va a ser lo mismo analizar una red nacional, con carreteras con elevada intensidad de tráfico, a menudo tratándose de vías desdobladas, que analizar una red de vías secundarias, con menor intensidad.

Por lo tanto, no se pueden establecer unos umbrales predefinidos. Se recomienda realizar un testeo previo, que agrupe las carreteras en un número de tramos más o menos homogéneo y que respondan de forma satisfactoria a las regresiones estadísticas para la definición del modelo. Una vez definido los grupos, y el modelo en general, no se recomienda realizar muchas modificaciones, con el objetivo de poder llevar a cabo un análisis histórico riguroso.

#### 4.10.5 IMPLEMENTACIÓN EN PERÚ MÉTODOS BASADOS EN VALORES OBSERVADOS: CÁLCULO DEL TCA POR PELIGROSIDAD.

Los procedimientos utilizados para identificar los TCA basados en los valores observados toman de referencia el número absoluto de accidentes o una tasa, que acostumbra a ser la que relaciona el número de accidentes registrados en cada tramo con la intensidad de vehículos (IMD) que soporta. España trabaja con esta tasa que define el índice de peligrosidad, que se compara con el índice de peligrosidad obtenida en otros tramos de la red de características parecidas.

##### 4.10.5.1 Índice de peligrosidad (IP)

El índice de peligrosidad es el valor que relaciona los accidentes ponderadas sucedidos en un tramo de carretera con el IMD que soporta y la longitud del tramo en cuestión.

El índice de peligrosidad se basa en la relación entre la accidentalidad y la IMD, dado que la IMD es la variable más influyente en cuanto a la accidentalidad desde el punto de vista de la infraestructura.

Este índice suele generar valores pequeños, así que para trabajar con valores más manejables el índice se multiplica por  $10^8$ .

Ecuación N° 8. Índice de Accidentalidad

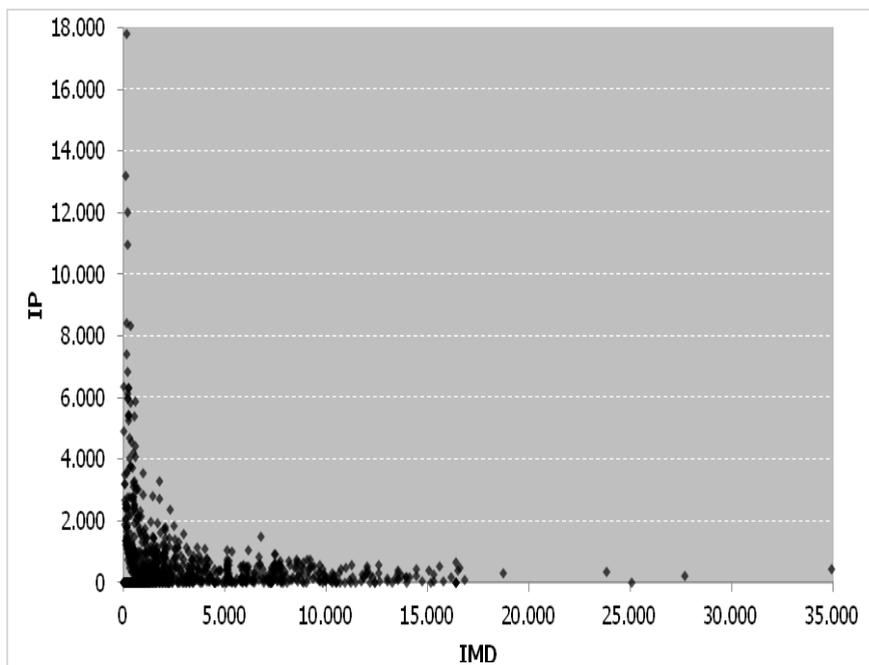
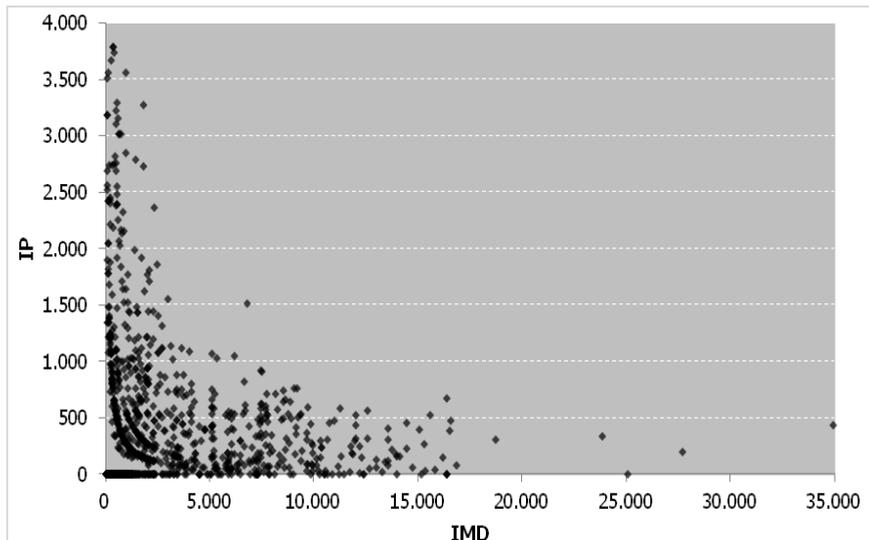
$$I.P. = \frac{\text{Colisiones ponderadas} \times 10^8}{IMD \times 365 \times L}$$

Donde:

$IMD$  = Intensidad Media Diaria

$L$  = Longitud del tramo en kilómetros

El índice de peligrosidad es una valoración del riesgo de un tramo de carretera que requiere de prudencia a la hora de interpretarlo, ya que para una IMD baja resulta ser muy volátil, y en tramos donde la IMD es alta resulta muy variando tímidamente.

**Figura 64. IMD baja****Figura 65. IMD alta**

#### 4.10.5.2 Umbrales de IP para determinar los tramos más peligrosos

Una vez valorada la peligrosidad de cada tramo de carretera IP, es necesario establecer un límite para detectar los tramos en los que se considera que su IP difiere en exceso del conjunto de los IP de los tramos de un mismo rango de IMD.

Para identificar los tramos peligrosos de la red de carreteras, se establece un umbral ( $IP_0$ ) en función de los índices de peligrosidad ( $IP$ ) de los tramos con un mismo rango de IMD. El límite  $IP_0$  se calcula teniendo en cuenta los valores de los  $IP$  y la distribución de los mismos dentro de la muestra, ver Ecuación 9.

Ecuación N° 9. Índice de Accidentalidad

$$I.P_0 = \frac{\sum_{i=1}^N I.P}{N} + \sigma_{est}$$

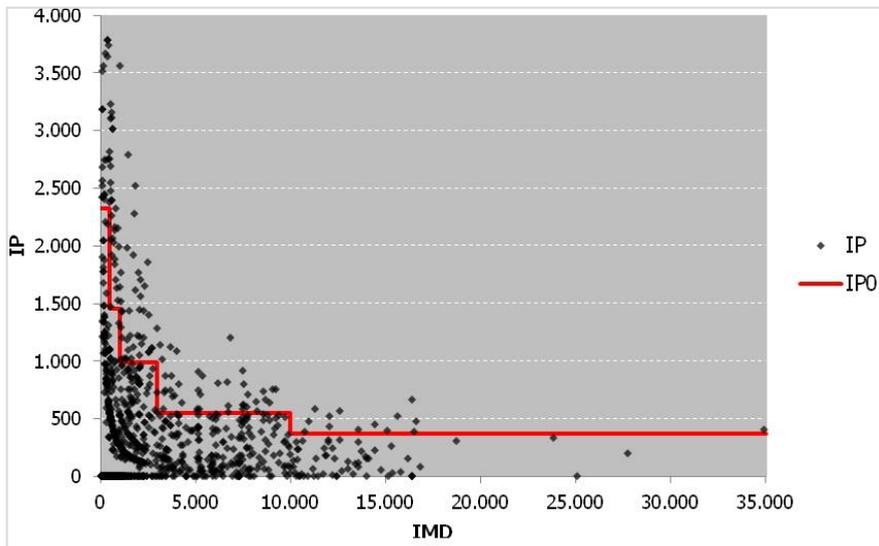
Donde:

$\sum_{i=1}^N IP$  = Es la sumatoria de los índices de peligrosidad de los tramos de un mismo rango de IMD.

$\sigma_{est}$  = Es la desviación estándar de los índices de peligrosidad de los tramos de un mismo rango de IMD.

Así, para cada grupo quedan definidos los límites del  $IP_0$ , en función de la  $IP$  media del grupo y su desviación.

Figura 66. Distribución  $IP$  y umbral  $IP_0$



#### 4.10.5.3 Criterios de selección

Dadas las características de variable discreta y a menudo aleatoria de la accidentalidad es necesario aplicar un proceso de filtraje. De esta manera se excluyen los tramos de carretera que no superen un cierto número de accidentes o un índice de peligrosidad determinado.

Se definen dos tipologías de criterios de selección: de riesgo y de concentración.

##### A. Riesgo

El criterio de selección del riesgo se basa en la comparación entre el índice de peligrosidad individual de cada tramo con el valor establecido como umbral dentro de su rango de IMD ( $IP_0$ )

Criterio 1: Índice de peligrosidad tramo mayor a umbral del grupo ( $IP > IP_0$ )

El índice de peligrosidad de los kilómetros que definen el tramo debe ser superior al  $IP_0$ , entendido éste como el umbral del conjunto de tramos de su mismo rango de IMD.

### Concentración

Los criterios de selección para concentración se basan en la definición de un límite en términos de número de accidentes para descartar tramos en los que se considera que el valor de accidentes está probablemente influenciado en gran parte por la naturaleza, a menudo aleatoria, de las accidentes.

Los criterios suelen barajar conceptos como descartar los tramos en los que no se ha registrado ningún accidente en los últimos 2 años, o descartar tramos que no superan un número mínimo de accidentes.

Es interesante reflejar un resumen con los TCA identificados, donde resalte las actuaciones, en materia de seguridad vial, que podrían reducir un número elevado de accidentes.

Tabla 25. Relación entre TCA y red vial

| Red de carreteras | Longitud | Accidentes con víctimas | Accidentes mortales | Accidentes graves | Accidentes leves |
|-------------------|----------|-------------------------|---------------------|-------------------|------------------|
| Provincia         | 11.777   | 7.398                   | 224                 | 916               | 6.258            |
| TCA               | 157      | 1.310                   | 56                  | 202               | 1.053            |
| % TCA / Provincia | 1,33%    | 17,7%                   | 25,0%               | 22,0%             | 16,8%            |

#### 4.10.6 METODOLOGÍAS BASADAS EN MODELOS ESTADÍSTICOS DE PREVISIÓN DE ACCIDENTES

Los procedimientos utilizados para identificar los TCA que se basan en la elaboración de modelos estadísticos de predicción de accidentes que relacionan la accidentalidad registrada en cada tramo de carretera con la IMD que soporta. A partir de esta hipótesis se elabora un modelo estadístico que determina la accidentalidad que se espera tenga un tramo en función de su IMD. Por último, se compara la accidentalidad real que se observa en un cierto período de tiempo con la accidentalidad que se espera que tenga cada tramo de carretera en base al modelo estadístico elaborado. Los tramos donde la accidentalidad observada diste en exceso de la accidentalidad esperada serán identificados como TCA.

##### 4.10.6.1 Clasificación de los tramos

Para elaborar un modelo estadístico de predicción de accidentes es básico conocer el comportamiento de la accidentalidad en la red de carreteras de forma que se puedan identificar los factores de la vía que influyen. Es por ello que el modelo se elabora para cada uno de los grupos de vías o tramos en que se ha clasificado la red.

El objetivo es clasificar los diferentes kilómetros de la red de carreteras en diferentes tipologías de vía de características geométricas y vías similares, discriminando así posibles comportamientos diferenciales de la accidentalidad y definiendo grupos donde la accidentalidad presente un comportamiento homogéneo. De esta manera se pretende estimar estadísticamente la accidentalidad que particulariza cada grupo de carreteras.

Las características de la vía a tener en cuenta a la hora de definir una clasificación de carreteras son todas aquellas que inciden en el comportamiento de la accidentalidad. Las que se utilizan más usualmente para definir grupos de vías dado que se ha observado un comportamiento diferencial entre cada categoría son:

- ✓ Carreteras desdobladas/carreteras no desdobladas
- ✓ Sección/intersección
- ✓ Zona urbana/interurbana
- ✓ Otros elementos viarios: curvas, puentes, túneles

#### **4.10.6.2 Modelo estadístico de predicción de accidentes**

Los modelos estadísticos de predicción de accidentes utilizan el concepto de "accidentes esperadas" para definir el número de accidentes que se prevé que sucedan en un tramo en base a sus características viales.

Para elegir correctamente el modelo a partir del cual se compara la accidentalidad observada para poder finalmente identificar los TCA, se deben escoger las variables que contempla el modelo y seleccionar un modelo que se adecue a la muestra de datos a analizar y que finalmente resulte válido.

##### **A. Elección de las variables**

La variable dependiente, variable que se pretende estimar, es el número de accidentes ponderado que ocurre en un periodo de tiempo determinado.

Como variable independiente, variable a partir del cual se determinará la accidentalidad esperada, se utiliza el IMD, dado que es la variable más explicativa del fenómeno de la accidentalidad y se ha utilizado históricamente en numerosos estudios de tráfico.

Existen otras variables que inciden en el fenómeno de la accidentalidad, pero su incidencia no se ha demostrado efectiva en todos los escenarios, es por ello que la incorporación de nuevas variables para definir la accidentalidad esperada de una red de carreteras requiere de estudios individualizados para determinar la dependencia de otras variables respecto a la accidentalidad. La variable que se ha determinado como influyente en el fenómeno de la accidentalidad en algunas publicaciones es la meteorología de la zona donde se encuentra el tramo de carretera.

##### **B. Elección del modelo**

Para escoger el modelo estadístico a utilizar, para estimar los accidentes producidos en un tramo de carretera, se debe tener en cuenta la naturaleza de las variables que intervienen en el análisis. Dada la característica de variable discreta, a menudo nula y positiva de la accidentalidad, los modelos más adecuados son los que contemplan estas características de la variable dependiente. De todos modos, con un tratamiento previo y con cuidado a la hora de interpretar el modelo también se utilizan modelos de regresión lineal.

#### **4.10.6.3 Modelo de regresión lineal**

El objetivo del modelo de regresión lineal, que se pretende conseguir con la aplicación de un modelo de regresión lineal, es evaluar la relación, si ésta existe, entre variables cuantitativas.

El modelo de regresión lineal simple, es decir, contemplando la relación entre la variable dependiente y una variable independiente, tiene la siguiente forma:

### Ecuación N° 10. Índice de Accidentalidad

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$$

Donde:

$\hat{y}$  = Variable respuesta, en este caso, el número de accidentes que queremos predecir

$X$  = Variable control, como se ha comentado anteriormente, se utiliza la IMD

$\beta_0$  = Ordenada en el origen

$\beta_1$  = Coeficiente de regresión y pendiente de la recta de estimación

$\epsilon$  = Variable de error o residuo

La metodología utilizada habitualmente para encontrar los parámetros de la regresión es el de los mínimos cuadrados, que consiste en calcular  $\beta_0$  y  $\beta_1$  minimizando la suma de los cuadrados de los residuos. Por residuos se entiende la diferencia entre los valores reales y los valores predichos por el modelo, ver ecuación siguiente.

### Ecuación N° 11. Índice de Accidentalidad

$$\epsilon_k = y_k - \hat{y}_k$$

Donde:

$\epsilon_k$  = Residuo

$y_k$  = Valor real, accidentalidad observada

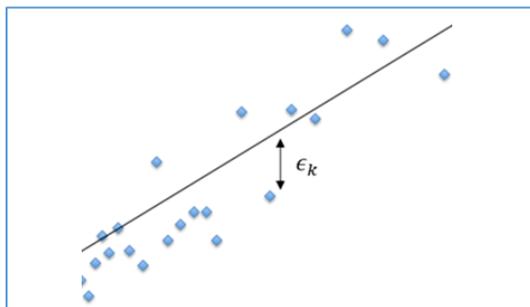
$\hat{y}_k$  = Valor pronosticado, accidentalidad prevista

La expresión correspondiente al cálculo de la minimización de la suma de los cuadrados de los residuos como se muestra en la siguiente ecuación.

### Ecuación N° 12. Índice de Accidentalidad

$$E(\beta_0, \beta_1) = \sum_{k=1}^n \epsilon_k^2 = \sum_{k=1}^n (y_k - \hat{y}_k)^2 = \sum_{k=1}^n (y_k - (\beta_0 + \beta_1 x_k))^2 = \sum_{k=1}^n (y_k - \beta_0 - \beta_1 x_k)^2$$

Figura 67. Modelo de regresión lineal



Dada la dispersión de los datos y sobre todo la problemática que supone, desde el punto de vista estrictamente estadístico, los tramos con cero accidentes, para aplicar el modelo de regresión lineal es necesario realizar un paso previo en el tratamiento de los datos para que la relación entre las variables accidentalidad e IMD sea robusta.

Para conseguir una dependencia lineal entre las variables que se desea relacionar, lo que se ha utilizado en algunos estudios es la aplicación de un proceso de agrupación

de tramos con IMD similar, calculando la media aritmética de las variables relacionadas, por eliminar valores nulos que distorsionan el modelo.

Una vez construido el modelo de regresión lineal, este se verificará mediante la aceptación de las tres hipótesis que se formulan sobre los residuos de la regresión para validarla:

Para que el modelo sea válido, los residuos de la regresión no deben mostrar una dependencia entre ellos, sino que se distribuirán de manera dispersa. La característica independiente de los residuos de la regresión se puede observar mediante gráficos relacionando los residuos con la variable independiente o mediante el estadístico de Durbin-Watson.

#### **a. Normalidad**

La segunda condición que deben cumplir los residuos de la regresión para que ésta pueda ser aceptada es la distribución normal de los residuos, es decir, que se distribuyan siguiendo la forma de una campana de Gauss con media igual a cero.

#### **b. Homoscedasticidad**

La tercera condición que deben cumplir los residuos de la regresión es que tienen que verificar la característica de homoscedasticidad, que hace referencia a la igualdad de las varianzas a lo largo de la regresión.

Esta característica se puede corroborar en los mismos gráficos donde se analiza la independencia de los residuos o mediante el contraste de Breusch y Pagan.

La condición de homoscedasticidad no suele cumplirse en todos los casos, es por eso que existen numerosas técnicas para modificar la muestra de datos y así conseguir una varianza constante de los residuos a lo largo de la regresión. Usualmente aplicando una transformación logarítmica a los datos de la variable dependiente se consigue una varianza constante, pero existen otras maneras más complejas como la aplicación de la transformación de Box-Cox.

Finalmente, una vez contrastadas las hipótesis formuladas sobre los residuos de la regresión, se determina la calidad predictiva del modelo mediante el coeficiente de determinación  $R^2$ . Este coeficiente indica el porcentaje de variabilidad total en la variable y que puede ser explicada por la variable independiente  $x$ . Generalmente un valor de  $R^2$  superior al 70% se considera que la dependencia entre las variables relacionadas es fuerte.

Los modelos de regresión lineal presentan 3 problemas principales:

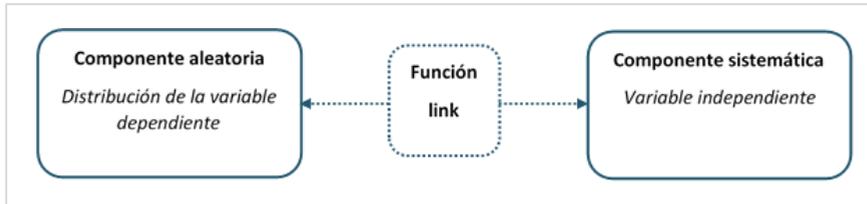
- ✓ La variable dependiente,  $y$  se distribuirá siguiendo una distribución normal, ya que los errores de la regresión deben presentar una distribución normal.
- ✓ La relación entre los parámetros debe ser lineal.
- ✓ El tratamiento de los ceros es complicado.

#### **4.10.6.4 Modelos lineales generalizados (GLM)**

Dados los problemas de los modelos de regresión lineal, en determinadas situaciones aparece la necesidad de aplicar otra tipología de modelo estadístico para estimar los accidentes ocurridos en una red de carreteras. Estos modelos alternativos a la regresión lineal son los modelos lineales generalizados (GLM). Son modelos desarrollados para unificar varios modelos estadísticos, entre ellos el modelo de

regresión lineal, y se basan en la relación de la distribución aleatoria de la variable dependiente del modelo (accidentalidad) con la componente sistemática (variable independiente). El método utilizado para encontrar los parámetros de los modelos lineales generalizados es la estimación por máxima similitud, basado en el estudio de la distribución que define la muestra de datos de la variable dependiente.

Figura 68. Modelo lineal generalizado



La principal ventaja que presentan los modelos lineales generalizados es que se asume la variable dependiente, y la cual esta generada por una función de distribución de la familia exponencial. En el caso del análisis de la accidentalidad se cumple esta hipótesis y es por eso que los modelos lineales generalizados resultan adecuados.

Para relacionar la componente aleatoria (distribución de la variable dependiente) con la componente sistemática (variable independiente), los modelos lineales generalizados utilizan una función enlace (función link). Esta puede ser la función identidad, que da lugar al modelo de regresión lineal clásica, pero también pueden ser otras funciones como la función logarítmica, la función raíz cuadrada, la función logit, entre otras. La función enlace dependerá de las características de los datos analizados y de la distribución de la variable dependiente.

Las distribuciones de la variable dependiente más utilizadas para definir la componente aleatoria del modelo que explique el fenómeno de la accidentalidad, dada la característica de variable discreta de los accidentes, son:

#### A. Poisson

Distribución que se utiliza para datos que definen un conteo, es decir, valores enteros y positivos.

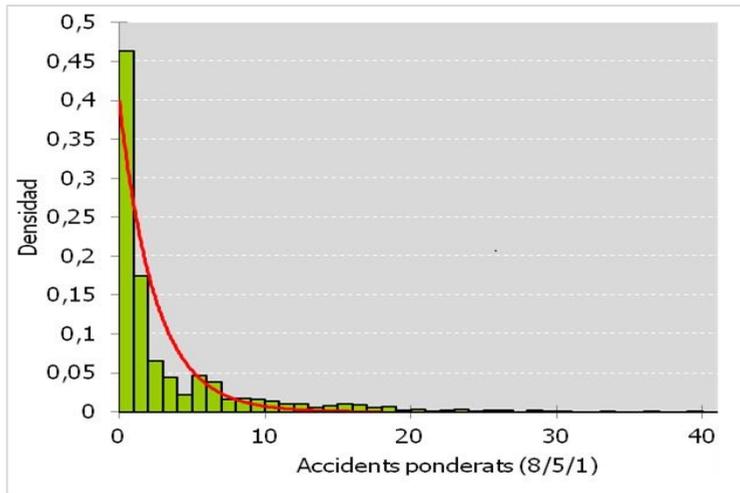
Aparecen dos problemáticas en el ajuste de los datos a la distribución de Poisson y es que, esta supone que la media y la varianza son iguales y no acepta una alta frecuencia de ceros, hecho que se da en numerosas ocasiones.

#### B. Binomial negativa

Es una distribución de probabilidad discreta que se utiliza como alternativa a la distribución de Poisson en los casos que los datos muestren una gran heterogeneidad, dado que no se cumple la condición de media y varianza iguales, y en casos con una alta frecuencia de ceros dentro de la muestra de datos a analizar.

Se evalúa la adecuación de la distribución de los accidentes ponderados del quinquenio comprendido entre los años 2008 y 2012 a una distribución binomial negativa.

Figura 69. Histograma (accidentes ponderados 2008-2012)



El proceso de verificación de los modelos lineales generalizados es similar al de los modelos de regresión lineal, en el sentido que se han de contrastar las tres hipótesis que se formulan sobre los residuos de la regresión, que como recordatorio, son la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado por el modelo.

La fase de ajuste del modelo a los datos es particular y se realiza analizando dos factores; los tests de significación para los estimadores del modelo (variable independiente) y la cantidad de varianza explicada por el modelo. En los modelos lineales generalizados se evalúa la cantidad de variabilidad de la variable dependiente que no explica el modelo mediante la deviancia ( $D^2$ ) que, cuanto menor sea más ajustado será el modelo. Existe otro criterio para evaluar el modelo llamado "Criterio de Información de Akaike (AIC)". Este analiza tanto el ajuste del modelo a los datos como la complejidad del modelo. Cuanto más pequeño es el valor AIC mejor es el modelo.

Se exponen las componentes utilizadas en los modelos lineales generalizados y resaltan los más adecuadas para el análisis predictivo de la accidentalidad mediante la IMD.

Tabla 26. Tabla Resumen de los Modelos Lineales Generalizados (GLM)

| Componente aleatoria<br>Identifica la variable respuesta (accidentalidad) y su distribución de probabilidad | Componente sistemática<br>Especifica las variables explicativas | Función enlace<br>Función del valor esperado de la variable respuesta (accidentalidad) |
|---|---|--|
| Distribución de Poisson (recuentos)   | Variable independiente (IMD)                                    | Identidad: $y$   |
| Distribución Binomial Negativa (recuentos con alta frecuencia de ceros $y$ / o sobre dispersión)            |   | Logit : $\log\left(\frac{y}{n-y}\right)$   |
|   |   | Logarítmica: $\log(y)$   |
| Distribución Gama (datos continuas con coeficiente de variación constante y sin valores nulos)              |   | Recíproca: $\frac{1}{y}$   |
|   |   | Raíz cuadrada $\sqrt{y}$   |
| Distribución Exponencial (datos continuas y no nulas)   |   | Exponencial $y^n$  |

#### 4.10.7 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (BSM)

Ejemplo de las metodologías de identificación de puntos de concentración de Accidentes descritas por Rune Elvik y aplicadas en 8 países o regiones europeas: Alemania, Austria, Dinamarca, Flandes, Hungría, Noruega, Portugal y Suiza.

España considera tramo de concentración de accidentes a aquel tramo de 1 km en el que, tanto el número de accidentes con víctimas en los últimos años como el índice de peligrosidad medio en este periodo, sea superior a la media respectiva de todos los tramos de características similares (categoría e IMD equivalentes) más la desviación media de los mismos. Los criterios de identificación de los tramos de concentración de accidentes se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 27. Criterios de identificación de los TCA

| Criterios    |   |
|--------------|---|
| Criterio I   | $IP_{AA} \geq P / 2$ y $IP_{UA} \geq P / 2$     |
| Criterio II  | $IPM_2 \geq 2P / 3$ (II)                        |
| Criterio III | $SACV_{AA} \geq N / 5$ y $SACV_{UA} \geq N / 5$ |
| Criterio IV  | $SACV_2 \geq N / 2$                             |

Donde:

- $IPM_5$  = Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años ( $ACV / 10^8$  veh-km). Cuando a lo largo del período de 5 años se hayan producido modificaciones sensibles en las características físicas o del tráfico del tramo, se considerarán el índice de peligrosidad medio y los accidentes del periodo en que el tramo se haya mantenido con su configuración actual.
- $IPM_2$  = Índice de peligrosidad medio en los últimos 2 años ( $ACV/10^8$  veh-km).
- $\Sigma ACV_5$  = Suma de las accidentes con víctimas de los últimos 5 años.
- $\Sigma ACV_2$  = Suma de las accidentes con víctimas de los últimos 2 años.
- Sub índice  $_{AA}$  = Año anterior.
- Sub índice  $_{UA}$  = Último año.
- P = Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico). Que se ha calculado, con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.
- N = Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico). Que se ha calculado con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.

Los valores de las variables P y N para autovías, autopistas y carreteras convencionales desdobladas. Estos valores se actualizan periódicamente. La aplicación de P y N se considera para la suma de ambos sentidos, también para vías desdobladas. Los valores se presentan en la Tabla 28.

**Tabla 28.** Autovías, autopistas y carreteras convencionales desdobladas

| IMD           | URBANO |    | PERIURBANO |    | INTERURBANO |    |
|---------------|--------|----|------------|----|-------------|----|
|               | P      | N  | P          | N  | P           | N  |
| 0-10.000      | 109    | 10 | 109        | 10 | 31          | 10 |
| 10.000-15.000 | 93     | 10 | 93         | 10 | 31          | 10 |
| 15.000-20.000 | 54     | 10 | 54         | 10 | 26          | 10 |
| 20.000-40.000 | 38     | 10 | 38         | 10 | 21          | 10 |
| 40.000-80.000 | 23     | 10 | 23         | 10 | 24          | 10 |
| > 80.000      | 18     | 15 | 18         | 15 | 24          | 18 |

Fuente: Ministerio de Fomento de España (Dirección General de Carreteras)

**Tabla 29.** Carreteras convencionales y vías rápidas

| IMD           | URBANO |    | PERIURBANO |    | INTERURBANO |    |
|---------------|--------|----|------------|----|-------------|----|
|               | P      | N  | P          | N  | P           | N  |
| 0-3.000       | 230    | 10 | 41         | 5  | 141         | 10 |
| 3.000 a 5.000 | 113    | 5  | 106        | 5  | 65          | 5  |
| 5.000 a 8.000 | 96     | 5  | 89         | 5  | 73          | 5  |
| 8.000-15.000  | 84     | 7  | 73         | 6  | 74          | 6  |
| > 15.000      | 65     | 9  | 81         | 11 | 45          | 6  |

Fuente: Ministerio de Fomento de España (Dirección General de Carreteras)

### **Alemania**

En Alemania los puntos de concentración de accidentes se identifican mediante mapas de agrupación de accidentes. El periodo de tiempo para hacer el análisis es de uno y tres años.

- ✓ Cuando se toma como período de análisis un año, se considera punto negro el tramo de 100 o menos metros de longitud con cinco o más accidentes del mismo tipo, independientemente de la lesividad.
- ✓ Cuando se toma como período de análisis tres años, se considera punto negro cuando en una localización se registran cinco o más accidentes con víctimas, o tres o más accidentes graves.

### **Austria**

En el caso de Austria, punto negro es un lugar donde se cumplen uno de los dos criterios siguientes:

- ✓ Tres o más accidentes similares con víctimas en tres años y un coeficiente de riesgo ( $R_k$ ) de al menos 0,8. El coeficiente de riesgo se calcula con la siguiente ecuación.

$$R_k = \frac{A}{0,5 + 7 \times 10^{-5} \times IMD}$$

Donde:

$IMD$  = Intensidad media diaria

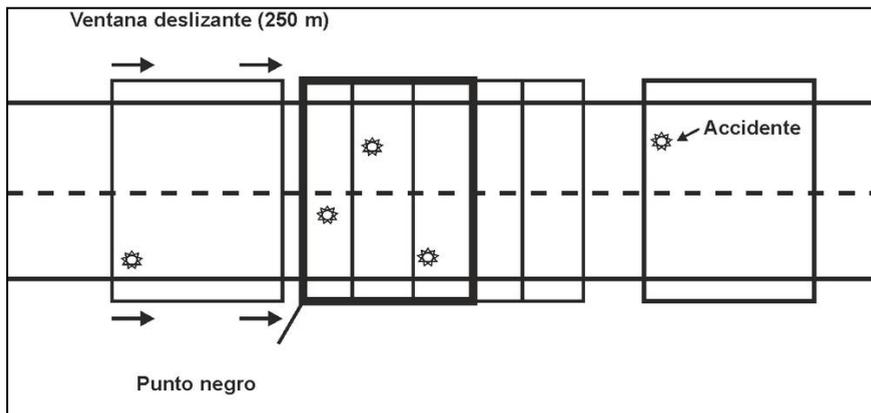
$A$  = Número de accidentes con víctimas durante 3 años

- ✓ Cinco o más accidentes similares (incluyendo los accidentes con daños materiales) en un año. Desde 1995 los accidentes con daños materiales no se registran, por eso, actualmente siempre se utiliza el primer criterio.

En cuanto a la longitud del tramo, se aplica una ventana deslizante de 250 metros de longitud.

La ventana se mueve a lo largo de la carretera y marca cada ubicación donde uno de los dos criterios se cumple.

Figura 70. Identificación de puntos de concentración de accidentes en Austria mediante la ventana deslizante



### **Dinamarca**

En Dinamarca la identificación de los puntos de concentración de accidentes se basa en una clasificación detallada de la red de carreteras por tipo de secciones y tipos de intersecciones. El número mínimo de accidentes para ser considerado punto negro es de cuatro durante un período de cinco años. Para identificar un punto negro se aplica la distribución de probabilidad discreta de Poisson. El nivel de significación utilizado en la prueba estadística es del 5%. Para llevar a cabo el análisis, se calcula el número de accidentes medio para cada zona de la red de carreteras definida en la clasificación. A continuación, se observa el número de accidentes ocurridos en cada tramo y se calcula un valor de probabilidad aplicando la función de densidad de la distribución de Poisson, ver siguiente ecuación. Distribución de Poisson

$$P(k; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!}$$

Donde:

- $K!$  = número de accidentes observados en un tramo.
- $\lambda$  = Número de accidentes esperado en un tramo.

Por último, para considerar una zona como punto negro, se compara este valor de probabilidad de observar un cierto número de accidentes con un valor umbral calculado en función del nivel de significación utilizado en la prueba estadística.

Para la longitud del tramo se aplica una ventana deslizante que varía dependiendo del número normal de accidentes en cada sección.

## Flandes

Se selecciona cada ubicación donde se han producido tres o más accidentes en los últimos tres años y se considera punto negro cuando su puntuación de prioridad (P) es igual o superior a 15, ver siguiente ecuación.

$$P = FL + 3 \cdot FG + 5 \cdot M,$$

Puntuación de prioridad:

Donde

- FL* = Heridos leves
- FG* = Heridos graves
- M* = Muertos

Se aplica una ventana deslizante de 100 metros de longitud.

## Hungría

Se utilizan dos tipos de definiciones de puntos de concentración de accidentes dependiendo de si se trata de zona urbana o de zona interurbana:

- ✓ En zona interurbana, tramo de 1,000 o menos metros donde al menos se han registrado cuatro accidentes en tres años.
- ✓ En zona urbana, tramo de 100 o menos metros donde al menos se han registrado cuatro accidentes en tres años.

Se utiliza una ventana deslizante de 1000 o 100 metros de ancho dependiendo de la zona.

## Noruega

En Noruega, se hace una distinción entre puntos de concentración de accidentes y tramos o secciones negras.

- ✓ Punto negro es cualquier lugar de carretera con una longitud de 100 o menos metros, donde se han registrado al menos cuatro accidentes con víctimas en cinco años.
- ✓ Tramo o sección negra es cualquier sección de carretera de 1,000 o menos metros, donde se han registrado al menos 10 accidentes con víctimas en cinco años.

El período de análisis utilizado se ha ampliado recientemente de cuatro a cinco años.

Los puntos y tramos negros se identifican mediante la aplicación de una ventana deslizante. Los tramos negros a menudo se componen de varios puntos de concentración de accidentes que se encuentran el uno cerca del otro.

## Portugal

En Portugal se utilizan dos definiciones de puntos de concentración de accidentes: una desarrollada por la Dirección General de Tráfico (DGV), y la otra por el Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

De acuerdo con la DGV, un punto negro es un tramo de carretera de 200 o menos metros, con cinco o más accidentes y un indicador de gravedad superior a 20 durante el año del análisis, ver la siguiente ecuación.

Índice de gravedad:

$$\text{Índice de gravedad} = 100 \cdot M + 10 \cdot FG + FL$$

Donde

$FL$  = Heridos leves

$FG$  = Heridos graves

$M$  = Muertos

La detección se hace utilizando una ventana deslizante.

De acuerdo con el método del LNEC, punto negro es un tramo donde el número de accidentes esperado es mayor que en tramos similares. En la práctica esta definición se aplica de manera diferente en intersecciones y fuera de intersecciones.

Fuera de intersección se utilizan diferentes longitudes mínimas de sección; 250 metros para carreteras de una sola calzada y 500 metros para carreteras de doble calzada.

La red de carreteras se divide en 6 clases. Para cada clase, se ajusta un modelo de predicción de accidentes en un período de cinco años. Cada año se observan los datos de accidentes de los cinco años anteriores y se calcula el número de accidentes esperados según el modelo de predicción.

### **Suiza**

Punto negro se define como cualquier localización donde el número de accidentes registrados es muy superior al de la media de zonas comparables o similares. Estas zonas se definen según una clasificación de la red por tipo de secciones e intersecciones.

Para cada clasificación se estima el número límite de accidentes. Los puntos se calculan cada dos años.

- ✓ En autopistas, el número límite es de 10 accidentes totales (incluyendo los de daños materiales), 4 accidentes con víctimas o 2 accidentes mortales.
- ✓ En carreteras no clasificadas como autopistas, 8 accidentes totales, 4 accidentes con víctimas o 2 accidentes mortales.
- ✓ Para las intersecciones en zonas urbanas, 10 accidentes totales, 6 accidentes con víctimas y 2 accidentes mortales.

La longitud del tramo, a excepción de las intersecciones, varía entre 100 y 500 metros, según el volumen de tráfico.

### **Comparativa de métodos BSM**

En la tabla siguiente se muestra un resumen comparativo de los diferentes métodos de identificación de puntos de concentración de accidentes expuestos.

**Tabla 30. Métodos de identificación y definiciones de puntos de concentración de accidentes**

| País             | Segmentación de la red de estudio                            | Aplicación de ventana deslizante                 | Referencia a nivel normal de seguridad                         | Registro o número de accidentes esperados   | Consideración de la lesividad  | Periodo  |
|------------------|--|--|--|---|--|--|
| <b>Alemania</b>  | No   | No, inspección mapa de accidentes                | No   | Registro, Valores mínimo 3 graves o 5   | Si por diferentes valores críticos   | 1 año (todos las accidentes 3 años (accidentes con víctimas) |
| <b>Austria</b>   | No   | Si, 250 m  | Si, por medio de valores críticos de accidentalidad            | Registro, valores mínimos 3 o 5 depende criterio  | No   | 3 años   |
| <b>Dinamarca</b> | Si, detallada categorización de elementos viarios            | Si, por sección de carretera - longitud variable | Si, mediante predicción de modelos de accidentes               | Registro, basado en prueba estadística - mínimo 4 accidentes  | No   | 5 años   |
| <b>Flandes</b>   | No   | Si, 100 m  | No   | Registro, Ponderado por gravedad  | Si, mediante ponderación   | 3 años   |
| <b>Hungría</b>   | No   | Si 100 m o 1.000 m                               | No   | Registro, Mínimo 4  | No   | 3 años   |
| <b>Noruega</b>   | No cuando identifica puntos de concentración de accidentes   | Si 100 m (urbano), 1.000 m (interurbano)         | Si mediante tasas de accidentes normales por tipo de carretera | Registro más alto de lo normal mediante pruebas estadísticas, valores mínimos 4 (urbano) o 10 (interurbano) | Si, mediante la estimación del costo de las accidentes y potenciales ahorros | 5 años   |
| <b>Portugal</b>  | Si para la segunda definición                                | Si, para la primera definición                   | Si, para la segunda definición                                 | Registro en una definición (mínimo 5) esperado en la otra   | Si en una definición (por peso de gravedad) no en la otra                    | 1 año o 5 años   |
| <b>Suiza</b>     | Si, autopistas, resto de carreteras e intersecciones urbanas | No secciones fijas de longitud variable          | Si   | Registro, un conjunto de valores mínimos  | Si por diferentes valores críticos   | 2 años   |

En muchos países o regiones los puntos de concentración de accidentes no se identifican a partir de una segmentación previa de la red de estudio.

En la mayoría de los países o regiones, los puntos de concentración de accidentes se identifican mediante la fijación de una ventana deslizante en los lugares donde se registran el número máximo de accidentes. En Alemania se utilizan mapas de accidentes, pero en la práctica esto es casi lo mismo que el uso de una ventana deslizante pues los puntos de concentración de accidentes se identifican de acuerdo con la ubicación de las accidentes. Dinamarca utiliza una ventana deslizante para los tramos de carretera, pero no para las intersecciones. Portugal utiliza ventana deslizante en una de sus definiciones, no en la otra.

Un punto negro es generalmente aceptado como una localización con un número anómalo de accidentes. Esta definición sugiere que los puntos de concentración de accidentes no pueden ser identificados sin hacer referencia a un nivel normal de seguridad, sin embargo, algunas de las definiciones utilizadas no hacen referencia explícita a este nivel normal de seguridad.

Todos los países o regiones identifican los puntos de concentración de accidentes según el número de accidentes registrados. La única excepción es la definición elaborada por el LNEC de Portugal, que se basa en el método empírico de Bayes.

Algunas definiciones de puntos de concentración de accidentes consideran la gravedad de las accidentes, otros no. Si la gravedad se considera, no hay una manera estándar de hacerlo. Existen tres enfoques diferentes. Uno que consiste en establecer un valor superior a las accidentes con heridos graves. Un segundo que consiste en aplicar una ponderación de las accidentes en los diferentes niveles de lesividad (muertos, heridos graves y heridos leves). Y un tercero a partir de la estimación de los costos de las accidentes. Estos costos pueden variar según la gravedad de lesión, por lo que los costos serán más altos en los lugares donde hay una alta proporción de accidentes con lesiones graves o mortales.

La duración del periodo para identificar los puntos de concentración de accidentes varía de uno a cinco años. El período de tres años es el más frecuente. Una investigación de Cheng y Washington (2005) muestra que la ganancia en la precisión de identificación mediante el uso de un período más largo de tres años es marginal y disminuye rápidamente a medida que la longitud del periodo se incrementa. No tiene mucho sentido por tanto, el uso de un período de más de cinco años.

#### **4.10.8 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN PARA PERÚ METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (BSM)**

La propuesta de implementación para Perú, atendiendo a sus características, se basa en el modelo español

- ✓ Segmentación de la red: NO
- ✓ Aplicación de ventana deslizante: SÍ
- ✓ Referencia a nivel normal de seguridad: SÍ
- P: Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico), a calcular con los índices de peligrosidad de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.

- N: Constante dependiendo del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico), a calcular con el número de accidentes con víctimas de todos los tramos con características similares, en función de la suma de la media de la serie y de su desviación media.

A continuación, se indican los valores iniciales de P y N para vías desdobladas y carreteras convencionales. Estos valores se deberán actualizar periódicamente. La aplicación de P y N se considera para la suma de ambos sentidos, también para vías desdobladas.

Tabla 31. Vías desdobladas

| IMD           | URBANO |    | INTERURBANO |    |
|---------------|--------|----|-------------|----|
|               | P      | N  | P           | N  |
| 0-10.000      | 200    | 10 | 100         | 10 |
| 10.000-40.000 | 100    | 20 | 80          | 15 |
| > 40.000      | 50     | 30 | 50          | 20 |

Tabla 32. Carreteras convencionales y vías rápidas

| IMD          | URBANO |    | INTERURBANO |    |
|--------------|--------|----|-------------|----|
|              | P      | N  | P           | N  |
| 0-5.000      | 500    | 10 | 300         | 8  |
| 5.000-10.000 | 200    | 10 | 200         | 10 |
| > 10.000     | 100    | 15 | 100         | 15 |

- ✓ Registros o número de accidentes esperados: NO
- ✓ Consideración de la lesividad: NO
- ✓ Periodo: 2 años

#### 4.11 CONTRAMEDIDAS DE BAJO COSTO

Las contramedidas de bajo costo que pueden aplicarse son relacionadas con:

- ✓ Tratamiento de los márgenes de las carreteras.
- ✓ Medidas para reducir las accidentes frontales.
- ✓ Otras medidas a implementar en la infraestructura vial.

Las medidas que pueden aplicarse para reducir el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito están relacionadas con:

##### 4.11.1 CONCEPTO DE CARRETERAS QUE PERDONAN

Existen muchas razones por la cuales un vehículo sale de la vía y sufre un accidente en el margen de la carretera, que incluyen: fatiga o inatención del conductor, exceso de velocidad, conducir bajo los efectos de drogas o alcohol, condiciones de la superficie de rodadura como consecuencia de la lluvia, presencia de materiales sueltos como grava, aceite, entre otros, falla mecánica del vehículo, pobre visibilidad.

Independientemente de la causa por la cual un vehículo sale de la vía, un margen de carretera libre de obstáculos fijos y con taludes de pendiente suave brindan la oportunidad al conductor de reconducir su vehículo de vuelta a su carril de circulación, evitando que se vuelque o colisione con objetos fijos.

El concepto de “carreteras que perdonan” consiste en, permitir a los vehículos errantes abandonar involuntariamente la vía y encontrarse con un margen de carretera cuyo diseño reduzca las consecuencias de la colisión. Este concepto ha sido refinado al punto de que el diseño de los márgenes de carreteras, en muchos países, ha sido incorporado como parte integral de los criterios de diseño de la infraestructura vial.

Las opciones de diseño para evitar que elementos de la infraestructura, obstáculos y otros elementos sean potenciales peligros en los márgenes de una carretera son, en orden de preferencia, los siguientes:

- 1) Desplazar o eliminar el obstáculo o peligro.
- 2) Rediseñar o modificar el obstáculo para que sea traspasable de forma segura.
- 3) Relocalizar el obstáculo a un lugar donde sea menos probable colisionar contra él.
- 4) Reducir la severidad de un potencial impacto usando un dispositivo fusible apropiado.
- 5) Proteger del obstáculo mediante un sistema de contención vial (como una barrera de seguridad o un amortiguador de impactos, entre otros) diseñado para contener y redireccionar a los vehículos.
- 6) Delinear o demarcar el obstáculo en caso de que las opciones anteriores no sean factibles o apropiadas.

#### 4.11.2 ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LAS VÍAS

Las estrategias aplicables según objetivo se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33. Estrategias aplicables según objetivo

| Objetivo   | Estrategia  |
|--|---|
| Evitar que los vehículos se salgan de la vía   | Instalar bandas sonoras en las bermas o en medio de los carriles de circulación.<br>Ensanchar los carriles de circulación.<br>Mejorar el alineamiento horizontal de la vía.<br>Brindar un adecuado mantenimiento al pavimento, específicamente se debe verificar la fricción entre la llanta y el pavimento.<br>Proveer demarcación y señalización adecuada a la carretera.<br>Ampliar las bermas.<br>Pavimentar las bermas.<br>Evitar el desnivel entre la berma y el carril de circulación. |
| Minimizar la probabilidad de que un vehículo colisione o se vuelque si desciende por un talud      | Diseñar e implementar elementos traspasables y seguros.<br>Remover o reubicar los objetos fijos potencialmente peligrosos.<br>Delinear los obstáculos o zonas peligrosas  |
| Reducir la severidad del accidente por medio de la disposición de sistemas de contención vehicular | Proveer el equipamiento vial adecuado como postes fusibles o quebradizos.<br>Disponer sistemas de contención vehicular si no es posible eliminar, mitigar o modificar el peligro debido a razones técnicas, económicas o ambientales.   |

Fuente: NCHRP Report 500 Volumen 6

Algunos ejemplos de tratamientos de bajo costo se presentan en la siguiente Tabla 34.

*Tabla 34.* Ejemplos de tratamientos de bajo costo

| <b>Estrategia</b>   | <b>Tratamientos</b>   |
|---|---|
| Eliminar los obstáculos   | Eliminar las rocas de los márgenes de la vía.<br>Reemplazar los árboles de tronco mayor a 10 cm de diámetro en su madurez.  |
| Modificar el obstáculo  | Aplanar los taludes en los márgenes de la vía.<br>Diseñar cunetas traspasables.<br>Implementar dispositivos fusibles o quebradizos.<br>Modificar los terminales de alcantarillas:<br>Construir cubiertas de concreto para los cabezales.<br>Construir terminales oblicuos que no sobresalgan del talud del terraplén. |
| Reubicar el objeto fuera de la zona libre necesaria para reducir la probabilidad de impacto | Reubicar los árboles pequeños fuera de la zona libre necesaria<br>Reubicar los postes fuera de la zona libre necesaria.   |
| Colocar un sistema de contención vehicular  | Colocar barreras de seguridad para proteger a los usuarios de objetos fijos rígidos, taludes empinados o desniveles<br>Colocar pretilas en los puentes y en las coronaciones de muros de retención  |
| Delinear el obstáculo si ninguna de las opciones anteriores es factible                     | Delinear los postes con balizas o cinta retro-reflectiva.   |

## PUENTES EN TUMBES



## CAPÍTULO V ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

### 5.1 DEFINICIÓN DE NIVELES DE RESPONSABILIDAD

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) tiene la responsabilidad de velar por la seguridad vial en el territorio nacional, no obstante las autoridades indicadas en el numeral 4.3.9 del presente Manual son responsables de velar por la seguridad vial en el ámbito de su competencia.

El MTC tiene la responsabilidad fundamental de administrar la seguridad vial mediante la implementación de las directrices para la aplicación de los SIETE PASOS detallados en este capítulo. Las responsabilidades en cada PASO se detallan a continuación:

- a.** PASO 1 Recolección de Datos y Evaluación de la Red Vial: El Ministerio del Interior a través de la Policía Nacional tiene la responsabilidad de recolectar la data de accidentes en forma estandarizada bajo lineamientos establecidos en coordinación con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Ministerio de Salud utilizando los formatos de recolección de accidentes incluidos en este documento (ver descripción detallada del PASO 1). Posteriormente, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de compilar esta data dentro de un Observatorio de Seguridad Vial Nacional, procesar y limpiar dicha data y proporcionarla electrónicamente para su uso en proyectos de seguridad vial, tanto sobre vías nacionales, como también vías regionales y locales. Toda la data deberá ser entregada al Ministerio de Transportes y Comunicaciones para su archivamiento respectivo. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones adicionalmente coordinará con los consejos regionales de seguridad vial de los Gobiernos Regionales, para desarrollar un sistema efectivo de compilación de data de accidentes a nivel nacional.
- b.** PASO 2 Análisis y Diagnóstico: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de proporcionar data de accidentes en forma detallada y estandarizada y data de las características físicas de las vías del SINAC. Esta información será disponible en formato electrónico que permita a los analistas, consultores y demás partes interesadas realizar un análisis científico y estandarizado de la seguridad vial. Dicha documentación permitirá estandarizar los estudios de seguridad vial y permitirá el uso de criterios homogéneos al momento de seleccionar contramedidas para mitigar la ocurrencia o severidad de los accidentes.
- c.** PASO 3 Medidas Mitigadoras: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de estandarizar los sistemas viales, señalización horizontal/vertical, tipos de barreras de contención, entre otros para permitir homogenizar al momento de seleccionar contramedidas. De esta forma se evita la aplicación aislada de medidas mitigadoras que den como resultado una vía poco homogénea e impredecible para el conductor. Adicionalmente la entidad tiene la responsabilidad de establecer un método formal de aceptación de medidas mitigadoras propuestas e introducción de nuevas medidas de mitigación que no hayan sido aplicadas con anterioridad en el país.
- d.** PASO 4 Priorización de Proyectos: El MTC tiene la responsabilidad de estandarizar los procesos que se utilizan para priorizar proyectos de seguridad vial. Estas

responsabilidades se relacionan estrechamente con el costo ya que la priorización de proyectos se basa por lo general en los costos de implementación y los beneficios en el tiempo que brindan dichos proyectos.

- e. PASO 5 Evaluación de la Efectividad: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de recolectar data posterior a la implementación de medidas mitigadoras, desarrollar factores de modificación de accidentes y publicar dicha información para la mejor selección de medidas mitigadoras en el futuro.
- f. PASO 6 Método Predictivo: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad, a partir del PASO 5, de desarrollar el Método Predictivo para la realidad peruana a través de estudios de evaluación de la efectividad, desarrollo de factores de modificación de accidentes y desarrollo de fórmulas predictivas. Esta información servirá para avanzar la ciencia de la seguridad vial en el país permitiendo la aplicación de medidas mitigadoras con mejor criterio, reduciendo los efectos de la aleatoriedad de los accidentes y la regresión a la media.
- g. PASO 7 Rendición de Cuentas: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de fiscalizar a contratistas y consultores para verificar que se estén implementando los programas de seguridad vial en cada etapa de los proyectos, diseño, construcción, operación, mantenimiento y conservación. Adicionalmente el Ministerio de Transportes y Comunicaciones fiscalizará a contratistas y consultores para asegurar que estos rindan cuentas del efecto de las medidas de mitigación implementadas siguiendo los lineamientos de este Manual. Finalmente la entidad tendrá la responsabilidad de compilar y difundir la información referente a los efectos de diferentes medidas de mitigación sobre la seguridad vial para una mejor aplicación de las mismas maximizando su efecto positivo sobre la infraestructura vial. Esta difusión de información será sistemática, organizada y de fácil acceso para el público en general.

## **5.2 PASO 1: RECOLECCIÓN DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA RED VIAL**

### **5.2.1 DATOS NECESARIOS PARA EL ANÁLISIS DE ACCIDENTES**

El análisis de una red vial requiere data de alta calidad, la data típica que se requiere para la evaluación de una red vial incluye información: De accidentes, de volúmenes vehiculares, de la infraestructura vial y de poblaciones similares para realizar comparaciones y estadísticas predictivas. Si la data de cualquiera de estas fuentes no está disponible, el proceso de evaluación de la seguridad vial se vuelve menos científico y más especulativo. Adicionalmente, si se tienen estas fuentes de data disponibles, habrá más medidas de efectividad disponibles para evaluar la seguridad vial. La siguiente tabla 35 presenta un resumen de las medidas de efectividad más comunes que se utilizan para evaluar la seguridad vial.

**Tabla 35.** Medidas de Efectividad – Requisitos de Data

| Medida de Efectividad                      | Data de Accidentes | Información de la Vía | Volumen Vehicular | Función Predictiva de Accidentes (FPC) |
|--|--------------------|-----------------------|-------------------|--|
| Frecuencia de Accidentes                   | ✓                  | ✓                     |                   |  |
| Índice de Accidentes                       | ✓                  | ✓                     | ✓                 |  |
| Índice de Seguridad Relativa               | ✓                  | ✓                     |                   |  |
| Índice Crítico                             | ✓                  | ✓                     | ✓                 |  |
| Nivel de Servicio de Seguridad Vial        | ✓                  | ✓                     | ✓                 | ✓                                      |
| Proporción Excesiva de un Tipo de Colisión | ✓                  | ✓                     |                   |  |

### 5.2.2 TEORÍA DE LA REGRESIÓN A LA MEDIA

La teoría de la regresión a la media se basa en los siguientes puntos:

- La frecuencia de accidentes en una vía determinada fluctúa naturalmente en el tiempo. Esta fluctuación se debe a la aleatoriedad del comportamiento humano.
- Por el punto anterior, comparar accidentes entre dos periodos cortos de tiempo (para un mismo sitio) puede resultar en conclusiones erróneas. (Por ejemplo al compararse la frecuencia de accidentes entre el año 2014 al 2015 para una misma vía podría observarse un incremento brusco o reducción brusca de un año a otro sin que haya existido ningún cambio real, ya sea geométrico, volumen u operacional de la vía). Este incremento o reducción se explica por la aleatoriedad de las accidentes y no se puede deducir en base a ello que la vía es más o menos segura que el año anterior.
- Promedios de corto tiempo no son una buena fuente para determinar la seguridad de una vía. Por ejemplo, si se utiliza únicamente un año de data, no se sabe con certeza si este año es un punto alto o bajo en la frecuencia promedio de accidentes a largo plazo, debido a la aleatoriedad natural de los accidentes.
- Para evitar este error se debe siempre utilizar un mínimo de tres años de data de accidentes para estimar un promedio más realista de la frecuencia de los accidentes. Igualmente cuando se implementa una contramedida, se deben comparar los tres años antes y tres años posteriores a su implementación para saber con certeza el efecto de la contramedida. En ningún caso se debe hacer una comparación entre únicamente dos años.
- No tomar en cuenta la regresión a la media introduce lo que se conoce como "error por regresión a la media." Si un lugar se selecciona para introducir una contramedida basándose en data a corto plazo (por ejemplo solo un año de data), se comete el error conocido como "error de selección por regresión a la media."

#### 5.2.2.1 Limitaciones debidas a la aleatoriedad de la data

Los accidentes son por naturaleza fenómenos aleatorios que tienen baja probabilidad de ocurrencia. Por este motivo, inclusive cuando no cambia nada (vía, clima, volumen vehicular) en un mismo lugar pueden incrementarse los accidentes de un año a otro sin explicación alguna. Este fenómeno se denomina "aleatoriedad de los accidentes"

y puede tener un impacto muy negativo en el proceso de toma de decisiones si es que se ignora o se desconoce.

Para evitar el impacto negativo de la aleatoriedad de las accidentes, es necesario recolectar al menos 3 años de data y tomar decisiones en base a un mínimo de 3 años de data histórica de accidentes para un determinado lugar. Debido a la fluctuación natural de accidentes, un año de data puede estar alto o bajo en comparación al promedio de accidentes de un determinado lugar. Por este motivo, si se utiliza solo un año de data, se introduce el "error por regresión a la media."

### **5.2.3 DATA DE ACCIDENTES**

#### **5.2.3.1 Limitaciones en la precisión de la data**

Existen limitaciones en la calidad de la data inclusive bajo condiciones ideales de recolección. Por ejemplo, en muchos casos el criterio del policía o el que responde a un incidente juega un rol determinante en la clasificación de una colisión. Las limitaciones se pueden traducir en tres categorías principales:

- Estandarización (antes de recolectar)
  - Recolección (durante la colección)
  - Procesamiento (después de recolectar)
- a.** Estandarización: Una de las limitaciones más importantes se debe a la falta de estandarización de los procesos de recolección de la data. Es decir, en algunos casos no se tienen formatos pre-determinados ni procedimientos claros para la recolección de la data. Esta realidad genera que data en diferentes lugares tenga formatos y criterios diferentes dificultando la labor de análisis. Se deberán desarrollar formatos estandarizados de aplicación a nivel nacional.
- b.** Recolección: Durante la recolección, los diferentes criterios de la persona que recolecta la data pueden introducir error particularmente si no cuentan con el entrenamiento adecuado en el llenado de los formularios estandarizados. Igualmente, si no existen testigos, la evidencia introducida por los involucrados también puede presentar errores. Finalmente, el hecho que no exista estandarización en los formatos y procedimientos afecta considerablemente la confiabilidad del proceso de recolección.
- c.** Procesamiento: Durante el procesamiento de la data, esta debe ser revisada y limpiada por personal capacitado en la detección de errores. Si el personal no está bien entrenado puede darse visto bueno a data que contiene errores de ubicación, tipo de colisión, fecha, entre otros, afectando las estadísticas y todas las actividades que se desprenden de estas.

Debido a las limitaciones presentadas en esta sección, es necesario tomar en consideración estos elementos al momento de utilizar la data y generar conclusiones en base a ella. Es un requisito del contratista o consultor tener un claro concepto de las limitaciones de la data que utiliza para un determinado análisis en cada una de las etapas descritas en esta sección.

#### **5.2.3.2 Procedimiento para la recolección de data**

Toda data de accidentes deberá ser recolectada dentro de la ficha estandarizada presentada a continuación. Esta ficha deberá ser llenada en base a los siguientes criterios:



- 1) La información deberá ser recolectada en el lugar de la colisión por un policía o agente debidamente entrenado.
- 2) El Formato deberá ser llenado en su totalidad, incluyendo el diagrama a mano alzada (croquis) que se requiere en la última página.
- 3) El policía deberá utilizar objetividad y en base a observaciones de huellas de frenado, puntos de impacto en los vehículos, relato de testigos y relato de los involucrados, deberá redactar un relato detallado del acontecimiento en la sección correspondiente.
- 4) El Formato se llenará de forma manual o electrónica. Sin embargo es recomendable que el diagrama se realice a mano alzada para facilitar la precisión de los dibujos.
- 5) El Formato deberá ser 1) codificado en una base de datos y 2) escaneado y conectado a la base de datos.
- 6) El registro de accidentes de tránsito de la Policía Nacional del Perú, se articulara con la base de datos del MTC y otras entidades vinculantes.
- 7) Las entidades vinculantes tendrá la labor de 1) recolectar la data, 2) limpiar la data, 3) publicar la data en formato.
- 8) La información obtenida será utilizada para acciones posteriores, tales como inspecciones de seguridad vial, tratamiento de tramos de concentración de accidentes, entre otros.

Ejemplo de ficha única de recolección de dato:



### Ejemplo de Ficha de Registro de accidentes de tránsito (1)

|  |                                 | PEPORTE DE ACCIDENTES        |  |                           |  |                                 |                 |                                    |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
|--|---------------------------------|------------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|-------------|---------------------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------------|---------------------|-------------|--|----------------|--|---------------------|--|
| FECHA  | HORA                            | AM                           |  | PM                        |  | HORA DE NOTIFICACIÓN            |                 | AM                                 |                        | PM                     |                       | HORA DE AUXILIO                    |                      | AM             |             | PM                              |             | COMISARIA           |                | NÚMERO DE REPORTE |                     |             |  |                |  |                     |  |
|  | DISTRITO/PROVINCIA/DEPARTAMENTO |                              |  |                           |  |                                 | CIUDAD O PUEBLO |                                    | 1. Dentro de la ciudad |                        | 2. Fuera de la ciudad |                                    | Si es 2 especificar: |                | N° CARRILES |                                 | 1. Dividido |                     | 2. No dividido |                   | KILÓMETROS O METROS |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DE LA VÍA   |                                 |                              |  | TIPO DE VÍA               |  |                                 |                 | EN LA INTERSECCIÓN                 |                        |                        |                       | CERCA DE LA INTERSECCIÓN           |                      |                |             | Especificar:                    |             |                     |                | N° CARRILES       |                     | 1. Dividido |  | 2. No dividido |  | KILÓMETROS O METROS |  |
| AÑO  |                                 | MARCA                        |  | TIPO DE VEHÍCULO          |  |                                 |                 | NÚMERO DE LICENCIA                 |                        |                        |                       | NÚMERO DE IDENTIDAD                |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| ÁREAS DEL VEHÍCULO DAÑADO  |                                 | FRONTAL                      |  | FRONTAL DER.              |  | FRONTAL IZQ.                    |                 | LADO DER.                          |                        | LADO IZQ.              |                       | POSTERIOR                          |                      | POSTERIOR DER. |             | POSTERIOR IZQ.                  |             | ESTADO DEL VEHÍCULO |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| COMPañIA DE SEGURO   |                                 |                              |  |                           |  | NÚMERO DE PÓLIZA                |                 |                                    |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO (ver la licencia si es el mismo conductor) |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL CONDUCTOR (retener la licencia de conducir)/PEATÓN                  |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 |                                    |                        |                        |                       | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NÚMERO DE LICENCIA CONDUCTOR   |                                 | TIPO                         |  | N° TELF. CONDUCTOR/PEATÓN |  |                                 |                 | N° TELF. CONDUCTOR/PEATÓN          |                        |                        |                       | SEXO                               |                      | FECHA DE NAC.  |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DE PASAJERO   |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 |                                    |                        |                        |                       | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| AÑO  |                                 | MARCA                        |  | TIPO DE VEHÍCULO          |  |                                 |                 | NÚMERO DE LICENCIA                 |                        |                        |                       | NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN           |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| ÁREAS DEL VEHÍCULO DAÑADO  |                                 | FRONTAL                      |  | FRONTAL DER.              |  | FRONTAL IZQ.                    |                 | LADO DER.                          |                        | LADO IZQ.              |                       | POSTERIOR                          |                      | POSTERIOR DER. |             | POSTERIOR IZQ.                  |             | ESTADO DEL VEHÍCULO |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| COMPañIA DE SEGURO   |                                 |                              |  |                           |  | NÚMERO DE PÓLIZA                |                 |                                    |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO (ver la licencia si es el mismo conductor) |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL CONDUCTOR (retener la licencia de conducir)/PEATÓN                  |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 |                                    |                        |                        |                       | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NÚMERO DE LICENCIA CONDUCTOR   |                                 | TIPO                         |  | N° TELF. CONDUCTOR/PEATÓN |  |                                 |                 | N° TELF. CONDUCTOR/PEATÓN          |                        |                        |                       | SEXO                               |                      | FECHA DE NAC.  |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DE PASAJERO   |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 |                                    |                        |                        |                       | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| AÑO  |                                 | MARCA                        |  | TIPO DE VEHÍCULO          |  |                                 |                 | NÚMERO DE LICENCIA                 |                        |                        |                       | NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN           |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| ÁREAS DEL VEHÍCULO DAÑADO  |                                 | FRONTAL                      |  | FRONTAL DER.              |  | FRONTAL IZQ.                    |                 | LADO DER.                          |                        | LADO IZQ.              |                       | POSTERIOR                          |                      | POSTERIOR DER. |             | POSTERIOR IZQ.                  |             | ESTADO DEL VEHÍCULO |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| COMPañIA DE SEGURO   |                                 |                              |  |                           |  | NÚMERO DE PÓLIZA                |                 |                                    |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO (ver la licencia si es el mismo conductor) |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL CONDUCTOR (retener la licencia de conducir)/PEATÓN                  |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 |                                    |                        |                        |                       | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NÚMERO DE LICENCIA CONDUCTOR   |                                 | TIPO                         |  | N° TELF. CONDUCTOR/PEATÓN |  |                                 |                 | N° TELF. CONDUCTOR/PEATÓN          |                        |                        |                       | SEXO                               |                      | FECHA DE NAC.  |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DE PASAJERO   |                                 |                              |  |                           |  | DIRECCIÓN ACTUAL                |                 |                                    |                        |                        |                       | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| N° SEC.  |                                 | NOMBRE DEL INFRACTOR         |  |                           |  | LEY APLICABLE                   |                 | INFRACCIÓN                         |                        |                        |                       | NÚMERO DE CITACIÓN                 |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| N° SEC.  |                                 | NOMBRE DEL INFRACTOR         |  |                           |  | LEY APLICABLE                   |                 | INFRACCIÓN                         |                        |                        |                       | NÚMERO DE CITACIÓN                 |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| N° SEC.  |                                 | NOMBRE DEL INFRACTOR         |  |                           |  | LEY APLICABLE                   |                 | INFRACCIÓN                         |                        |                        |                       | NÚMERO DE CITACIÓN                 |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| N° SEC.  |                                 | NOMBRE DEL INFRACTOR         |  |                           |  | LEY APLICABLE                   |                 | INFRACCIÓN                         |                        |                        |                       | NÚMERO DE CITACIÓN                 |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| N° SEC.  |                                 | NOMBRE DEL INFRACTOR         |  |                           |  | LEY APLICABLE                   |                 | INFRACCIÓN                         |                        |                        |                       | NÚMERO DE CITACIÓN                 |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| PROPIEDAD DAÑADA   |                                 | CANTIDAD ESTIMADA (en soles) |  | NOMBRE DEL PROPIETARIO    |  |                                 |                 | DIRECCIÓN                          |                        |                        |                       | DISTRITO/PROVINCIA/DEPARTAMENTO    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| NOMBRE DEL TESTIGO (1)   |                                 | DIRECCIÓN ACTUAL             |  |                           |  | DISTRITO/PROVINCIA/DEPARTAMENTO |                 |                                    |                        | NOMBRE DEL TESTIGO (2) |                       | DIRECCIÓN ACTUAL                   |                      |                |             | DISTRITO/PROVINCIA/DEPARTAMENTO |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |
| INVESTIGADOR/CARGO   |                                 |                              |  | NÚMERO DE PLACA           |  |                                 |                 | POLICÍA DE:                        |                        |                        |                       |                                    |                      |                |             |                                 |             |                     |                |                   |                     |             |  |                |  |                     |  |



Ejemplo de Ficha de Registro de accidentes de tránsito (2)

| DIBUJAR DIAGRAMA EXPLICATIVO DEL ACCIDENTE (SECCIÓN OBLIGATORIA)  |  |   |  | INDICAR LA FLECHA NORTE   |  |  |   |                           |  |
|---|--|---|--|---|--|--|---|---------------------------|--|
| <p>PROPORCIONAR UNA NARRACIÓN SIMPLE DE LA OCURRENCIA (SECCIÓN OBLIGATORIA)</p>   |  |   |  |   |  |  |   |                           |  |
| <p>LLENAR LOS DETALLES DE LA COLISIÓN (SECCIÓN OBLIGATORIA)</p>   |  |   |  |   |  |  |   |                           |  |
| CAUSAS DEL CONDUCTOR/PIATÓN   |  | DEFICIENCIAS DEL VEHÍCULO   |  | DEPLAZAMIENTO DEL VEHÍCULO  |  | VEHÍCULOS ESPECIALES   |   |                           |  |
| 01. Inapropiada Acción del Conductor<br>02. Inadecuado Manejo (Ergonomía)<br>03. No Cedió el Pase<br>04. Retraso Involuntario<br>05. Cambio de Carretera/Carretera<br>06. Giro Involuntario<br>07. Baja Influencia de Alcohol<br>08. Baja Influencia de la Droga<br>09. Baja Influencia del Alcohol y Droga<br>10. Seguimiento de Manos<br>11. Carencia de la Señal de Advertencia<br>12. Exceso de límite de velocidad de Segura<br>13. Indiferencia a la Señal de "PARE"<br>14. Falta de Mantenimiento del Vehículo<br>15. Conducir Inconscientemente<br>16. Conducir Inconscientemente | 17. Exceder el Límite de Velocidad local<br>18. Obstrucción de Tráfico<br>19. Pese Inadecuado<br>20. Ignorar los Señales de Tránsito<br>21. Escapar de la Policía<br>22. Cambiar de Vehículo<br>23. Conducir Involuntario (Ergonomía)<br>24. Otros (Ergonomía)   | 01. Sin Deficiencia<br>02. Frenos<br>03. Neumáticos Liso/Desgastado<br>04. Luces Inapropiadas<br>05. Puntos de Vista<br>06. Direccionalidad<br>07. Parabrisas Deterioradas<br>08. Sujete Deficiente del Vehículo<br>09. Otros (Ergonomía)   | 1. 2. 3.<br>4. 5. 6.<br>7. 8. 9.   | 01. De Frente<br>02. Descentrado/Descentrado<br>03. Girando a la Izquierda<br>04. Retrocediendo<br>05. Girando a la Derecha<br>06. Cambiando de Carril<br>07. Ingresando al carril al Estacionamiento<br>08. Correctamente Estacionado  | 1. 2. 3.<br>4. 5. 6.<br>7. 8. 9.   | 01. Ninguno<br>02. Carpa<br>03. Militar<br>04. Recreacional<br>05. De Emergencia<br>06. Construcción<br>07. Mantenimiento<br>08. Otros | 1. 2. 3.<br>4. 5. 6.                            |                           |  |
| PUNTO DE COLISIÓN   |  |   |  | TIPO DE ZONIFICACIÓN  |  |  |   |                           |  |
| 01. Detrás de la Vía<br>02. Fuera de la Vía<br>03. En la Berma<br>04. En el Separador Central<br>05. Otros  |  |   |  | 01. Residencial<br>02. Comercial<br>03. Industrial<br>04. Recreacional<br>05. Educativo<br>06. Salud<br>07. Otros   |  |  |   |                           |  |
| DAÑO OCASIONADO   |  | SISTEMA VIAL  |  | CONDICIONES DE CLIMATIZACIÓN  |  |  |   |                           |  |
| 01. Colisión (Parte Posterior)<br>02. Colisión (Parte Frontal)<br>03. Colisión (Lateral)<br>04. Colisión (Giro a la Izquierda)<br>05. Colisión (Giro a la Derecha)<br>06. Colisión (Parte Lateral)<br>07. Colisión (Punto de Vista)<br>08. Colisión al Estacionarse<br>09. Colisión sobre la Vía<br>10. Colisión con obstáculos<br>11. Colisión con bicicleta<br>12. Colisión con motocicleta<br>13. Colisión con Motociclista  | 14. Colisión con Animal<br>15. Impacto con Señales/Postes<br>16. Impacto con Puntos de Muestreo de Puentes<br>17. Impacto con Reglas (Soportes)<br>18. Impacto con Cercas<br>19. Impacto con Bordes de Hormigón<br>20. Impacto con Puentes<br>21. Impacto con Árboles/Arbustos<br>22. Colisión con Señales de Construcción<br>23. Colisión con garteras de Puentes<br>24. Colisión con Barreras de Seguridad<br>25. Colisión con Objetos Fijos en la Vía<br>26. Impacto con Otro Objeto Fijo | 27. Colisión con un Objeto Móvil en la Vía<br>28. Encuentro Zapicho/Encuentro Zapicho<br>29. Deslizarse en una Vía húmeda<br>30. Volcadura<br>31. Ocupantes Fuera del Vehículo<br>32. Volcadura del Tractor/Trailer<br>33. Involuntario<br>34. Explosión<br>35. Fuera de Control<br>36. Huelga de Cargamento<br>37. Otros (Ergonomía) | 01. Vía Segura<br>02. Nacional/Regional<br>03. Subregional<br>04. Metropolitanana<br>05. Vía Arterial<br>06. Vía Carretera | 07. Vía Local<br>08. Desconocido  | 01. En el Día<br>02. Anochecer<br>03. Al Amanecer<br>04. En la Noche (Sin Luz)<br>05. En la Noche (Sin Luz)<br>06. Desconocido     |  |   |                           |  |
| CONDICIÓN DE LA VÍA AL MOMENTO DE LA COLISIÓN   |  | OBSTRUCCIÓN DE LA VELOCIDAD   |  | CONTROL DE TRÁFICO  |  | UBICACIÓN DEL LUGAR  |   | CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA |  |
| 01. Sin Efecto<br>02. Obstrucción con Ancho<br>03. Obstrucción con Ancho<br>04. Vía en Reparación/Construcción<br>05. Superficie con Materiales Sueltos<br>06. Baches/Atascos<br>07. Pavimento con Bordes Inseguros<br>08. Agua Estancada<br>09. Superficie Desgastada<br>10. Otros (Ergonomía)   | 01. Sin Visibilidad<br>02. Mal Tiempo<br>03. Vehículo Estacionado/Detenido<br>04. Árboles/Cultivos/Arbusto<br>05. Vehículo de Carga<br>06. Objeto Fijo/Construcción<br>07. Señales/Carriles<br>08. Neblina<br>09. Humo<br>10. Responder (Luz Penetrante)<br>11. Otros (Ergonomía)  | 01. Sin Control<br>02. Zona de Velocidad Especial<br>03. Control con Señal de Velocidad<br>04. Zona de Paso<br>05. Señalado<br>06. Señal "PARE"<br>07. Señal "CEDA EL PASO"<br>08. Luz Intermitente<br>09. Señal de Ferrocarril<br>10. Otros (Ergonomía)  | 10. Policía de Tránsito<br>11. Señal<br>12. "PROHIBIDO GIRD EN VÍ"<br>13. Sin Zona de Paso<br>14. Otros (Ergonomía)        | 01. Fuera de la Intersección<br>02. En la Intersección<br>03. Cerca de la Intersección<br>04. En la Zona de la Vía<br>05. En las Vías del Ferrocarril<br>06. Frente<br>07. Ingreso del Carril<br>08. Salida del Carril<br>09. Estacionamiento - Público<br>10. Estacionamiento - Privado<br>11. Propiedad Privada | 01. De Frente - A Nivel<br>02. De Frente - Ascendente/Descendente<br>03. Con Giro - Nivel<br>04. Con Giro - Ascendente/Descendente | 12. Peaje<br>13. Detención en la Línea de Parada<br>14. Otros (Ergonomía)  | 01. Pavimento<br>02. Sin Pavimento<br>03. Acera |                           |  |

Nota: Esta ficha podrá ser modificada en coordinación con la Policía Nacional del Perú.

### 5.2.4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS O TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

El proceso de identificación de puntos o tramos de concentración de accidentes debe dirigirse al objetivo del estudio. La identificación de puntos de concentración de accidentes se puede realizar para identificar puntos críticos en base a:

- ✓ Accidentes de un tipo específico
- ✓ Accidentes de una severidad específica
- ✓ Número total de accidentes

No es recomendable enfocarse en el número total de accidentes, más bien, es más importante conocer los lugares donde ocurren accidentes de mayor severidad o de mayor riesgo. Por ejemplo, un lugar donde ocurren 20 accidentes por alcance al año en promedio con cero heridos es menos crítico que un lugar donde ocurren 5 accidentes al año con 1 muerto en promedio. Si el enfoque se basa en número total

de accidentes, el lugar con 20 accidentes anuales sería intervenido antes que el de 5 accidentes al año resultando en menores beneficios y un factor beneficio/costo menos favorable.

Los puntos o tramos de concentración de accidentes deberán identificarse para su posterior intervención con medidas específicas aplicables directamente a la reducción del tipo o severidad específica de las accidentes.

El proceso para identificar tramos o puntos de concentración de accidentes requiere de una georreferenciación de la data de accidentes. De esta manera se conoce la ubicación geográfica de los accidentes y se pueden determinar zonas de concentración. Para este fin, se deberá, a través de un Observatorio Nacional o inclusive local, georreferenciar utilizando un sistema de información geográfica tipo GIS todos los accidentes con todos los atributos que se recolectan en los formatos estandarizados. De esta manera se puede realizar un análisis exhaustivo que permita evaluar los accidentes y sus puntos de concentración en base a una serie de criterios específicos. Por ejemplo se podrían identificar puntos o tramos de concentración de accidentes con peatones, puntos o tramos de concentración de accidentes nocturnos, puntos o tramos de concentración de accidentes fatales, puntos o tramos de concentración de accidentes con ciclistas, entre muchos otros.

Se recomienda que las entidades locales y las empresas privadas que administran la conservación o concesión de vías, recolecten la información para constituir la base de datos de seguridad vial.

## **5.2.5 EVOLUCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMACIÓN DE ACCIDENTES**

Los métodos para la estimación de accidentes están en proceso de evolución hacia un sistema en el que se compara únicamente la frecuencia de accidentes sin tomar en consideración volúmenes vehiculares, ni cantidad de población. Este proceso de evolución se debe a que mayores volúmenes vehiculares no deben ser una justificación para permitir mayor cantidad de accidentes ya que el costo a la sociedad de los accidentes se incrementa sin importar el volumen vehicular que las genera. Por este motivo, al compararse dos diseños, no se debe introducir las variaciones en volumen vehicular entre estos como parte del análisis ya que esto escondería cualquier incremento real de los accidentes asociados con un diseño que procesa más tráfico.

### **5.2.5.1 Métodos de frecuencia de accidentes e índice de accidentabilidad**

El índice de accidentalidad consiste en el cálculo del número de accidentes en base al volumen vehicular. El problema con esta medida es que para un número igual de accidentes, aumentado el volumen vehicular se obtiene un índice de accidentalidad más bajo dando una falsa impresión de mayor seguridad vial. Por este motivo, el método de frecuencia de accidentes puro debe ser utilizado al evaluar la problemática de seguridad vial en un determinado lugar o al comparar dos diseños, sin importar el volumen de tráfico que opera en el lugar. De esta forma se evita "esconder" el problema de accidentes debido a un incremento en el volumen vehicular.

### **5.2.5.2 Medidas Indirectas de Seguridad Vial**

Existen diferentes formas indirectas de medir o estimar la seguridad vial en un determinado lugar. Entre estas se tiene:

- Eventos que frecuentemente preceden accidentes: Por ejemplo número de vehículos que se pasan la luz roja, número de vehículos que bloquean una intersección, entre otros.
- Estudios de Conflictos: Estos consisten de observaciones en campo en las cuales se observan ocurrencias de “casi-accidentes” que permiten determinar un problema potencial en el lugar estudiado.
- Auditorias e Inspecciones: Las auditorias e inspecciones se realizan por personal que tiene experiencia en la identificación de elementos que generan riesgo de accidentes. Es así que aun sin tener accidentes, mediante una auditoria o inspección se puede determinar la existencia un nivel de riesgo. Por ejemplo, si una intersección no cuenta con rampas para discapacitados, se determina un nivel alto de riesgo para personas en silla de ruedas que tendrían que invadir la vía vehicular para poder maniobrar hacia la vereda. Inclusive si ninguna colisión histórica fue registrada, indirectamente se tiene un problema de seguridad vial.

### **5.2.5.3 Estimación de Accidentes Utilizando Métodos Estadísticos**

Los métodos estadísticos para estimar accidentes pueden variar en función a la disponibilidad de data y los objetivos del estudio. Es así que cuando se identifican accidentes de un tipo específico, los análisis estadísticos pueden permitir determinar si el número de accidentes en un lugar excede estadísticamente el promedio de lugares similares.

## **5.3 PASO 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO**

### **5.3.1 INTRODUCCIÓN**

El análisis y diagnóstico de la seguridad vial es el segundo paso en el proceso de la Administración de la Seguridad Vial, así como se muestra en la siguiente figura. El paso 1 describe la recolección de datos en diferentes lugares identificándose puntos o tramos donde se podrían aplicar medidas de mitigación. El Paso 2 consiste de un diagnóstico que permite conocer las causas de los accidentes, historial del lugar y las características físicas del lugar antes de aplicar medidas de mitigación. El resultado esperado de un diagnóstico es la identificación de las causas que generan los accidentes.

Figura 71. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



Los procedimientos descritos en este capítulo involucran tres actividades, aunque algunas de estas actividades no se apliquen en todos los proyectos:

#### Actividad 1.- Revisión de Data

- Revisión del tipo de accidentes, severidad de los accidentes y condiciones ambientales para el desarrollo de estadísticas descriptivas que permitan identificar patrones.

#### Actividad 2.- Revisión de Documentación Pertinente

- Revisión de estudios pasados y planes futuros que cubran las proximidades del lugar para identificar problemas, oportunidades y limitaciones.

#### Actividad 3.- Condiciones de Campo

- Inspección del lugar para revisar y observar las condiciones de campo y la interacción entre todos los usuarios, motorizados y no-motorizados, de la vía.

### 5.3.2 ACTIVIDAD 1 – REVISIÓN DE DATA

Un diagnóstico de seguridad vial comienza con una revisión de la data disponible, que pueda identificar patrones en el tipo de accidentes, gravedad de éstas o las condiciones ambientales de la vía (por ejemplo; condiciones del pavimento, hora de ocurrencia, estado del tiempo o iluminación).

La revisión puede identificar patrones relacionados a la hora del día, dirección de viaje de los involucrados, condiciones de clima o el comportamiento de los conductores. La revisión de data considera:

- Estadísticas descriptivas de las accidentes (por ejemplo frecuencia por tipo de colisión, gravedad, condiciones ambientales o viales).

- Lugar de los accidentes (es decir, diagramas de colisión, diagramas del estado actual y mapeo utilizando herramientas como el Sistema de Información Geográfica - GIS).

### 5.3.2.1 Estadísticas Descriptivas

Las bases de datos de accidentes deberán resumir la información en tres categorías: información de la vía, los vehículos y las personas involucradas en la colisión. En esta actividad, la data de accidentes es revisada y resumida para identificar patrones. Las estadísticas descriptivas incluyen:

**A. Información general:** Fecha, día y hora.

**B. Tipo de colisión:** Identificado por un policía en el lugar. El listado de descripciones a utilizarse son accidentes por:

- ✓ Alcance
- ✓ Paralelo
- ✓ Angular
- ✓ Giro (izquierda o derecha)
- ✓ Frontal
- ✓ Despiste
- ✓ Objeto contundente
- ✓ Animal
- ✓ Cualquier anterior en zona de trabajo

**C. Gravedad de accidentes:** Todo accidente se clasifica según la escala FABCO que define la gravedad. Esta se describe de la siguiente manera:

- ✓ Fatal (F)
- ✓ Herido incapacitado (A)
- ✓ Herido grave (B)
- ✓ Herido leve (C)
- ✓ Daños Materiales/Objetos (O)

**D. Secuencia de eventos:**

- ✓ Dirección de viaje;
- ✓ Localización de las partes involucradas: Viajando hacia el norte, sur, este, oeste, ingreso específico de una intersección o hito kilométrico.

**E. Factores contribuyentes:**

- ✓ Partes involucradas.- Solo el vehículo, peatón y vehículo, bicicleta y vehículo.
- ✓ Condiciones de la vía al momento de la colisión.- Seca, húmeda, nevada o helada.
- ✓ Condiciones de iluminación al momento de la colisión.- Amanecer, día, atardecer, noche sin iluminación o noche con iluminación.
- ✓ Condiciones meteorológicas en el momento de la colisión.- Despejado, nublado, neblina, lluvioso, nevado o helado.
- ✓ Estado físico de las partes involucradas.- Alcohol, drogas o fatiga.

Los gráficos de barras, gráficos circulares o tablas podrán utilizarse para presentar los patrones estadísticos. La siguiente figura y tabla presentan ejemplos gráficos y ejemplos de datos tabulados.

Figura 72. Ejemplo de un Resumen Gráfico

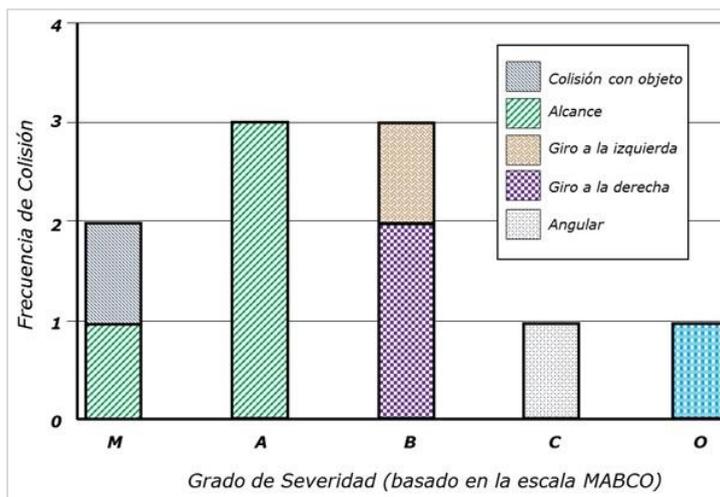


Tabla 36. Ejemplo de un Resumen Tabular

| Número de Accidente             | 1       | 2       | 3       | 4            | 5       | 6              | 7            | 8            | 9         | 10                  |
|---------------------------------|---------|---------|---------|--------------|---------|----------------|--------------|--------------|-----------|---------------------|
| Día                             | 1/3/92  | 2/5/92  | 8/11/92 | 7/21/92      | 1/9/92  | 2/1/92         | 9/4/92       | 12/5/92      | 4/7/92    | 2/9/92              |
| Día de la semana                | DOM.    | SAB.    | DOM.    | JUE.         | MIER.   | MAR.           | SAB.         | MAR.         | LUN.      | DOM.                |
| Hora del día                    | 21:15   | 20:10   | 19:25   | 7:50         | 13:10   | 9:50           | 11:15        | 15:00        | 17:10     | 22:20               |
| Gravedad                        | A       | A       | O       | B            | F       | F              | B            | C            | A         | B                   |
| Tipo de colisión                | Angular | Angular | Alcance | Giro derecha | Angular | Giro izquierda | Giro derecha | Giro derecha | Angular   | Colisión con Objeto |
| Condiciones de la vía           | Húmedo  | Seco    | Seco    | Seco         | Húmedo  | Seco           | Seco         | Seco         | Seco      | Húmedo              |
| Condición de iluminación        | Noche   | Noche   | Noche   | Atardecer    | Día     | Día            | Día          | Día          | Atardecer | Noche               |
| Dirección                       | N       | N       | SO      | O            | S       | O              | N            | S            | N         | N                   |
| Grado de alcohol (CAS)* (g/l)** | 0.25    | 0.40    | 0.00    | 0.25         | 0.00    | 0.00           | 0.35         | 0.00         | 0.00      | 0.75                |

\* Nota: Según: D. S. N.º 016-2009-MTC, art. 307- "El grado alcohólico máximo permitido a los conductores y peatones que sean intervenidos por la autoridad, se establece en 0,50 g/l".

\*\* CAS: Concentración de Alcohol en la Sangre.

### Tipo de Colisión Específica que Excede el Limite Proporcional

Si los patrones de accidentes no son obvios con estadísticas descriptivas, algunos procedimientos matemáticos pueden ser utilizados como herramientas de diagnóstico para identificar si un tipo de colisión en un punto o tramo de estudio excede el promedio comparativo de otros puntos o tramos similares. Este procedimiento se describe en PASO 1.

### 5.3.2.2 Resumen de Accidentes por Ubicación

La ubicación de los accidentes puede resumirse mediante tres herramientas: diagrama de accidentes, diagrama de condiciones actuales y mapeo de accidentes.

Cada una de estas es una herramienta visual que permitirá identificar patrones en los accidentes.

#### F. Diagrama de accidentes

Es una vista bidimensional de los accidentes que se han producido en un lugar dentro de un tiempo determinado. Un diagrama de accidentes simplifica la visualización de los patrones de accidentes. Concentraciones de accidentes o patrones particulares por tipo de colisión (por ejemplo; colisiones frontales en un determinado punto) pueden hacerse evidentes en un diagrama de colisiones.

La siguiente figura presenta un ejemplo de un diagrama de accidentes. La colisión es representada por flechas que indican el tipo de colisión y la dirección de los viajes. Adicionalmente información suplementaria asociada con cada colisión es también proporcionada al lado de cada símbolo. La información suplementaria puede incluir cualquier información pertinente tal como severidad de la colisión, fecha de la ocurrencia, involucrados, entre otras. Una leyenda indica el significado de los símbolos, la ubicación de la colisión e información adicional.

Las tendencias visuales identificadas en un diagrama de accidentes no pueden reflejar una evaluación cuantitativa o estadísticamente fiable del lugar; sin embargo, pueden proporcionar una indicación de si existen o no patrones. Estos diagramas deben desarrollarse preferiblemente a mano y no necesitan estar a escala, sin embargo el uso de software es aceptable siempre que sea verificado manualmente. La simbología a utilizarse para representar cada colisión debe ser estandarizada y se presenta en la Figura 74.

Figura 73. Ejemplo del Diagrama de Accidentes - Intersección

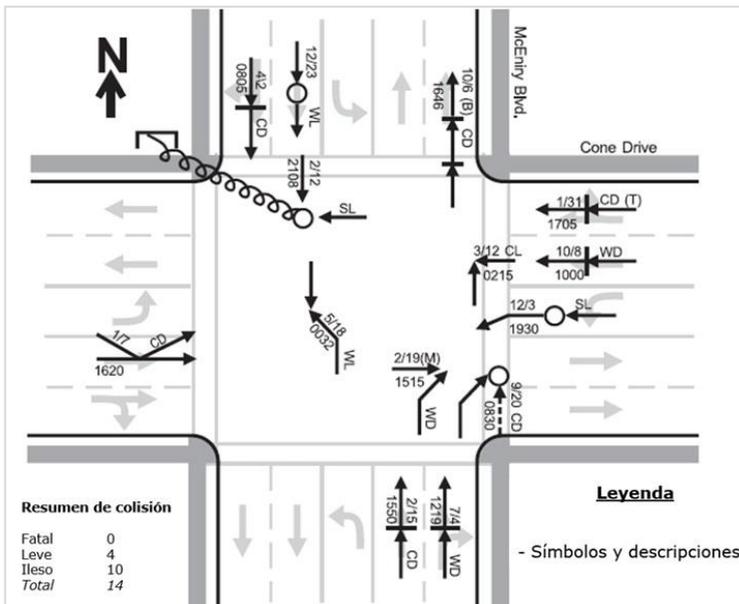


Figura 74. Simbología para Diagramas de Accidentes

|                               |  |                                   |                                       |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Tipo de Vehículo</b>       |  | <b>Tipo de Colisión</b>           |                                       |
|                               | Automóvil                                    |                                   | Parte posterior                       |
|                               | Camión                                       |                                   | De frente                             |
|                               | Bus  |                                   | Angular                               |
|                               | Motocicleta                                  |                                   | Choque lateral en una misma dirección |
|                               | Otros  |                                   | Choque lateral en dirección opuesta   |
|                               | Peatón                                       |                                   | Fuera de control                      |
|                               | No afectados                                 |                                   | Colisión con un objeto fijo           |
| <b>Movimiento de Vehículo</b> |  |                                   | Giros                                 |
|                               | Izquierda                                    |                                   |                                       |
|                               | Derecha                                      |                                   |                                       |
|                               | Directo                                      |                                   |                                       |
|                               | Lado   |                                   |                                       |
| <b>Gravedad</b>               |  | <b>Superficie de la carretera</b> |                                       |
|                               | Ileso  | C                                 | Seco                                  |
|                               | Leve   | W                                 | Húmedo                                |
|                               | Fatal  | S                                 | Nevado, helado                        |
|                               | Superponer la gravedad y el tipo de colisión | O                                 | Otros                                 |
|                               |  | <b>Iluminación</b>                |                                       |
|                               |  | D                                 | Día iluminado                         |
|                               |  | N                                 | Al atardecer                          |
|                               |  | L                                 | Noche                                 |

### G. Diagrama de condiciones locales

Un diagrama de condiciones locales es una gráfica en planta que detalla las características del lugar. Las características que pueden ser incluidas en el diagrama de condiciones locales son:

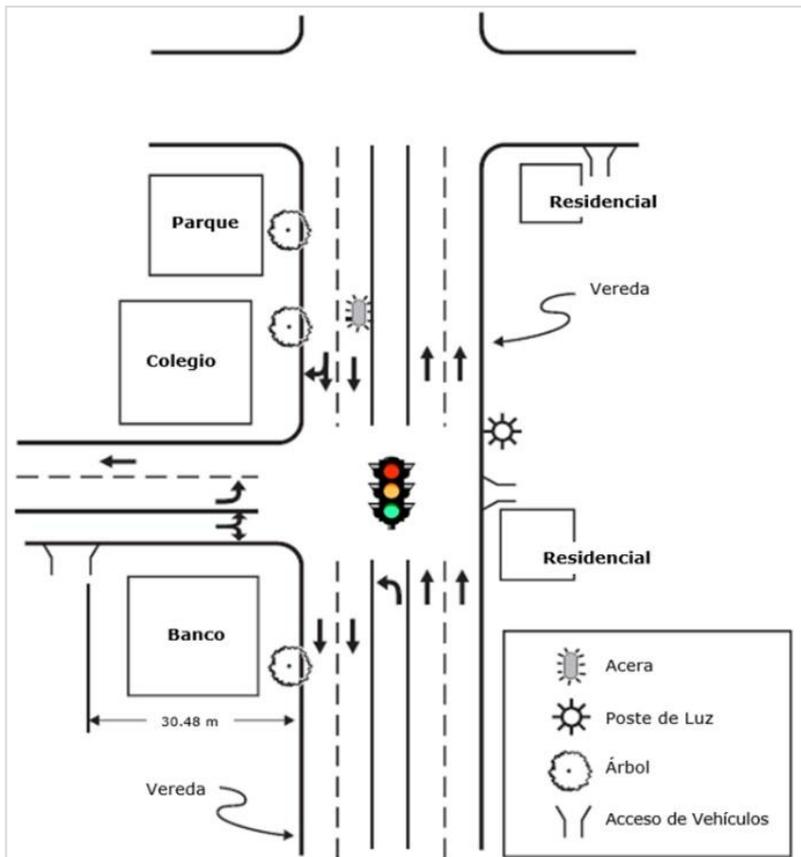
- a. Vía
  - ✓ Configuración de carril y control de tráfico
  - ✓ Zona de peatón, bicicleta y transporte público
  - ✓ Presencia de separadores centrales en la vía
  - ✓ Áreas verdes
  - ✓ Tipos de bermas
  - ✓ Mobiliario Urbano (postes de luz, paraderos, semáforos)
- b. Uso de suelo

- ✓ Tipo de uso de suelo (colegios, zona comercial, residencial, industrial)
  - ✓ Tipos de accesos a cada uso de suelo (acceso directo, controlado, privado, publico)
- c. Condiciones del pavimento
- ✓ Ubicación de baches, charcos o grietas

El propósito del diagrama de condiciones locales es correlacionarlo con el diagrama de accidentes Conceptualmente se podrían sobreponer para identificar una relación entre las accidentes y sus posibles causas.

La siguiente figura presenta un ejemplo de un diagrama de condiciones locales, el contenido podría variar dependiendo de las características que contribuyen a que se produzcan accidentes. El diagrama de condiciones locales es desarrollado a mano durante la investigación en campo y puede ser transcrita dentro de un diagrama electrónico si fuera necesario. El diagrama no tiene que ser un dibujo a escala y siempre deberá ser presentado en un informe de seguridad vial.

Figura 75. Ejemplo del Diagrama de Condiciones Locales



## H. Mapeo de accidentes

Las regiones que tengan una base de datos electrónica de la red vial y accidentes georreferenciadas pueden integrar los dos en una base de datos GIS. El GIS permite

que los datos se muestren y analicen basados en características espaciales. Evaluando la ubicación y tendencia de los accidentes con GIS se denomina mapeo de accidentes. A continuación, se presentan algunas técnicas y ventajas de usar el GIS para analizar accidentes según su ubicación:

- ✓ Informes policiales escaneados y registros de videos/fotos para cada colisión pueden ser relacionados con la base de datos del GIS para facilitar el trabajo del analista.
- ✓ Pueden integrarse los datos generales de cada colisión (por ejemplo, ubicación, hora del día, día de la semana, edad del participante y sobriedad) con otra información tal como presencia colegios, señales de velocidad, cruce ferroviario, etc.
- ✓ La data puede ser consultada para identificar concentraciones de accidentes según el uso de suelo. Esto puede servir para correlacionar usos de suelo con frecuencia de accidentes.
- ✓ La frecuencia o densidad de accidentes puede ser evaluada a lo largo de un corredor vial para identificar patrones en un segmento determinado.
- ✓ El control de calidad de los datos pueden llevarse a cabo fácilmente y, si fuese necesario, las correcciones se pueden hacer directamente en la base de datos.

La exactitud en la ubicación de cada colisión es la clave para lograr los beneficios del GIS. El sistema funciona eficientemente cuando la policía o recolector de data logra georreferenciar cada colisión in-situ y convierte esta información al sistema GIS. Cabe notar que los procedimientos de ubicación de accidentes pueden influir significativamente en el resultado de un análisis. Por ejemplo, si todos los accidentes dentro de los 50 metros de una intersección se introducen en el mismo cruce de la intersección en vez de su ubicación exacta, los mapas de accidentes pueden conllevar a una mala interpretación de los problemas del lugar. Esto se deberá mitigar mediante un entrenamiento adecuado de la policía o recolector de data de accidentes.

### 5.3.3 ACTIVIDAD 2 – EVALUACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN PERTINENTE

El objetivo de este segundo paso es obtener y revisar la información documentada o el testimonio de personas familiarizadas con el lugar que confirmen lo identificado en la Actividad 1 – Revisión de Data. Este paso puede identificar nuevos problemas de seguridad vial o verificar los problemas de la Actividad 1.

Revisar documentación histórica permite tener un contexto sobre el lugar evaluado. Los patrones de accidentes observados pueden explicarse mediante cambios operativos y geométricos, que se documentaron en el lugar de estudio. Por ejemplo, una revisión de accidentes históricos puede revelar que la frecuencia de accidentes de un giro a la izquierda en una intersección semaforizada aumentó significativamente hace dos años y que se ha mantenido en ese nivel. Luego una revisión de la documentación histórica puede revelar que dicho aumento pudo haber ocurrido por una ampliación de la vía que aumentó velocidades y número de carriles que debe cruzar el giro a la izquierda estudiado.

Los siguientes tipos de información histórica pueden ser útiles durante una evaluación de la seguridad vial de un lugar:

- ✓ Los volúmenes actuales de tráfico vehicular, peatonal, servicio público
- ✓ Planos de la vía
- ✓ Criterios de diseño utilizados

- ✓ Inventario de las condiciones de campo (por ejemplo; señales de tráfico, dispositivos de control de tráfico, número de carriles, límite de velocidad, etc.)
- ✓ Registros fotográficos o en video
- ✓ Registro de mantenimiento
- ✓ Estudios de tráfico recientes
- ✓ Mapeo del uso de suelo y tipos de accesos a la vía
- ✓ Patrones históricos de condiciones meteorológicas adversas
- ✓ Planes estratégicos para uso de suelo
- ✓ Registro de problemas comunes del transporte público
- ✓ Planes estratégicos para mejoras en la vía
- ✓ Información anecdótica del lugar

#### **5.3.4 ACTIVIDAD 3 - EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CAMPO**

Una investigación en campo siempre debe ser realizada para un estudio de seguridad vial. Las observaciones pueden servir para validar la información identificada mediante el análisis de data y documentación pertinente.

Una evaluación exhaustiva de campo implica hacer el recorrido de un usuario común por lo cual se requiere viajar a través del lugar evaluado en todas las direcciones y utilizando diferentes tipos de transporte (particular, público, bicicleta) según corresponda. Si hay carriles para bicicletas, la evaluación deberá incluir viajar a través del lugar en bicicleta. Si los giros en U son permitidos, la evaluación deberá incluir hacer este giro. El objetivo es observar, caracterizar y registrar la experiencia "típica" de una persona que viaja a través del lugar. Adicionalmente se deberá visitar el lugar en diferentes horarios del día y bajo diferentes condiciones de iluminación o clima según sea pertinente.

La siguiente lista proporciona las consideraciones mínimas requeridas durante una revisión de campo:

##### **A. Características de la vía**

- ✓ Señalización vertical y horizontal
- ✓ Tipo de semaforización
- ✓ Límites de velocidad
- ✓ Iluminación
- ✓ Condiciones del pavimento
- ✓ Condiciones de áreas verdes
- ✓ Distancia de visibilidad
- ✓ Ancho de berma
- ✓ Mobiliario de la vía
- ✓ Diseño geométrico (curvas horizontales, verticales, perfil de la vía, etc.)

##### **B. Condiciones de tráfico**

- ✓ Tipos de usuarios
- ✓ Condiciones de viaje (velocidad a flujo libre, congestión)
- ✓ Almacenamiento de colas
- ✓ Exceso de velocidad vehicular

- ✓ Dispositivos de control de tráfico
- ✓ Tiempo de ámba en la intersección
- ✓ Presencia de giros protegidos, permitidos, o ambos
- ✓ Presencia de ámba para flechas verdes
- ✓ Diseño del esquema semaforico

### C. Comportamiento del viajero

- ✓ Conductor: conductores agresivos, exceso de velocidad, respeto a los dispositivos de control de tráfico, maniobras peligrosas, uso del cinturón de seguridad.
- ✓ Bicicleta: manejar sobre las veredas en lugar del carril de bicicleta, manejar sobre el carril vehicular, respeto a los dispositivos de control de tráfico, uso del casco.
- ✓ Peatón: respeto a dispositivos de control de tráfico en los cruces, tiempo insuficiente para el cruce de peatones, diseño vial que aliente a los peatones a usar inadecuadamente la vía.

**D. Consistencias de la vía:** La sección transversal de la vía debe ser consistente con la funcionalidad deseada para todos los usuarios. Visualmente la vía deberá indicar su uso deseado.

**E. Uso de suelo:** Uso de suelo consistente con la clasificación de la vía (por ejemplo niño en edad escolar o adultos de tercera edad alejados o protegidos de vías rápidas).

**F. Condiciones del clima:** Pese a que no se puede recolectar en campo, se deberá tomar nota de las condiciones históricas del clima en dicho lugar.

### G. Evidencia de accidentes en la zona, tales como:

- ✓ Vidrios quebrados
- ✓ Marcas de neumáticos
- ✓ Señales dañadas
- ✓ Barreras o guardavías dañados
- ✓ Mobiliario dañado
- ✓ Áreas verdes dañadas

Una evaluación de las condiciones de campo es diferente de una auditoria de seguridad vial (ASV) o inspección de seguridad vial (ISV). Una ASV es una revisión formal que podría llevarse a cabo sobre una vía planificada y se realiza con un equipo de expertos, independiente e interdisciplinario. La ISV incluye una evaluación de las condiciones de vías en servicio, como se describe en esta sección.

#### 5.3.5 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Una vez que las tres actividades son completadas (revisión de data, revisión de documentación pertinente y evaluación de campo) la información deberá ser resumida para identificar patrones de accidentes que podrían mitigarse con proyectos específicos. Al momento de identificar proyectos o medidas mitigadoras (PASO 3), debe considerarse el beneficio/costo de implementación de estas medidas mitigadoras y priorizar entre proyectos potenciales (Paso 4).

## 5.4 PASO 3: MEDIDAS MITIGADORAS

### 5.4.1 INTRODUCCIÓN

Estas medidas tienen como objetivo principal reducir la frecuencia o severidad de los accidentes.

En este contexto, una “medida” es una estrategia inmediata para disminuir la frecuencia de accidentes, gravedad o ambas en el lugar de la colisión. Antes de determinar las medidas, se debe realizar un diagnóstico según los procedimientos del Paso 2.

En este paso las medidas de mitigación son seleccionadas para afrontar los respectivos factores contribuyentes identificados en el Paso 2. Posteriormente dichas medidas serán evaluadas secuencialmente desde una perspectiva económica.

Figura 76. Proceso de Administración de la Seguridad Vial



### 5.4.2 ACCIDENTES TÍPICOS

En el Perú los siguientes tipos de accidentes son los más comunes. Sin embargo debe tomarse nota de que la data disponible es aun limitada y estos accidentes podrían representar un mayor o menor porcentaje del total. Los accidentes típicos en nuestra infraestructura vial son: Atropellos, despistes, ángulo. Alcance y frontal

Estadísticas a nivel nacional son poco confiables debido a la ausencia de un observatorio de seguridad vial nacional. Sin embargo cabe mencionar que en zonas urbanas los atropellos pueden superar el 50% de los accidentes totales debido al alto índice de peatonalización del Perú.

### 5.4.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES CONTRIBUYENTES

Para cada patrón de accidentes identificado pueden existir múltiples factores contribuyentes. Esta sección presenta una lista de posibles factores contribuyentes a la ocurrencia de accidentes. El objetivo es ayudar a identificar una amplia gama de posibles factores contribuyentes en orden para minimizar las probabilidades que un factor contribuyente principal sea pasado por alto.

Una vez que se hayan considerado una amplia gama de factores contribuyentes, los criterios de ingeniería son aplicados para identificar los factores con mayor contribución en base al tipo de colisión. La información obtenida como parte del proceso de análisis y diagnóstico (PASO 2) será la base principal para la toma de decisiones.

#### 5.4.3.1 Criterios a considerar en la identificación de factores contribuyentes

Uno de los métodos para identificar los factores contribuyentes a las accidentes es la Matriz de Haddon. En esta matriz, los factores contribuyentes son divididos en tres categorías: personas, vehículo y vía. Las condiciones que se dieron antes, durante y después de una colisión son relacionadas con cada categoría para identificar las posibles razones de la colisión. Un ejemplo de la Matriz de Haddon para una colisión cualquiera se representa en la siguiente tabla.

*Tabla 37. Ejemplo de la matriz de Haddon para una colisión*

| Periodo   | Factor Humano                       | Factor Vehicular                                 | Factor Vía   |
|---|-------------------------------------|--|--|
| Antes de la colisión<br>(Causas de la situación peligrosa)        | Distracción                         | Neumáticos desgastados                           | Pavimento húmedo   |
|   | Cansancio                           | Frenos desgastados                               | Agregado pulido  |
|   | Falta de atención                   |  | Cuesta de bajada   |
|   | Mal juicio                          |  | Señalización deficiente                                      |
|   | Edad                                |  | Distancia de visibilidad de parada limitada                  |
|   | Uso del teléfono celular            |  | Falta de señales de prevención                               |
|   | Habilidades cognitivas deterioradas |  | Geometría vial deficiente                                    |
|   | Hábitos de conducción deficiente    |  |  |
| Durante la colisión<br>(Causas de la gravedad de la colisión)     | Vulnerabilidad a lesión             | Parachoques altos y absorción del impacto        | Fricción del pavimento                                       |
|   | Edad                                | Diseño del apoyo para la cabeza                  | Pendiente  |
|   | No usar el cinturón de seguridad    | Operación de la bolsa de aire                    | Presencia de guardavías                                      |
| Después de la colisión<br>(Factores del resultado de la colisión) | Edad                                | Facilidad para rescatar los pasajeros lesionados | Tiempo de respuesta y calidad de los servicios de emergencia |
|   | Genero                              |  | Tratamiento médico posterior                                 |

#### 5.4.3.2 Factores contribuyentes

Factores contribuyentes asociados a una variedad de tipos de accidentes se presentan a continuación. Los posibles factores contribuyentes de accidentes enumerados en esta sección no son y no pueden ser una lista completa. Cada lugar es único en su historial y condiciones locales. La identificación de factores contribuyentes debe realizarse mediante una cuidadosa consideración de todos los elementos reunidos durante un proceso de diagnóstico como se describe en el PASO 2.

## **A. Accidentes en la vía**

A continuación, se presentan tipos de accidentes comunes y posibles factores contribuyentes para cada tipo de colisión. Es importante notar que algunos de los posibles factores contribuyentes podrían superponerse, y que existen factores contribuyentes adicionales que podrían ser identificados durante el proceso del diagnóstico. Por ejemplo, una colisión contra un objeto fijo puede ser el resultado de múltiples factores contribuyentes, tales como el exceso de velocidad en curvas agudas con señales inadecuadas. Los posibles factores contribuyentes para accidentes en la vía son:

- ✓ Atropellos
  - ✓ Presencia de atractores o generadores de flujo peatonal cerca de la vía
  - ✓ Falta de puentes peatonales
  - ✓ Falta de veredas
  - ✓ Falta de cruceos peatonales bien diseñados y demarcados
  - ✓ Falta de zonas escolares
  - ✓ Velocidad excesiva
  - ✓ Pobre diseño de semaforización peatonal a media calzada
  - ✓ Falta de brechas en el tráfico
  - ✓ Falta de segregación entre la vía y las zonas peatonales
- a. Volcadura**
- ✓ Diseño de la vía y sus bermas
  - ✓ Ancho inadecuado de la berma
  - ✓ Velocidad excesiva
  - ✓ Diseño del pavimento
- b. Objeto fijo**
- ✓ Obstrucción sobre la vía o cerca de la vía
  - ✓ Iluminación inadecuada
  - ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas o poco visibles
  - ✓ Señales verticales, delineadores o guardavías inadecuados
  - ✓ Pavimentos resbaladizos
  - ✓ Diseño geométrico de las vías inadecuado (espacio de recuperación inadecuado)
  - ✓ Velocidad excesiva
- c. En la noche**
- ✓ Poca visibilidad en la noche debido a iluminación pobre
  - ✓ Poca retrorreflectividad de las señales
  - ✓ Señales de canalización o delimitación inadecuada
  - ✓ Velocidad excesiva
  - ✓ Distancia de la visibilidad inadecuada
- d. Pavimento húmedo**
- ✓ Diseño del pavimento (permeabilidad, drenaje)

- ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
- ✓ Mantenimiento Inadecuado
- ✓ Velocidad excesiva

**e. Choque frontal**

- ✓ Geometría de la vía inadecuada
- ✓ Bermas inadecuadas
- ✓ Velocidad excesiva
- ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
- ✓ Señalización vertical inadecuada

**f. Despistes**

- ✓ Ancho de carril inadecuado
- ✓ Pavimentos resbaladizos
- ✓ Ancho del separador central inadecuado
- ✓ Mantenimiento inadecuado
- ✓ Bermas inadecuadas
- ✓ Canalización inadecuada
- ✓ Poca visibilidad
- ✓ Velocidad excesiva

**g. Puentes**

- ✓ Alineamiento de la vía y el puente
- ✓ Vía estrecha
- ✓ Visibilidad
- ✓ Altura vertical libre
- ✓ Pavimentos resbaladizos
- ✓ Superficie áspera
- ✓ Sistema de guardavías inadecuado

**B. Accidentes en intersecciones semaforizadas**

A continuación, se presentan los tipos de accidentes más comunes que ocurren en intersecciones semaforizadas y los posibles factores contribuyentes. Los factores contribuyentes mostrados pueden superponerse en varios tipos de accidentes. Esta lista no es exhaustiva y no puede ser exhaustiva debido a la variedad de condiciones locales. Los posibles factores contribuyentes para accidentes en intersecciones semaforizadas son:

**a. Ángulo recto**

- ✓ Poca visibilidad de las señales
- ✓ Tiempos semafóricos inadecuados
- ✓ Velocidad excesiva
- ✓ Pavimentos resbaladizos
- ✓ Distancia de visibilidad inadecuada
- ✓ Conductores que pasan la luz roja

- b. Alcance o lateral**
  - ✓ Velocidad inadecuada en las aproximaciones
  - ✓ Poca visibilidad de los semáforos
  - ✓ Cambios inesperados de carriles en las aproximaciones
  - ✓ Señalización vertical y horizontal inadecuada
  - ✓ Pavimentos resbaladizos
  - ✓ Velocidad excesiva
- c. Giro derecho o izquierdo**
  - ✓ Alta velocidad del tráfico en sentido contrario
  - ✓ Conflicto con peatones o bicicletas
  - ✓ Tiempos semafóricos inadecuados
  - ✓ Distancia de visibilidad inadecuada
- d. En la noche**
  - ✓ Poca visibilidad o iluminación en la noche
  - ✓ Poca retrorreflectividad de las señales
  - ✓ Canalización o delimitación inadecuada
  - ✓ Mantenimiento inadecuado
  - ✓ Velocidad excesiva
  - ✓ Distancia de visibilidad inadecuado
- e. Pavimento húmedo**
  - ✓ Pavimento resbaladizo
  - ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
  - ✓ Mantenimiento inadecuado
  - ✓ Velocidad excesiva
- f. Atropellos**
  - ✓ Tiempo inadecuado para el cruce
  - ✓ Falta de cruceo peatonal
  - ✓ Falta de semáforo peatonal
  - ✓ Visibilidad limitada
  - ✓ Ubicación del cruceo peatonal
  - ✓ Falta de veredas y conectividad
  - ✓ Falta de rampas para discapacitados
  - ✓ Tiempos semafóricos inadecuados

### **C. Accidentes en intersecciones no semaforizadas**

Los tipos de accidentes más comunes ocurren en intersecciones no semaforizadas y sus factores contribuyentes pueden superponerse en varios tipos de accidentes. Esta lista no es exhaustiva y no puede ser exhaustiva debido a la variedad de condiciones locales. Los posibles factores contribuyentes para accidentes en intersecciones no semaforizadas son:

- a. Ángulo recto**

- ✓ Distancia de visibilidad restringida
  - ✓ Volúmenes altos de tráfico
  - ✓ Velocidades altas en los accesos
  - ✓ Excesivo cruce de tráfico
  - ✓ Conductores que no respetan la señal "PARE"
  - ✓ Pavimentos resbaladizos
- b. Alcance**
- ✓ Cruce de peatones
  - ✓ Conductores distraídos
  - ✓ Pavimentos resbaladizos
  - ✓ Alto número de vehículos que giran
  - ✓ Cambios de carriles inesperados
  - ✓ Carriles estrechos
  - ✓ Distancia de visibilidad restringida
  - ✓ Brecha inadecuada en el tráfico
  - ✓ Velocidad excesiva
- c. Accidentes en accesos**
- ✓ Vehículos que giran a la izquierda
  - ✓ Ubicación inadecuada del acceso
  - ✓ Vehículos que giran a la derecha
  - ✓ Alto flujo vehicular recto
  - ✓ Alto flujo vehicular en el acceso
  - ✓ Distancia de visibilidad restringida
  - ✓ Excesiva velocidad
- d. De frente**
- ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
  - ✓ Carriles estrechos
- e. Giros derecha o izquierda**
- ✓ Brechas inadecuadas en el tráfico
  - ✓ Distancia de visibilidad restringida
- f. En la noche**
- ✓ Poca visibilidad o iluminación en la noche
  - ✓ Poca retrorreflectividad de las señales
  - ✓ Canalización o delimitación inadecuada
  - ✓ Velocidad excesiva
  - ✓ Distancia de visibilidad inadecuada
- g. Pavimento húmedo**
- ✓ Pavimento resbaladizo
  - ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
  - ✓ Mantenimiento inadecuado

- ✓ Excesiva velocidad

#### **D. Accidentes en cruces a nivel con ferrocarriles**

Los posibles factores contribuyentes a accidentes comunes en cruces ferroviarios. Los posibles factores contribuyentes para cruces a nivel con ferrocarriles son:

- ✓ Distancia de visibilidad restringida
- ✓ Poca visibilidad de los dispositivos de control de tráfico
- ✓ Ausencia de semaforización interconectada.
- ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
- ✓ Superficie de cruce áspera o húmeda
- ✓ Ángulo de cruce agudo
- ✓ Tiempo de prevención semafórica inadecuado
- ✓ Velocidad excesiva
- ✓ Conductores que realizan maniobras peligrosas
- ✓ Ausencia de vallas de seguridad.

#### **E. Accidentes con peatones y ciclistas en general**

Los tipos comunes de accidentes con peatones y ciclistas y posibles factores contribuyentes son:

- ✓ Distancia de visibilidad limitada
- ✓ Segregación inadecuada entre peatones y vehículos
- ✓ Dispositivos de control de tránsito inadecuados
- ✓ Fases semafóricas inadecuadas
- ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
- ✓ Iluminación inadecuada
- ✓ Cruce a media calzada sin advertencia adecuada para los conductores
- ✓ Falta de alternativas para cruzar
- ✓ Velocidad excesiva
- ✓ Peatones en la vía
- ✓ Distancia excesiva al cruce peatonal más cercano
- ✓ Vereda demasiado cerca de la carretera
- ✓ Cruce escolar sin la señalización adecuada

Los siguientes son factores contribuyentes a accidentes con ciclistas:

- ✓ Distancia de visibilidad limitada
- ✓ Señalización inadecuada
- ✓ Marcas en el pavimento inadecuadas
- ✓ Iluminación inadecuada
- ✓ Velocidad excesiva
- ✓ Bicicletas en la vía sin las condiciones adecuadas para el uso mixto
- ✓ Ciclovías demasiado cercanas a la carretera
- ✓ Carriles de ciclovías estrechos

- ✓ Falta de segregación entre el flujo vehicular y los ciclistas

#### **5.4.4 SELECCIÓN DE LAS MEDIDAS MITIGADORAS**

Existen tres pasos principales para seleccionar una o más medidas mitigadoras:

- 1) Identificar factores contribuyentes a las causas de las accidentes.
- 2) Identificar medidas mitigadoras que se contrapongan a estos factores contribuyentes.
- 3) Realizar el análisis beneficio-costos para seleccionar una medida adecuada

Existe información sobre el efecto de diferentes contramedidas, estos son Factores de Modificación de Accidentes (FMCs) que se encuentran en la página web de la Federal Highway Administration (FHWA) de Estados Unidos o en la Parte D del Highway Safety Manual 2010 publicado por AASHTO. En esta página web se encontrarán miles de FMCs que podrán ser buscados y seleccionados con facilidad. Los FMCs representan los cambios estimados en la frecuencia de accidentes con la implementación de una determinada contramedida. En la actualidad no existen FMCs desarrollados en Perú. Un valor del FMC menor a 1.0 indica que la contramedida causa una reducción en los accidentes. Por ejemplo, cambiar una intersección no semaforizada de cuatro ingresos por una rotonda en un ámbito urbano tiene un FMC de 0.61. Esto indica que el promedio esperado de la frecuencia de accidentes se reducirá en 39% después de modificar el diseño de la intersección.

Algunas medidas pueden tener diferentes efectos sobre diferentes tipos de accidentes o severidad. Por ejemplo, la instalación de un semáforo en una zona rural, donde la intersección actual es controlada por un "PARE" tiene un FMC de 1.58 para accidentes por alcance y un FMC de 0.40 para accidentes de giro izquierda. Esto sugiere que la contramedida indicada puede incrementar los accidentes por alcance en 58% pero al mismo tiempo reducir los accidentes de giro izquierda en 60%.

En algunos casos un factor contribuyente específico puede no ser fácilmente identificable, incluso cuando existe un patrón de accidentes predominante en un lugar. En estos casos, las condiciones flujo arriba o abajo del lugar estudiado pueden ser evaluadas para determinar si hay alguna influencia sobre el lugar analizado.

### **5.5 PASO 4: PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS**

#### **5.5.1 INTRODUCCIÓN**

El PASO 4 presenta métodos para priorizar proyectos de medidas mitigadoras. Antes de realizar la priorización, de una o más medidas son identificadas para su implementación en un determinado lugar y cada una de estas presenta una evaluación económica. Cada medida que es económicamente justificada será incluida en el proceso de priorización de proyectos descritos en este paso. La siguiente figura presenta una visión general del proceso de administración de la seguridad vial en general y la ubicación de este capítulo dentro de dicho proceso.

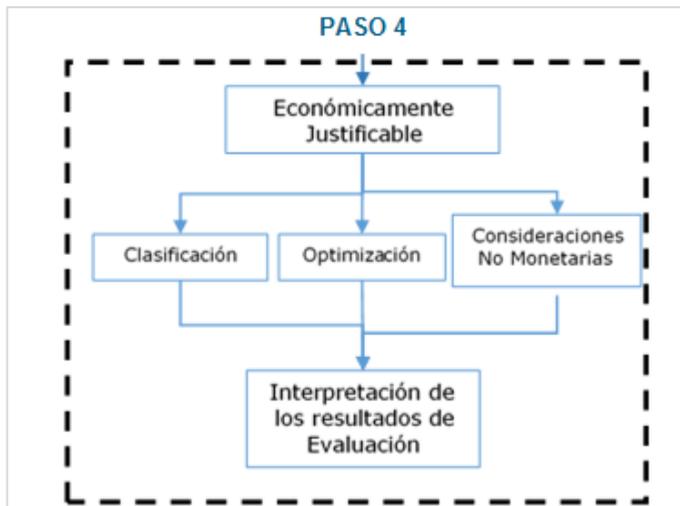
Figura 77. Proceso de Administración de la Seguridad Vial



En el MSV, el término “priorización” se refiere a la revisión de posibles medidas mitigadoras y el desarrollo de una lista ordenada de proyectos en base a los resultados de una jerarquización. La “clasificación” se refiere a la elaboración de una lista ordenada de proyectos en base a factores específicos o un análisis costo/beneficio. La “optimización” describe el proceso mediante el cual un conjunto de proyectos son seleccionados con el objetivo de maximizar los beneficios en base al presupuesto u otras restricciones.

Los métodos de priorización presentados en este paso son aplicables principalmente para optimizar un sistema vial, también pueden ser aplicables para comparar alternativas de mejora en un lugar específico. La siguiente figura presenta una visión general del proceso de priorización de proyectos.

Figura 78. Proceso de Priorización de Proyectos



### 5.5.2 MÉTODOS DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS

Los tres métodos de priorización presentados en este paso son:

- a) Según la medida de efectividad económica.
- b) Según un análisis de beneficio-costo incremental
- c) Según el método de optimización

Los métodos de clasificación según la medida de efectividad económica o según el análisis de beneficio-costo incremental generan una lista jerarquizada de proyectos en base a un criterio elegido. El método de optimización, ya sea mediante una programación lineal, integral o dinámica, resulta en una priorización de proyectos consistente con el análisis de beneficio-costo incremental, pero toma en cuenta el impacto de las limitaciones presupuestarias al crear un conjunto de proyectos optimizados. Los efectos de consideraciones no monetarias pueden también ser incluidos en este proceso de clasificación.

Un concepto general de cada método de priorización es presentado en las siguientes secciones. Programas de computación son necesarios para el uso eficaz y eficiente de estos métodos, debido a su complejidad. Por esta razón, este Paso no incluye un procedimiento paso a paso para cada método pero si se presentan las referencias donde se describe su aplicación en mayor detalle.

#### **F. Método de clasificación según la medida de efectividad económica.**

El método más simple para establecer la prioridad de proyectos consiste de una clasificación mediante las siguientes medidas:

- ✓ Costos del proyecto,
- ✓ Valor monetario de los beneficios del proyecto,
- ✓ Número de accidentes totales reducidas,
- ✓ Número de accidentes fatales y con lesiones graves reducidas,
- ✓ Número de accidentes fatales y con lesiones leves reducidas,
- ✓ Índice de costo efectividad y
- ✓ Valor Neto Actual

La clasificación final se basa en una o más de las medidas presentadas líneas arriba. Sin embargo debe considerarse que estas medidas no consideran restricciones tales como limitaciones presupuestarias u otros elementos que compiten entre sí.

#### **G. Método de clasificación según el análisis de beneficio-costo incremental**

Este análisis es una extensión del método de relación beneficio-costo (RBC) presentado en el paso 4. Los siguientes pasos describen el método en su forma más simple:

- Evaluación de la relación beneficio-costo de cada proyecto.
- Organizar proyectos con un RBC mayor que 1.0 en orden ascendente en base a su costo estimado. El proyecto con el menor costo se coloca primero.
- Comenzando en la parte superior de la lista, calcular la diferencia de beneficios entre el primer y segundo proyecto, similarmente calcular la diferencia entre el costo del primer y segundo proyecto. Estas diferencias son usadas para calcular la RBC de la inversión incremental.

- Si el RBC de la inversión incremental es mayor que 1.0, el proyecto con el mayor costo es comparado con el siguiente proyecto en la lista y si es menor que 1.0, el proyecto con menor costo es comparado con el siguiente proyecto de la lista.
- Repetir este proceso. El proyecto seleccionado en el último emparejamiento es considerado como la mejor inversión económica.

Para producir una clasificación completa, este proceso se repite iterativamente eliminando en cada iteración el proyecto más rentable hasta que la clasificación de todos los proyectos este completa. Pueden existir situaciones en las que se obtiene un RBC igual a cero (proyectos con el mismo costo). En estas situaciones se selecciona el proyecto con el mayor beneficio. Este proceso puede realizarse a mano o con el uso de software especializado.

## H. Método de Optimización

Este método es usado para identificar un conjunto de proyectos que maximizarán los beneficios dentro de un presupuesto fijo y otras restricciones. Este método puede ser usado para priorizar proyectos de toda o parte de la red vial.

Se asume que todos los proyectos evaluados con este método se analizaron con anticipación y se encontraron económicamente viables. (Los beneficios del proyecto son mayores que los costos del proyecto). El método elegido para aplicar la optimización dependerá de dos factores:

- La necesidad de considerar restricciones presupuestarias y/o otras restricciones, dentro de la priorización y
- El tipo de software disponible, que podría ser tan simple como una hoja de cálculo o tan complejo como un software especializado.

### Métodos Básicos de Optimización

Existen tres métodos específicos de optimización para la priorización de proyectos de seguridad vial, estos son:

- Optimización mediante programación lineal
- Optimización mediante programación integral
- Optimización mediante programación dinámica

Cada uno de estos métodos utiliza una técnica matemática para identificar una combinación optima de proyectos dentro de las limitaciones establecidas por el analista (tales como limitaciones presupuestarias).

## I. Asignación de Recursos Considerando Múltiples Objetivos

Los métodos de optimización y clasificación discutidos anteriormente son todos directamente aplicables para proyectos de optimización donde la reducción de accidentes es el único objetivo. Ahora bien, en muchas de las decisiones relacionadas con proyectos de mejora de carreteras, la reducción de accidentes es solo uno de muchos factores a considerarse en la toma de decisiones.

Una clase de algoritmo de toma de decisiones conocido como asignación de recursos considerando múltiples objetivos puede servir para cuantificar el valor de cada objetivo a considerarse. Este método sirve inclusive cuando se tienen objetivos con unidades diferentes. Por ejemplo estos algoritmos pueden considerar al mismo

tiempo la reducción de accidentes, reducción de la demora vehicular, calidad del aire y reducción del nivel del ruido. Es así que este método puede servir para clasificar proyectos considerando objetivos no monetarios.

Todos estos métodos de asignación requieren que el usuario asigne un peso ponderado a cada objetivo considerado y evaluado. Estos pesos son considerados durante la optimización.

Ejemplos de métodos de asignación de recursos considerando múltiples objetivos incluyen el Interactive Multi-objective Resource Allocation (IMRA) y Multicriteria Cost-Benefit Analysis (MCCBA).

### **5.5.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE PRIORIZACIÓN**

Los resultados producidos por estos métodos de priorización pueden ser incorporados dentro del proceso de la toma de decisiones, pero no necesariamente serán los definitivos. Estos resultados son influenciados por una variedad de factores, incluyendo:

- La asignación y cálculo de los beneficios y costos,
- Como se cuantificaron los costos y beneficios,
- Vida útil de los proyectos evaluados,
- Tasa de descuento (Tasa Mínima de Retorno),
- Intervalo de confianza asociado con los cambios previstos en la frecuencia de accidentes.

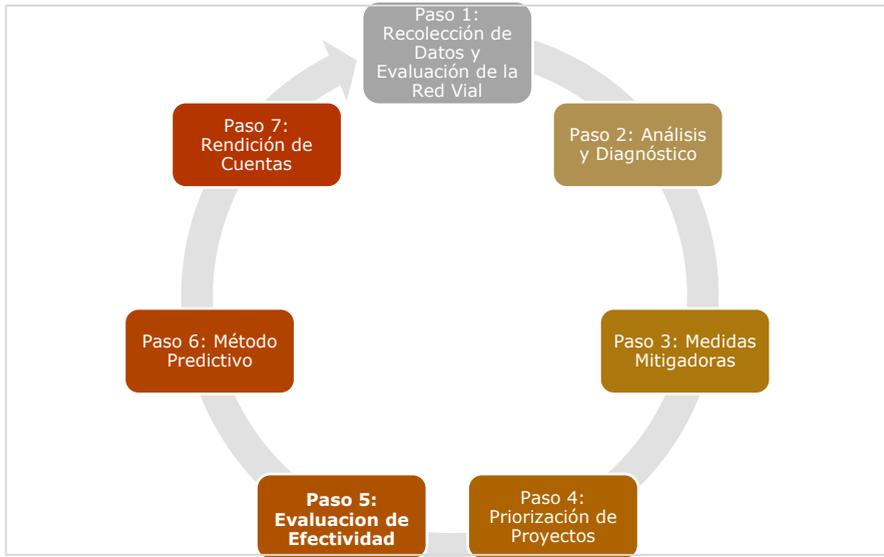
Estos factores pueden influir en la asignación final de los recursos económicos a través del criterio de toma de decisiones mediante una asignación de recursos considerando múltiples objetivos. Al igual que en muchos análisis de ingeniería, si el proceso de priorización no revela una decisión clara, se puede llevar a cabo un análisis de sensibilidad para determinar el beneficio incremental de las diferentes alternativas.

## **5.6 PASO 5: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD**

### **5.6.1 INTRODUCCIÓN**

La evaluación posterior de accidentes es un paso fundamental del proceso de gestión de seguridad vial (Ver la siguiente figura). La evaluación de efectividad permite determinar la variación en la frecuencia o severidad de accidentes debido a un proyecto o conjunto de proyectos. Este Paso también permite identificar contramedidas con alto impacto al igual que permite identificar contramedidas que no cumplen con los objetivos esperados. La información que se obtiene a través de este Paso permite el desarrollo de Factores de Modificación de Accidentes (FMCs), determinar la efectividad de la inversión pública y permite la formulación de políticas para la construcción de vías más seguras a futuro. Este Paso también ayuda a que la comunidad científica se integre a la seguridad vial y pueda investigar la data de accidentes antes y después de una contramedida para cuantificar su efectividad, de esta forma permitiendo desarrollar FMCs que se ajustan a la realidad nacional, que sean más confiables, resultando en vías más seguras.

Figura 79. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



### 5.6.2 OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN POSTERIOR

El objetivo de este capítulo es documentar y analizar los diversos métodos para evaluar la efectividad de una contramedida, conjunto de contramedidas, proyecto individual o conjunto de proyectos, después de implementarse mejoras para reducir la frecuencia o gravedad de los accidentes. Este capítulo ofrece una introducción de los métodos que pueden ser utilizados, destacando los métodos más apropiados para diferentes situaciones.

### 5.6.3 EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LA SEGURIDAD VIAL – DEFINICIÓN Y PROPÓSITO

Consiste en desarrollar estimaciones cuantitativas del efecto que tuvo un proyecto o un grupo de proyectos sobre la frecuencia o gravedad de los accidentes. La estimación de la efectividad de un proyecto es valiosa para la toma de decisiones futuras sobre la seguridad y el desarrollo de políticas de infraestructura.

La evaluación de efectividad puede incluir:

- La evaluación de un solo proyecto, en un lugar específico, para documentar la efectividad de ese proyecto específico.
- La evaluación de un grupo de proyectos similares, para documentar la efectividad de ese grupo de proyectos.
- La evaluación de un grupo de proyectos similares con el propósito de cuantificar un FMC para una medida mitigadora.
- La evaluación de la efectividad de proyectos específicos comparados con sus costos.

Estos métodos se pueden utilizar para evaluar políticas a nivel de toda la red vial (por ejemplo fiscalización automatizada de velocidades) para determinar su efectividad en lograr una reducción de accidentes o su gravedad.

La siguiente sección presenta un resumen de los diferentes estudios que se pueden realizar para evaluar la efectividad.

#### 5.6.4 MÉTODOS Y DISEÑOS DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN POSTERIOR

Para evaluar la efectividad, una medida debió ser aplicada en al menos un lugar pero preferiblemente en varios lugares. La selección del tipo de estudio apropiado para medir la efectividad depende del tipo del proyecto, los lugares donde se aplicaron las medidas y la cantidad de data (años de data) disponible para dichos lugares (o que será disponible en el futuro). La evaluación es más compleja que una simple comparación entre frecuencia pasada y futura de accidentes porque debe considerarse el cambio en la frecuencia de accidentes que se hubiera producido en los lugares evaluados, entre los tiempos pasados y futuros, si es que el proyecto no se hubiera implementado. Muchos factores cambian con el tiempo, afectando la frecuencia de accidentes, tales como el volumen de tráfico, clima, comportamiento del conductor, entre otros. Por esta razón se debe considerar el uso de lugares similares sin el proyecto para una comparación relativa de la efectividad. Esta información puede obtenerse mediante la recopilación de datos en los lugares similares o mediante el uso de fórmulas de predicción siempre que estas sean aplicables a la geometría evaluada.

La siguiente tabla presenta un esquema genérico que se utilizará a lo largo de este capítulo para explicar los diversos diseños de estudios que se pueden utilizar en la evaluación de la efectividad de la seguridad vial. Como indica el esquema, los estudios suelen utilizar datos (accidentes y el volumen de tráfico) para ambos lugares donde se implementaron las mejoras y lugares donde no se implementaron las mejoras, para periodos de tiempo antes y después de la implementación de mejoras. Pese a que los lugares donde no se implementaron mejoras no recibieron una contramedida, es necesario saber la variación en la frecuencia y severidad de accidentes para poder realizar una comparación objetiva, es decir para tener una base de comparación.

Tabla 38. Esquema Genérico para Estudios de Evaluación de la Efectividad

| Tipo de Lugar       | Data de Accidentes Antes de las Mejoras | Data de Accidentes Después de las Mejoras |
|---------------------|---|---|
| Lugares con mejoras | X                                       | X   |
| Lugares sin mejoras | X                                       | X   |

Existen tres diseños básicos para estudios de evaluación de efectividad. Estos son:

- Estudios Observacionales Antes/Después
- Estudios Observacionales Comparativos Paralelos
- Estudios Experimentales

Los estudios observacionales se pueden realizar después de la implementación de cualquier contramedida. Los estudios experimentales se realizan aplicando contramedidas específicamente para evaluar su efectividad, por lo cual estos segundos tipos de estudios (experimentales) son menos comunes.

#### J. Estudios Observacionales Antes/Después

Este es el diseño más común para estudios de efectividad. Este diseño de estudio requiere data de frecuencia de accidentes y volúmenes de tráfico tanto en los lugares

donde se aplicaron mejoras, como aquellos donde no se aplicaron mejoras, antes y después de la aplicación de mejoras (mínimo 3 años antes y 3 años después). Si se realiza esta evaluación sin evaluar lugares sin mejoras, se denomina a este tipo de estudio una comparación simple que no considera el fenómeno de regresión a la media y la variación natural en la frecuencia de los accidentes. Los estudios de comparación simple no son recomendados dado su bajo nivel de confiabilidad. La siguiente tabla detalla este diseño de estudio.

*Tabla 39.* Estudios Observacionales Antes/Después – Requisitos de Data

| Tipo de Lugar       | Data de Accidentes Antes de las Mejoras | Data de Accidentes Después de las Mejoras |
|---------------------|---|---|
| Lugares con mejoras | X                                       | X   |
| Lugares sin mejoras | X                                       | X   |

### **K. Estudios Observacionales Comparativos Paralelos**

Existen situaciones en las que el diseño anterior (Estudios Observacionales Antes/Después) no son viables, particularmente cuando:

- Fecha de construcción de la mitigación no está disponible
- No existe data de accidentes o volúmenes vehiculares antes de la mitigación para el lugar estudiado

En estas situaciones se puede utilizar el diseño de Estudios Observacionales Comparativos Paralelos. Bajo este método se comparan lugares similares que difieren únicamente en la mitigación aplicada. Se compara la frecuencia de accidentes en el lugar donde se aplicó la mitigación con el historial de un lugar similar que difiere únicamente en dicha mitigación (no contiene dicha mitigación).

Nótese que este tipo de estudio no contempla la regresión a la media y está sujeto a errores debido a la variación natural de las accidentes en el tiempo. Sin embargo es aceptable cuando no existe suficiente data como para aplicar el diseño anterior (Estudios Observacionales Antes/Después), en la siguiente tabla se detalla el diseño de estudio.

*Tabla 40.* Estudios Observacionales Comparativos Paralelos

| Tipo de Lugar       | Data de Accidentes Antes de las Mejoras | Data de Accidentes Después de las Mejoras |
|---------------------|---|---|
| Lugares con mejoras |   | X   |
| Lugares sin mejoras | X                                       |   |

### **L. Estudios Experimentales**

Estos estudios se realizan asignando una medida experimental a un lugar o grupo de lugares, recolectando la data antes de la contramedida y recolectando la data después de la contramedida. Posteriormente se compara el efecto de la contramedida. Nótese que para que un estudio experimental sea verdaderamente válido se deben asignar las contramedidas a un grupo de lugares al azar. La siguiente tabla detalla este diseño de estudio.

**Tabla 41.** Estudios Observacionales Comparativos Paralelos

| Tipo de Lugar       | Data de Accidentes Antes de las Mejoras | Data de Accidentes Después de las Mejoras |
|---------------------|---|---|
| Lugares con mejoras | X                                       | X   |
| Lugares sin mejoras |   |   |

### 5.6.5 EVALUACIÓN POSTERIOR DE UN PROYECTO ESPECÍFICO

Un estudio observacional antes/después puede ser realizado para un proyecto aislado en un sitio específico para determinar la efectividad del proyecto en reducir la frecuencia o gravedad de los accidentes. Los resultados de dichas evaluaciones, incluso para un solo lugar, pueden ser de interés ya que brindan una idea de la efectividad de una contramedida. Sin embargo, el resultado de la evaluación de un solo lugar no será muy preciso estadísticamente.

### 5.6.6 EVALUACIÓN POSTERIOR DE UN GRUPO DE PROYECTOS SIMILARES

Un estudio observacional antes/después puede ser realizado para un grupo de proyectos similares para determinar la efectividad en reducción de la frecuencia o gravedad de los accidentes. Se deben evaluar entre 10 y 20 lugares para obtener resultados estadísticamente significativos. Si bien este es el número mínimo de lugares que se presenta como una guía general, el número real de lugares necesarios para obtener resultados estadísticamente válidos puede variar ampliamente en función de la magnitud de la reducción de accidentes y la variabilidad de esta magnitud del lugar a lugar.

### 5.6.7 CUANTIFICACIÓN DE LOS FMCs COMO RESULTADO DE LA EVALUACIÓN POSTERIOR

El paso más importante de la evaluación posterior es la cuantificación de los factores de modificación de accidentes (FMCs) para una determinada medida de mitigación. La relación entre el FMC y los resultados de la evaluación posterior se da mediante la relación  $FMC = 1 - (\text{Efectividad en porcentaje})$ . Es decir si una medida mitigadora genera un 30% de reducción de accidentes, el  $FMC = 1 - 0.30 = 0.70$ .

Cualquier método y diseño de estudio presentado en esta sección se puede aplicar para cuantificar el valor de los FMCs. Como se ha señalado anteriormente, se necesitan por lo menos de 10 a 20 lugares para obtener resultados estadísticamente significativos. Este valor se calcula mediante la siguiente relación:

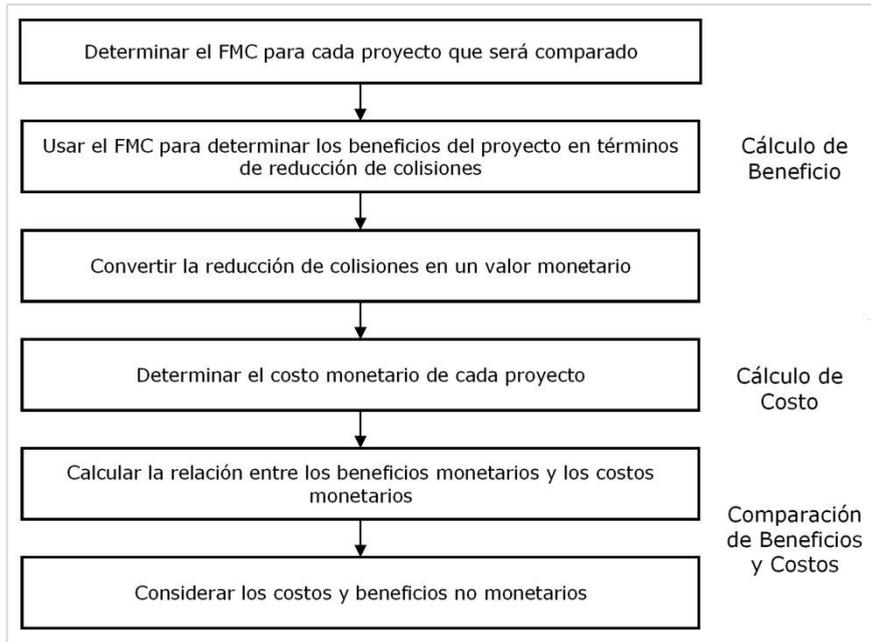
Ecuación N° 13. Desarrollo de Factor de Modificación de Accidentes

$$FMC = \frac{\text{Colisiones antes de la contramedida}}{\text{Colisiones despues de la contramedida}}$$

### 5.6.8 EVALUACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DE PROYECTOS IMPLEMENTADOS

Para comparar los beneficios de la reducción de accidentes, el primer paso es determinar un FMC para los proyectos, tal como se describió en la sección anterior. Los procedimientos de análisis económico se aplican luego para cuantificar los beneficios en términos monetarios, utilizando el FMC y comparando los beneficios y costos de los proyectos ejecutados. La siguiente figura presenta una descripción gráfica de este procedimiento.

**Figura 80.** Información General de la Comparación de Costos y Beneficios de Proyectos Implementados



## 5.7 PASO 6: MÉTODO PREDICTIVO

### 5.7.1 INTRODUCCIÓN

Este método sirve para predecir la frecuencia promedio esperada de accidentes (incluyendo el nivel de gravedad y los tipos de accidentes) en una vía. Debido a su característica predictiva, se puede estimar la frecuencia de accidentes pasadas, existentes, e inclusive predecir accidentes en vialidad que aún no ha sido construida (alternativas de diseño propuestas a futuro). El método predictivo consiste de fórmulas empíricas (i.e. formulas aprendidas por la experiencia) que tienen como variables el volumen de tráfico y diversas características de diseño geométrico de una vía.

Este método permite evaluar cuantitativamente el impacto sobre la seguridad vial de cualquier proyecto de infraestructura vial, inclusive proyectos aun no construidos que por lógica aun no tienen historial de accidentes. Esto permite cuantificar monetariamente el impacto de un determinado proyecto lo cual a su vez se utiliza para priorizar los proyectos que sean más rentables desde el punto de vista de la seguridad vial.

En la actualidad existen fórmulas predictivas desarrolladas con data de Estados Unidos para los siguientes tipos de vías.

- Vías Rurales con Dos Carriles
- Vías Rurales con Múltiples Carriles
- Vías Urbanas
- Autopistas (Vías Expresas)

Estas fórmulas se adoptaron del Highway Safety Manual publicado por AASHTO en el año 2010. La siguiente figura presenta el rol del método predictivo dentro el proceso de gestión de la seguridad vial, sin embargo su aplicación se realiza conjuntamente con los PASOS 3, 4, y 5 ya que facilita la selección y evaluación económica de cualquier proyecto o medida de mitigación.

Figura 81. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



### 5.7.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO

El método predictivo en su formato más básico se presenta en la fórmula que se muestra a continuación. Esta fórmula se conoce como una Función de Predicción de Accidentes (FPC). Como se puede observar el  $N_{esperado}$  representa la predicción del número de accidentes es decir el resultado final. El  $N_{fpcx}$  representa una predicción inicial de la frecuencia de accidentes para una determinada vía utilizando únicamente el volumen vehicular como variable. Esta predicción inicial luego tiene que ser ajustada a condiciones locales. Este ajuste se hace mediante los llamados factores de modificación de accidentes (FMCs). Estos factores permiten ajustar la predicción básica a condiciones locales. Dado que la predicción básica solo tiene el volumen vehicular como variable, los FMCs ajustan este valor en base a características más específicas de la vía tales como ancho de carril, número de carriles, tipo de berma, presencia de iluminación, entre muchas otras variables más. Finalmente la formula tiene un factor de calibración ( $C_x$ ) que se usa para ajustar la formula predictiva en base a una calibración realizada para condiciones locales dado que dichas formulas fueron desarrolladas para condiciones foráneas y requieren un factor de calibración a condiciones locales.

Ecuación N° 14. Formato Básico del Método Predictivo

$$N_{esperado} = N_{fpcx} * (FMC_{1x} * FMC_{2x} * ... * FMC_{yx}) * C_x$$

Donde:

- $N_{esperado}$  = Predicción de la frecuencia promedio de accidentes para un determinado lugar por "x" años
- $N_{fpc\ x}$  = Predicción de la frecuencia promedio de accidentes para condiciones básicas en un lugar "x"
- $FM C_{2x}$  = Factores de modificaciones de accidentes específicas para las FPC en un lugar "x"
- $C_x$  = Factor de calibración para ajustar las FPC a condiciones locales para un lugar "x"

Cuando se tienen accidentes observados, el Método Empírico de Bayes (EB) se puede aplicar dentro del método predictivo para combinar el número de accidentes observados con el número de accidentes calculados con una FPC. Es decir se combina  $N_{esperado}$ , con la frecuencia de accidentes observados en campo,  $N_{observadas}$ . Esto permite obtener una predicción del número de accidentes más confiable. Se aplica un promedio ponderado a las dos estimaciones que refleja la confianza estadística de la FPC. El Método EB se aplica sólo cuando se dispone de datos de accidentes observados en campo a la vez que una FPC.

Las ventajas del método predictivo son:

- El método se basa en la experiencia cuantitativa por lo tanto se pueden corregir errores antes de ser construidos.
- Este método permite ser objetivo al momento de comparar diseños o alternativas de mitigación ya que es la única forma de cuantificar el número de accidentes esperados a futuro.
- El problema de la regresión a la media (variación natural de los accidentes) se elimina con este método.

Las formulas predictivas y guía de aplicación se presentan en detalle en el AASHTO Highway Safety Manual, 2010. Lineamientos básicos de su aplicación se presentan en las siguientes secciones para:

- Vías Rurales con Dos Carriles
- Vías Rurales con Múltiples Carriles
- Vías Urbanas
- Autopistas (Vías Expresas)

### 5.7.3 FÓRMULAS PREDICTIVAS

Consiste de una metodología para estimar la frecuencia promedio de accidentes esperadas, nivel de severidad de los accidentes y tipos de accidentes según las características de una determinada vía, sea esta existente o en proyecto. En esta sección se presentarán las formulas en su estado básico, sin embargo las formulas detalladas se pueden encontrar en el AASHTO Highway Safety Manual, 2010.

#### 5.7.3.1 Vías urbanas

##### M. Generalidades

La siguiente es la ecuación general para estimar la frecuencia promedio de accidentes en zonas urbanas. Se aprecia que la ecuación es similar a la ecuación base presentada

anteriormente pero con dos variables adicionales. Estas dos variables incluyen accidentes peatonales y bicicletas.

**Ecuación N° 15. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Urbanas**

$$N_{predecida} = (N_{fpc\ x} * (FMC_{1x} * FMC_{2x} * \dots * FMC_{yx}) + N_{peax} + N_{bicx}) * C_x$$

Donde:

- $N_{esperado}$  = Frecuencia promedio de accidentes predecidas para un año específico y lugar "x"
- $N_{fpc\ x}$  = Frecuencia promedio de accidentes predecidas para condiciones básicas de la FPC en un lugar "x"
- $N_{peax}$  = Número promedio de accidentes vehículo-peatón predecidas por año para un lugar "x"
- $N_{bicx}$  = Número promedio de accidentes vehículo-bicicleta predecidas por año para un lugar "x"
- $FMC_{yx}$  = Factor de modificación de accidentes para un lugar "x" y condiciones de diseño, control de tráfico, volumen vehicular "y"
- $C_x$  = Factor de calibración para ajustar la FPC a condiciones locales "x"

**N. Funciones de Predicción de Colisiones (FPCs) – Vías Urbanas**

Las FPCs son modelos de regresión para estimar la frecuencia de accidentes promedio predecidas sobre una vía, es decir estiman el valor de una variable dependiente en función de un conjunto de variables independientes; la variable dependiente estimada es la frecuencia promedio de accidentes predecidas para una vía urbana bajo condiciones básicas y las variables independientes son los IMDs, y características físicas de la vía. El método predictivo para zonas urbanas consiste de predecir cinco tipos de accidentes. La predicción final es la suma de estas cinco. Cada tipo de colisión se calcula con una formula predictiva independiente. El siguiente cuadro presenta un resumen de las formulas predictivas y los tipos de accidentes que se calculan. Mayor detalle sobre este método se encuentra en el Capítulo 12 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010.

*Tabla 42. Funciones de Predicción de Accidentes en Vías Urbanas*

| <b>Fórmula Predictiva</b> | <b>Tipos de Accidentes</b>                                |
|---------------------------|---|
| 1                         | Accidentes de múltiples vehículos                         |
| 2                         | Accidentes de un solo vehículo                            |
| 3                         | Accidentes de múltiples vehículos relacionadas a las vías |
| 4                         | Colisión vehículo-peatón                                  |
| 5                         | Colisión vehículo-bicicleta                               |

Adicionalmente el método predictivo permite el cálculo para tres tipos de vías urbanas: vías urbanas no divididas de dos carriles (2N), vías urbanas no divididas de cuatro carriles (4N) y vías urbanas divididas con cuatro carriles (incluyendo una mediana elevada o deprimida) (4D).

## O. Factores de Modificación de Accidentes

Los factores de Modificación de Accidentes (FMCs) son usados para ajustar las frecuencias de accidentes estimadas con las FPC. Los FMCs disponibles para vías urbanas se presentan en la siguiente tabla. Estos factores se multiplican por las FPCs para calcular una predicción final de los accidentes.

Tabla 43. FMCs y los Correspondientes FPCs

| FMC               | Descripción                                |
|-------------------|--|
| FMC <sub>1v</sub> | Estacionamiento en la vía                  |
| FMC <sub>2v</sub> | Objetos fijos en la vía                    |
| FMC <sub>3v</sub> | Ancho de la mediana                        |
| FMC <sub>4v</sub> | Iluminación                                |
| FMC <sub>5v</sub> | Fiscalización automatizada de la velocidad |

Adicionalmente existen fórmulas predictivas para intersecciones en vías urbanas. Estas fórmulas se pueden obtener en el Capítulo 12 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010. Debe considerarse siempre un factor de calibración a la realidad local.

### 5.7.3.2 Vías rurales de dos carriles con doble sentido de circulación

#### P. Generalidades

Este método es usado para estimar la frecuencia promedio de accidentes esperados de una vía rural de dos carriles. La estimación se realiza para un tiempo determinado (en años) durante el cual el diseño geométrico y el control del tráfico futuro no serán cambiados y el volumen del tráfico (IMD) son conocidos o pronosticados. La siguiente es la ecuación general para estimar la frecuencia promedio de accidentes predichos en una vía rural de dos carriles. Esta ecuación es similar a la que se utilizó para vías urbanas a excepción de las variables para accidentes con peatones y ciclistas.

Ecuación N° 16. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Rurales de Dos Carriles

$$N_{predicida} = N_{fpcx} * (FMC_{1x} * FMC_{2x} * \dots * FMC_{yx}) * C_x$$

Donde:

- $N_{predicida}$  = Frecuencia promedio de accidentes predichas para un año específico y un lugar "x";
- $N_{fpcx}$  = Frecuencia promedio de accidentes predichas para condiciones básicas de la FPC en un lugar "x";
- $FMC_{yx}$  = Factor de modificación de accidentes para un lugar "x" y condiciones de diseño, control de tráfico, volumen vehicular "y";
- $C_x$  = Factor de calibración para ajustar la FPC a condiciones locales "x".

#### Q. Función de Predicción de Accidentes (FPC)

Las FPCs son modelos de regresión para estimar la frecuencia de accidentes promedio predichos sobre una vía, es decir estiman el valor de una variable dependiente en función de un conjunto de variables independientes; la variable dependiente estimada es la frecuencia promedio de accidentes predichos para una vía rural de dos carriles bajo condiciones básicas y las variables independientes son los IMDs, y

características físicas de la vía. El método predictivo para vías rurales de dos carriles es simple y consiste de predecir únicamente el número total de accidentes mediante una única fórmula predictiva. Mayor detalle sobre este método se encuentra en el Capítulo 10 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010.

Las condiciones básicas para una vía rural de dos carriles con doble sentido de circulación se presentan en el siguiente cuadro. A partir de estas condiciones básicas se aplican los FMCs para determinar una predicción ajustada a condiciones locales.

*Tabla 44.* Condiciones básicas de una vía rural de doble carril por sentido

| Condiciones básicas para una vía rural de dos carriles de doble sentido |                         |
|---|-------------------------|
| Ancho de carril (AC)  | 3.60 metros             |
| Ancho de la berma (AB)  | 1.80 metros             |
| Tipo de Berma   | Pavimentada             |
| Índice de peligrosidad de la carretera (IPC)                            | 3                       |
| Densidad de la vía (DV)   | 3 accesos por kilómetro |
| Curvatura horizontal  | Ninguna                 |
| Curvatura vertical  | Ninguna                 |
| Banda sonora de la línea central  | Ninguna                 |
| Carril de pase  | Ninguna                 |
| Carriles de doble sentido con giros izquierda                           | Ninguna                 |
| Iluminación   | Ninguna                 |
| Fiscalización automatizada de velocidad                                 | Ninguna                 |
| Pendiente   | 0%                      |

La FPC antes de los ajustar a condiciones locales se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 17. Fórmula predictiva para condiciones básicas de una vía rural de dos carriles

$$N_{fpc\ vr} = IMD * L * 365 * 10^{-6} * e^{(-0.312)}$$

Donde:

$N_{fpc\ vr}$  = Frecuencia total de accidentes predecidos para condiciones básicas de la vía

$IMD$  = Volumen promedio del tráfico diario anual (vehículos por día)

$L$  = Longitud de la vía (km)

## **R. Factores de Modificación de Accidentes (FMC)**

Los factores de Modificación de Accidentes (FMCs) son usados para ajustar las frecuencias de accidentes estimadas con las FPC. Los FMCs disponibles para vías rurales de dos carriles se presentan en la siguiente tabla. Estos factores se multiplican por las FPCs para calcular una predicción final de accidentes.

**Tabla 45.** Factores de Modificación de Accidentes (FMC) para Vías Rurales de Dos Carriles

| FMC                 | Descripción   |
|---------------------|---|
| FMC <sub>1rd</sub>  | Ancho de carril   |
| FMC <sub>2rd</sub>  | Ancho y tipo de berma   |
| FMC <sub>3rd</sub>  | Curvas horizontales: distancia, radio, y presencia o ausencia de transiciones |
| FMC <sub>4rd</sub>  | Curvas horizontales: peralte  |
| FMC <sub>5rd</sub>  | Pendiente   |
| FMC <sub>6rd</sub>  | Densidad de la vía  |
| FMC <sub>7rd</sub>  | Bandas sonoras en la línea central  |
| FMC <sub>8rd</sub>  | Carril de paso  |
| FMC <sub>9rd</sub>  | Carriles de doble sentido con giro izquierda                                  |
| FMC <sub>10rd</sub> | Diseño de la vía  |
| FMC <sub>11rd</sub> | Iluminación   |
| FMC <sub>12rd</sub> | Fiscalización automatizada de velocidad                                       |

Adicionalmente existen fórmulas predictivas para intersecciones en vías rurales. Estas fórmulas se pueden obtener en el Capítulo 10 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010. Debe considerarse siempre un factor de calibración a la realidad local.

### 5.7.3.3 Vías rurales de múltiples carriles

#### S. Generalidades

Este método es usado para estimar la frecuencia promedio de accidentes esperados de una vía rural de múltiples carriles. La estimación se realiza para un tiempo determinado (en años) durante el cual el diseño geométrico y el control del tráfico futuro no serán cambiados y el volumen del tráfico (IMD) son conocidos o pronosticados. La siguiente ecuación, es la ecuación general para estimar la frecuencia promedio de accidentes predichos en una vía rural de múltiples carriles. Esta ecuación es similar a la que se utilizó para vías rurales de dos carriles.

Ecuación N° 18. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Rurales de Múltiples Carriles

$$N_{predicida} = N_{fpc\ x} * (FMC_{1x} * FMC_{2x} * \dots * FMC_{yx}) * C_x$$

Donde:

- $N_{predicida}$  = Frecuencia promedio de accidentes predichos para un año específico y un lugar "x";
- $N_{fpc\ x}$  = Frecuencia promedio de accidentes predichos para las condiciones de la FPC en un lugar "x";
- $FMC_{yx}$  = Factor de modificación de accidentes para un lugar "x" y condiciones de diseño, control de tráfico, volumen vehicular "y";
- $C_x$  = Factor de calibración para ajustar la FPC a condiciones locales "x".

## T. Función de Predicción de Accidentes

Las FPCs son modelos de regresión para estimar la frecuencia de accidentes promedio predecidos de una vía rural de múltiples carriles, es decir estiman el valor de una variable dependiente en función de un conjunto de variables independientes; la variable dependiente estimada es la frecuencia promedio de accidentes predecidas para una vía rural de múltiples carriles bajo condiciones básicas y las variables independientes son los IMDs, y características físicas de la vía. El método predictivo para vías rurales de múltiples carriles es levemente más compleja que el método para vías de dos carriles y consiste de predecir únicamente el número total de accidentes mediante dos fórmulas predictivas, una para vías sin separador central y otra para vías con separador central. Mayor detalle sobre este método se encuentra en el Capítulo 11 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010.

La FPC para vías rurales de múltiples carriles antes de ajustar a condiciones locales se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 19. Fórmula predictiva para condiciones básicas de una vía rural de múltiples carriles

$$N_{fpc\ r} = e^{(a+b \cdot \ln(IMD)+\ln(L))}$$

Donde:

- $N_{fpc\ r}$  = Frecuencia promedio de accidentes esperadas por condiciones básicas de la vía;
- $IMD$  = Volumen promedio del tráfico diario anual (vehículos por día);
- $L$  = Longitud de la vía (km);
- $a, b$  = Coeficientes de regresión, diferentes para vías divididas y no-divididas

Las condiciones básicas de la FPC para vías rurales de múltiples carriles se presentan en la siguiente Tabla 46.

Tabla 46. Condiciones básicas para vías rurales de múltiples carriles

|  | Vías Divididas | Vías sin División |
|--|----------------|-------------------|
| Ancho de carril (AC)                       | 3.60 metros    | 3.60 metros       |
| Ancho de berma derecha                     | 2.40 metros    | 1.80 metros       |
| Tipo de berma                              | pavimentada    | pavimentada       |
| Ancho del separador central                | 9.00 metros    |                   |
| Iluminación                                | Ninguna        | Ninguna           |
| Fiscalización automatizada de la velocidad | Ninguna        | Ninguna           |

## U. Factores de Modificación de Accidentes

Los factores de Modificación de Accidentes (FMCs) son usados para ajustar las frecuencias de accidentes estimadas con las FPC. Los FMCs disponibles para vías rurales de múltiples carriles se presentan en la siguiente tabla. Estos factores se multiplican por las FPCs para calcular una predicción final de accidentes.

**Tabla 47.** Factores de Modificación de Accidentes par Vías Rurales de Múltiples Carriles

| FPC                       | FMC                 | FMC - Descripción                       |
|---------------------------|---------------------|---|
| Vías Rurales No Divididas | FMC <sub>1rmn</sub> | Ancho de carril                         |
|                           | FMC <sub>2rmn</sub> | Ancho y tipo de berma                   |
|                           | FMC <sub>3rmn</sub> | Pendientes laterales                    |
|                           | FMC <sub>4rmn</sub> | Iluminación                             |
|                           | FMC <sub>5rmn</sub> | Fiscalización automatizada de velocidad |
| Vías Rurales Divididas    | FMC <sub>1rmd</sub> | Ancho de carril                         |
|                           | FMC <sub>2rmd</sub> | Ancho de berma derecha                  |
|                           | FMC <sub>3rmd</sub> | Ancho de mediana                        |
|                           | FMC <sub>4rmd</sub> | Iluminación                             |
|                           | FMC <sub>5rmd</sub> | Fiscalización automatizada de velocidad |

#### 5.7.4 FACTORES DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES EN EL MÉTODO PREDICTIVO

Los FMCs se utilizan para ajustar la frecuencia promedio esperada de accidentes en base a características propias de una vía. La siguiente formula muestra cómo se calcula un FMC para una determinada contramedida entre una condición inicial "a" y una condicon final "b".

Ecuación N° 20. Factor de modificación de colisiones y/o accidentes

$$FMC = \frac{\text{Frecuencia promedio de colisiones en condción "b"}}{\text{Frecuencia promedio de colisiones en condción "a"}}$$

Los FMCs que se utilizan en el método predictivo han sido estudiados y desarrollados conjuntamente con las formulas predictivas. Es por eso que en el AASHTO Highway Safety Manual, 2010, los FMCs correspondientes a cada formula predictiva se proporcionan al analista dentro de los respectivos capítulos (Capítulos 10, 11 y 12). Estos FMCs representan el cambio porcentual de accidentes que se espera al aplicarse una contramedida o al considerar alguna característica física de la vía. La relación entre los FMC y el cambio porcentual de la frecuencia de accidentes se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación N° 21. Relación entre un FMC y el cambio porcentual de accidentes

$$\text{Porcentaje de Reducción de colisiones} = 100\% * (1.00 - FMC)$$

Por ejemplo:

- Si un FMC=0.90, entonces el cambio esperado porcentual es  $100\% * (1 - 0.90) = 10\%$ , lo que indica un cambio del 10% en la frecuencia promedio esperada de accidentes.
- Si un CMF=1.20, entonces el cambio esperado porcentual es  $100\% * (1 - 1.20) = -20\%$ , lo que indica un cambio del -20% en la frecuencia promedio esperada de accidentes.

#### 5.7.5 CALIBRACIÓN DE FÓRMULAS PREDICTIVAS PARA CONDICIONES LOCALES

Los modelos predictivos de los Capítulos 10, 11 y 12 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010 presentan tres elementos básicos: las funciones de predicción de

accidentes, los factores de modificación de accidentes, y los factores de calibración. Las FPC se desarrollaron como parte de la investigación hecha en los Estados Unidos. Por este motivo se deben utilizar siempre factores de calibración que ajusten las FPCs a la realidad local. Estos factores de calibración deberían desarrollarse comparando la capacidad predictiva de las formulas y las frecuencias reales de la accidentalidad en el país.

Estos factores de calibración resultaran mayores que 1.0 para una determinada vía, si el resultado de la comparación arroja un mayor número de accidentes observados que el valor de la formula predictiva. Igualmente el valor será menor a 1.0 si los accidentes observadas son menos que los valores obtenidos con las formulas predictivas. En la actualidad, no se han desarrollado factores de calibración para el Perú.

### **5.7.6 LIMITACIONES DEL MÉTODO PREDICTIVO**

El método predictivo se basa sobre estudios de investigación donde hubo suficiente data disponible para describir las características geométricas de una vía, y al mismo tiempo data de accidentes. Lógicamente no existe data para todos los tipos de vías existentes ni todos los tipos de diseños, por lo tanto no existen modelos predictivos para todos los tipos de vías y se considera el método predictivo una ciencia en evolución.

Debe notarse que la ausencia de una formula predictiva o factor de modificación de accidentes no significa necesariamente que una característica de diseño geométrico o control de tráfico no tenga ningún efecto sobre la frecuencia de accidentes; puede simplemente indicar que el efecto no se conoce totalmente o no se ha cuantificado en este momento.

Otra limitación es que el método predictivo trata los efectos de las características de diseño geométrico y control de tráfico como independientes entre sí e ignora las posibles interacciones entre ellos. Es probable que existan tales interacciones, e idealmente, deberían tenerse en cuenta dentro del método predictivo. En la actualidad, estas interacciones no se entienden completamente y son difíciles de cuantificar.

## **5.8 PASO 7: RENDICIÓN DE CUENTAS**

El proceso de rendición de cuentas es un paso fundamental y final después de haber completado los seis pasos previos. Este paso permite a las entidades responsables continuar el círculo virtuoso del proceso de Gestión de la seguridad Vial (Véase la siguiente figura). Al implementar una contramedida, que puede consistir de un proyecto completo o simplemente una medida puntual, es necesario que se evalúe la efectividad de la misma. De esta forma se enriquece el conocimiento para aplicar o no dicha medida en otras zonas del país con problemas similares. Por ejemplo, si se determina que ciclovías próximas a un carril convencional vehicular generan mayor número de accidentes que una vía sin ciclovías, necesariamente se tendrá que considerar esto al momento de diseñar una vía o durante el desarrollo de normativas correspondientes. Esta información debe ser proporcionada a la entidad contratante para poder desarrollar FMCs y FPCs.

### **5.8.1 ENTIDADES RESPONSABLES**

Las entidades responsables de la seguridad vial en el Perú son el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y las entidades vinculantes. Estas entidades tienen la necesidad de conocer los resultados de las evaluaciones posteriores y la efectividad

de una contramedida determinada. Es un requisito fundamental presentar la documentación pertinente a estas entidades para continuar con su labor de gestionar la seguridad vial.

*Figura 82.* Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



### **5.8.2 INFORMACIÓN QUE DEBERÁ PRESENTARSE EN UN INFORME DE SEGURIDAD VIAL**

Todo contratista o consultor que desarrolla un estudio de seguridad vial deberá presentar la siguiente información dentro de su informe final:

- ✓ Data utilizada para el análisis de seguridad vial
- ✓ Resumen del análisis y diagnóstico realizado para el lugar estudiado
- ✓ Selección preliminar de potenciales medidas mitigadoras
- ✓ Evaluación económica de las medidas seleccionadas
- ✓ Proceso de priorización y selección final de medidas mitigadoras
- ✓ Evaluación de la efectividad

Estos elementos deben regirse a los pasos detallados en este Capítulo. El proceso de evaluación de la efectividad debe realizarse posterior a la implementación del proyecto por un mínimo de tres años a partir de la apertura del proyecto. Nótese que no se puede utilizar un solo año de data posterior debido a la aleatoriedad de los accidentes y el fenómeno de regresión a la media descrito anteriormente.

**CARRETERA HUAYLLAY – DV. COCHAMARCA, EN PASCO**



## ANEXOS

### ANEXO A1 FICHA GENERAL PARA AUDITORÍA E INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL

| LISTA DE CHEQUEO GENERAL DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | CONDICIONES GENERALES |
|--|--|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                            |  |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE                                     |  |          |                       |
| FIRMA                                      |  |          |                       |
| FECHA                                      |  |          |                       |
| <b>1.1</b>                                 | <b>Alcance</b>   |          |                       |
| 1  | ¿Son claros los objetivos del proyecto?  |          |                       |
| 2  | ¿Se respeta el contexto y la jerarquía de la red vial?   |          |                       |
| 3  | ¿Se conocen y considera los planes de la red vial futura?  |          |                       |
| 4  | ¿Existen estudios de tránsito y transporte?  |          |                       |
| <b>1.2</b>                                 | <b>Infraestructura existente</b>   |          |                       |
| 5  | ¿Se interactuó con proyectos y obras de infraestructura existente para evitar las interferencias?  |          |                       |
| <b>1.3</b>                                 | <b>Impactos</b>  |          |                       |
| 6  | ¿Se consideró los impactos sobre redes viales existentes?  |          |                       |
| <b>1.4</b>                                 | <b>Ejecución del proyecto</b>  |          |                       |
| 7  | ¿Es claro el plan de trabajo para la ejecución?  |          |                       |
| 8  | ¿La señalización es efectiva?  |          |                       |
| 9  | ¿Se encuentra en buen estado las vías para los desvíos?  |          |                       |
| 10   | ¿Los desvíos resuelven en capacidad de fluidez de la circulación vehicular y peatonal?   |          |                       |
| 11   | ¿Se considera los aspectos básicos para mantener limpia el área de circulación?  |          |                       |
| <b>1.5</b>                                 | <b>Accidentalidad</b>  |          |                       |
| 12   | ¿Se ha tenido en cuenta los análisis de accidentalidad de la zona del proyecto para reducir los riesgos?   |          |                       |
| <b>1.6</b>                                 | <b>Auditorias anteriores</b>   |          |                       |
| 13   | ¿Se considera las detecciones de puntos potencialmente peligrosos formulados por las auditorias de seguridad vial anteriores con respecto al mismo o similar tipo de proyecto? |          |                       |

| LISTA DE CHEQUEO GENERAL DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ELEMENTOS DEL ESPACIO URBANO |
|--|---|----------|------------------------------|
|  |   |          | COMENTARIOS                  |
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                     |   |          |                              |
| <b>NOMBRE</b>                              |   |          |                              |
| <b>FIRMA</b>                               |   |          |                              |
| <b>FECHA</b>                               |   |          |                              |
| <b>2.1</b>                                 | <b>Concepción urbanística</b>   |          |                              |
| 1  | ¿Existe el concepto urbanista en el proyecto y a su vez existe la preferencia al peatón antes que al vehículo?  |          |                              |
| 2  | ¿De acuerdo a los nuevos conceptos y filosofía de transporte público, el proyecto considera la circulación peatonal segura?   |          |                              |
| <b>2.2</b>                                 | <b>Características del lugar</b>  |          |                              |
| 3  | ¿Se ha analizado e identificado el lugar de ubicación del proyecto, así como su área de influencia, para una correcta implantación?                                   |          |                              |
| 4  | ¿Las características topográficas, tienen participación en la accidentalidad vial del lugar?  |          |                              |
| 5  | ¿Los componentes viales responden a las condiciones físicas del terreno?  |          |                              |
| 6  | ¿Las condiciones climáticas tienen influencia en la causa de generación de accidentes viales?   |          |                              |
| <b>2.3</b>                                 | <b>Uso de suelo</b>   |          |                              |
| 7  | ¿Existe compatibilidad entre el uso del suelo y las características funcionales de la vía?  |          |                              |
| 8  | ¿Se cumple las normas de velocidad y acceso para cada zona con el uso de suelo especificado?  |          |                              |
| 9  | ¿Existe medidas y elementos de protección al peatón en áreas cercanas a los colegios, etc.?   |          |                              |
| 10   | ¿Existen condiciones de afluencia segura a los equipamientos urbanos de alta concentración de peatones?   |          |                              |
| 11   | ¿Los vendedores ambulantes y estacionarios que ocupan las veredas y en algunos caso las vías, serán posibles causas de los accidentes?                                |          |                              |
| 12   | ¿El uso de suelo para estacionamientos, será compatible en su ubicación, dimensión y señalización y la circulación de usuarios del entorno?                           |          |                              |
| 13   | ¿Los estacionamientos reúnen las condiciones de operación sin riesgo con respecto a la seguridad del tránsito de vehículos y peatones en las vías de acceso y salida? |          |                              |
| <b>2.4</b>                                 | <b>Movilidad humana</b>   |          |                              |
| 14   | ¿Está controlado el cruce entre el transporte masivo y el transporte convencional?  |          |                              |
| 15   | ¿La señalización es efectiva?   |          |                              |
| 16   | ¿El sistema de transporte masivo es compatible física y operacionalmente con la clase y la jerarquía de vía por donde se desplaza?                                    |          |                              |
| 17   | ¿El sistema de transporte público colectivo es compatible física y operacionalmente con la clase de vía que utiliza para su desplazamiento?                           |          |                              |
| 18   | ¿Las vías que permiten la alimentación al sistema de transporte masivo reúnen las condiciones de operacionales y de seguridad?  |          |                              |
| 19   | ¿El transporte público colectivo tiene paraderos seguros?   |          |                              |



| LISTA DE CHEQUEO GENERAL DE SEGURIDAD VIAL       |   | REVISADO | ELEMENTOS DEL ESPACIO URBANO |
|--|---|----------|------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                  |   |          | COMENTARIOS                  |
| NOMBRE   |   |          |                              |
| FIRMA  |   |          |                              |
| FECHA  |   |          |                              |
| 20   | ¿Los paraderos de transporte público colectivo están ubicados a distancias adecuadas para los peatones y a su vez son compatibles con los centros extractores de viaje?     |          |                              |
| 21   | ¿El transporte privado tiene las facilidades para su normal operación con la señalización, estacionamiento visible y compatible con la seguridad de las vías?               |          |                              |
| 22   | ¿Las ciclo vías tienen condiciones funcionales y constituyen una alternativa segura de traslado diario para los usuarios?   |          |                              |
| <b>2.5 Infraestructura Vial</b>                  |   |          |                              |
| 23   | ¿Existe una clasificación funcional de las vías que contribuya a una eficiente conectividad urbana?   |          |                              |
| 24   | ¿El cruce entre vías principales y secundarias garantiza el flujo continuo y seguro de los usuarios, presentando sus atributos funcionales?                                 |          |                              |
| 25   | ¿En las vías principales y secundarias se resuelve el cruce transversal de las vías de menor jerarquía para uso de peatones, ciclistas y vehículos?                         |          |                              |
| 26   | ¿Las vías colectoras sirven para alimentar las vías principales y secundarias, con velocidad permitida para su operación?   |          |                              |
| 27   | ¿Las vías locales se usan para el desplazamiento y el acceso a las viviendas y usos de suelos urbanos compatibles con las áreas residenciales?                              |          |                              |
| 28   | ¿Las veredas de peatones tienen las condiciones físicas y dimensiones, continuidad sin obstáculos, visibilidad y señalización, para ser una alternativa segura de traslado? |          |                              |
| 29   | ¿La ruta de ciclovías constituye un subsistema de vías exclusivas para ciclistas y brinda las condiciones y facilidades operacionales de una circulación segura?            |          |                              |
| 30   | ¿Están configuradas las ciclovías y las veredas peatonales para alimentar de manera segura el sistema de transporte masivo y el transporte público?                         |          |                              |
| <b>2.6 Infraestructura de servicios públicos</b> |   |          |                              |
| 31   | ¿El equipamiento y el mobiliario de la infraestructura de servicio público afectan la circulación segura de peatones y vehículos?   |          |                              |
| 32   | ¿Es conforme la ubicación de ductos y elementos de control de redes de infraestructura de servicio con las vías peatonales y vehiculares en su mantenimiento y operación?   |          |                              |
| <b>2.7 Accidentalidad</b>                        |   |          |                              |
| 33   | ¿Se ha tenido en cuenta los análisis de accidentalidad de la zona del proyecto para reducir los riesgos?  |          |                              |
| <b>2.8 Auditorías anteriores</b>                 |   |          |                              |
| 34   | ¿Se considera las detecciones de puntos de conflicto formulado por las inspecciones de seguridad vial anteriores con respecto al mismo o similar tipo de proyecto?          |          |                              |

## ANEXO A2 FICHA PARA AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE PERFIL Y FACTIBILIDAD |
|---|--|----------|--------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS                    |
| NOMBRE  |  |          |                                |
| FIRMA   |  |          |                                |
| FECHA   |  |          |                                |
| <b>1.1</b>                                    | <b>Aspectos generales, función y composición del tránsito previsto.</b>  |          |                                |
| 1   | ¿Cuál es la función prevista del proyecto?   |          |                                |
| 2   | ¿El diseño es compatible con la función de la vía? El proyecto propuesto (o rediseño) permite que operen adecuadamente: ¿Automóviles? ¿Motociclistas? ¿Ciclistas?, ¿Peatones?, ¿Vehículos Pesados?, ¿Buses?                      |          |                                |
| 3   | ¿Se ha considerado efectivamente la composición del tránsito esperado?   |          |                                |
| 4   | ¿El proyecto propuesto será compatible con el uso del suelo y la gestión de tránsito de la red vial adyacente?   |          |                                |
| <b>1.2</b>                                    | <b>Tipos y control de accesos a propiedades y desarrollos</b>  |          |                                |
| 5   | ¿El control de los accesos es compatible con la función de la vía y con secciones de la vía?   |          |                                |
| 6   | La distancia de visibilidad será satisfactoria: ¿En intersecciones? ¿En accesos a la propiedad adyacente?  |          |                                |
| 7   | ¿Es la velocidad de diseño (o las probables velocidades de operación de los vehículos) compatible con el número y el tipo de intersecciones/accesos a la propiedad adyacente?  |          |                                |
| <b>1.3</b>                                    | <b>Principales generadores de viajes</b>   |          |                                |
| 8   | ¿Están los centros generadores y/o atractores de viajes (incluyendo vivienda y centros comerciales) lo suficientemente lejos para evitar influencias inseguras sobre el diseño vial? Si no es así, ¿Se han mitigado sus efectos? |          |                                |
| 9   | ¿Se han tratado los accesos existentes o alternativos, de modo de evitar que el suburbio existente afecte?   |          |                                |
| 10  | ¿Se han provisto accesos alternativos para asegurar que los suburbios existentes no sean aislados con el desarrollo del proyecto (por los trabajos)?   |          |                                |
| 11  | ¿Los accesos a centros generadores de viajes están bien diseñados y lo suficientemente alejados de las intersecciones?   |          |                                |
| 12  | ¿La distancia de visibilidad, desde y hacia los accesos a centros generadores de viajes, es adecuada?  |          |                                |
| 13  | ¿El proyecto propuesto será compatible con el uso del suelo y la gestión de tránsito, de la red vial adyacente?  |          |                                |
| <b>1.4</b>                                    | <b>Etapas requeridas</b>   |          |                                |
| 14  | ¿El proyecto será implementado en una etapa? ¿Si el proyecto implementado en más de una etapa, tiene la seguridad una alta prioridad? ¿En transiciones entre etapas? ¿En transiciones a vías existentes?                         |          |                                |
| 15  | ¿El trabajo prevé problemas con normas de seguridad en otro sitio durante la construcción? ¿Los trabajos provocaran problemas de seguridad en otros sitios durante la construcción?  |          |                                |
| <b>1.5</b>                                    | <b>Futuros trabajos</b>  |          |                                |
| 16  | La ruta no afectara el nivel de seguridad cuando existan: ¿Ensanches futuros? ¿La adición de una segunda calzada completa? ¿Realineamientos posteriores? ¿Cambios  |          |                                |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE PERFIL Y FACTIBILIDAD |
|---|--|----------|--------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS                    |
| NOMBRE  |  |          |                                |
| FIRMA   |  |          |                                |
| FECHA   |  |          |                                |
|   | geométricos mayores en intersecciones? ¿Extensiones lineales del proyecto?   |          |                                |
| <b>1.6</b>                                    | <b>Efectos mayores en la red vial</b>  |          |                                |
| 17  | ¿Efectos negativos de este proyecto sobre a red vial adyacente han sido identificados? ¿Ellos han sido tratados adecuadamente?   |          |                                |
| <b>1.7</b>                                    | <b>Ruta propuesta</b>  |          |                                |
| 18  | ¿Son seguros todos los aspectos asociados con la localización de la ruta y/o alineamientos?  |          |                                |
| 19  | Si la ruta se proyecta sobre una vía existente, ¿cuáles son los efectos de ello?   |          |                                |
| 20  | Si la ruta está proyectada sobre un sitio sin construir, es el alineamiento seguro?  |          |                                |
| 21  | ¿El proyecto se ajusta a las restricciones físicas del paisaje?  |          |                                |
| 22  | ¿El proyecto toma en cuenta las consideraciones de la red principal?   |          |                                |
| <b>1.8</b>                                    | <b>Impactos de la continuidad con la red vial existente</b>  |          |                                |
| 23  | ¿Están libres de potenciales problemas todas las secciones y transiciones donde el proyecto propuesto se conecta con la red vial existente?  |          |                                |
| <b>1.9</b>                                    | <b>Normas Generales de Diseño</b>  |          |                                |
| 24  | ¿Las normas de diseño han sido utilizadas apropiadamente (teniendo en cuenta los alcances del proyecto y su función en relación con la composición del flujo vehicular)?   |          |                                |
| 25  | ¿La geometría y el perfil se encuentran de acuerdo a las guías de diseño?  |          |                                |
| 26  | ¿El diseño ha considerado todos los tipos de vehículos para los cuales se está previsto el uso?  |          |                                |
| <b>1.10</b>                                   | <b>Velocidad de diseño</b>   |          |                                |
| 27  | La velocidad de diseño apropiada ha sido seleccionada de acuerdo a: ¿Alineamiento vertical y horizontal? ¿Visibilidad? ¿Accesos? ¿Entre cruzamientos? ¿Deceleración y aceleración del flujo vehicular en intersecciones? ¿Composición del tránsito previsto? |          |                                |
| 28  | Es la distancia de visibilidad generalmente satisfactoria: ¿En intersecciones? ¿En la entrada o salida de pendientes? ¿En entradas a propiedades adyacentes? ¿En puntos de accesos de vehículos de emergencia?   |          |                                |
| 29  | ¿Es adecuado el límite de velocidad fijado para la vía, o parte de ella?   |          |                                |
| 30  | ¿Es el límite de velocidad pretendido, o fijado, consistente con la velocidad de diseño?   |          |                                |
| <b>1.11</b>                                   | <b>Diseño de la composición y del flujo vehicular</b>  |          |                                |
| 31  | ¿Es el diseño apropiado con respecto a la composición y flujo vehicular (incluyendo los efectos de la inusual proporción entre vehículos pesados, ciclistas y peatones o efectos de la fricción lateral)?  |          |                                |
| 32  | ¿El proyecto solucionará aumentos imprevistos, o grandes incrementos, en el flujo vehicular?   |          |                                |

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE PERFIL Y FACTIBILIDAD |
|---|--|----------|--------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS                    |
| NOMBRE  |  |          |                                |
| FIRMA   |  |          |                                |
| FECHA   |  |          |                                |
| 33  | ¿El proyecto solucionará cambios imprevistos en la composición del flujo vehicular?  |          |                                |
| <b>1.12</b>                                   | <b>Número y tipos de intersecciones</b>  |          |                                |
| 34  | Son todos los aspectos de las intersecciones (por ejemplo, el espaciado, el tipo, la disposición, etc.) apropiados en lo que concierne a: ¿la idea general del proyecto? ¿La función de la vía y las que la cruzan? ¿La composición del flujo vehicular de la vía y de las que la cruzan? ¿Los tipos de intersecciones son consistentes para el proyecto y compatibles con las secciones adyacentes? |          |                                |
| 35  | Es la frecuencia de las intersecciones apropiada ¿ni muy alta, ni muy baja): ¿Para accesos seguros? ¿Para evitar impactos en la red vial adyacente? ¿Para el acceso de vehículos de emergencia?  |          |                                |
| 36  | ¿Las restricciones físicas, de visibilidad o de gestión de tránsito, que influencia pueden tener sobre el espaciado de las intersecciones propuesto?   |          |                                |
| 37  | ¿Los alineamientos verticales y/u horizontales han sido considerados para determinar el tipo o espaciado de las intersecciones?  |          |                                |
| 38  | ¿Son todas las intersecciones propuestas necesarias o esenciales?  |          |                                |
| 39  | ¿Algunas intersecciones que se estiman innecesarias pueden ser eliminadas o puede el acceso ser conectado en forma más segura mediante cambios sobre la red vial adyacente (un enlace por ejemplo)?  |          |                                |
| 40  | ¿El ángulo de las vías que cruzan el proyecto y la línea de visibilidad, es adecuado para la seguridad de todos los usuarios?  |          |                                |
| 41  | ¿El movimiento de los usuarios vulnerables es seguro en todas las intersecciones?  |          |                                |
| 42  | ¿El movimiento de los vehículos pesados es seguro en todas las intersecciones?   |          |                                |
| <b>1.13</b>                                   | <b>Aspectos de seguridad</b>   |          |                                |
| 43  | ¿El terreno del entorno de la vía está libre de objetos físicos o vegetación que pueda afectar la seguridad del proyecto? (por ejemplo grandes cultivos, terrenos boscosos, cortes profundos (barrancos), cortes elevados, o zonas rocosas que pueden restringir el diseño)  |          |                                |
| 44  | ¿Se han considerado en forma adecuada los efectos del viento, la niebla, la neblina, el hielo, los ángulos del sol al amanecer y atardecer?  |          |                                |
| 45  | ¿Las pendientes, las curvas y el diseño de accesos en general ha considerado las probables condiciones meteorológicas o ambientales del terreno? (Por ejemplo, áreas propensas niebla)   |          |                                |
| 46  | ¿La seguridad ha sido considerada en lugares con ciertas características ambientales? (por ejemplo, cercas anti ruidos)  |          |                                |
| 47  | ¿El proyecto considera la posible irrupción de animales hacia la vía? (bovinos, caballos, etc.)  |          |                                |

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE PERFIL Y FACTIBILIDAD |
|---|--|----------|--------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS                    |
| NOMBRE  |  |          |                                |
| FIRMA   |  |          |                                |
| FECHA   |  |          |                                |
| 48  | ¿El proyecto funcionará en forma segura en condiciones ambientales adversas como por ejemplo de noche, con niebla o la calzada mojada?   |          |                                |
| 49  | ¿Existen distracciones visuales (por ejemplo, paisaje pintoresco) tratados adecuadamente (por ejemplo proveyendo de áreas para que las personas estacionen sus vehículos en forma segura)? |          |                                |
| <b>1.14</b>                                   | <b>Aspectos de seguridad no tratados</b>   |          |                                |
| 50  | ¿Se ha considerado la posibilidad de inundaciones? ¿Los cruces ferroviarios han sido identificados y tratados adecuadamente?   |          |                                |
| 51  | ¿Se han considerado otras distracciones visuales (por ejemplo, publicidad, etc.)?  |          |                                |
| 52  | ¿Se ha considerado la necesidad de áreas de descanso o estacionamientos (por ejemplo, rutas turísticas, descanso para camioneros, zonas de picnic u otras áreas)?                          |          |                                |
| 53  | ¿Se han considerado potenciales puntos de atracción al borde de la vía (por ejemplo, vendedores)?  |          |                                |
| 54  | ¿Existirán situaciones especiales? ¿Han sido consideradas situaciones inusuales o de peligro?  |          |                                |
| 55  | ¿Todos los peatones que puedan verse seriamente afectados con el proyecto, han sido considerados? (por ejemplo escolares, ancianos)  |          |                                |
| 56  | ¿Los problemas de seguridad o de accidentes de tránsito de la red vial adyacente, han sido considerados? (que no sean transferidos al nuevo proyecto)                                      |          |                                |
| 57  | ¿El suministro de energía para la iluminación de la vía (alumbrado) ha sido considerado en el diseño?  |          |                                |
| 58  | ¿Se ha considerado la necesidad de estacionamiento de los conductores? (por ejemplos, áreas de descanso, estacionamiento de camiones)  |          |                                |
| 59  | ¿Existe algún otro aspecto que pueda afectar la seguridad de la vía?   |          |                                |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b> | <b>ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR</b> |
|--|--|-----------------|-----------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |  |                 | <b>COMENTARIOS</b>                |
| <b>NOMBRE</b>  |  |                 |                                   |
| <b>FIRMA</b>   |  |                 |                                   |
| <b>FECHA</b>   |  |                 |                                   |
| <b>2.1</b>   | <b>Cambios desde la ASV previa</b>   |                 |                                   |
| 1  | ¿Las condiciones del proyecto originalmente diseñado todavía se aplican? (por ejemplo, no existen cambios en la red vial adyacente, área de actividades o composición del flujo vehicular) |                 |                                   |
| 2  | ¿La forma general del diseño del proyecto se mantiene sin alteraciones desde la ASV anterior?  |                 |                                   |
| <b>2.2</b>   | <b>Drenaje</b>   |                 |                                   |
| 3  | ¿El proyecto tiene un escurrimiento adecuado de las aguas?   |                 |                                   |
| 4  | ¿La posibilidad de que la superficie de rodado se inundada ha sido considerada, incluyendo desbordes de cursos de agua o alcantarillados?  |                 |                                   |
| <b>2.3</b>   | <b>Condiciones Climáticas</b>  |                 |                                   |
| 5  | ¿Han sido considerados los registros meteorológicos o la experiencia local que pueda indicar algún problema particular? (por ejemplo nieve, hielo, viento, niebla)                         |                 |                                   |
| <b>2.4</b>   | <b>Paisajismo</b>  |                 |                                   |
| 6  | ¿Si las propuestas de diseño están disponibles, ellas son compatibles con las exigencias de seguridad? (por ejemplo, línea de visibilidad, peligros en zonas despejadas)                   |                 |                                   |
| <b>2.5</b>   | <b>Servicios</b>   |                 |                                   |
| 7  | ¿El diseño considera la provisión de servicios en forma segura de modo de no generar riesgos sobre los usuarios? (Teléfonos de Emergencia, paraderos, etc.)                                |                 |                                   |
| 8  | ¿La localización o fijación de objetos o mobiliarios asociados con servicios ha sido revisada, incluyendo la posición de postes?   |                 |                                   |
| <b>2.6</b>   | <b>Accesos a propiedad y desarrollos inmobiliarios</b>   |                 |                                   |
| 9  | ¿Todos los accesos pueden ser usados seguramente? (Entrada y salida I combinaciones.)  |                 |                                   |
| 10   | ¿Tanto aguas abajo, como aguas arriba, desde los puntos de acceso el proyecto provoca algún problema, en particular, cerca de una intersección?  |                 |                                   |
| 11   | ¿En las áreas de descanso y de estacionamiento de camiones, los accesos presentan una adecuada distancia de visibilidad?   |                 |                                   |
| <b>2.7</b>   | <b>Desarrollos urbanos adyacentes</b>  |                 |                                   |
| 12   | ¿El diseño considera la seguridad en los accesos de los desarrollos urbanos adyacentes, dado el aumento de viajes que estos generaran en el futuro?  |                 |                                   |
| 13   | ¿La percepción de los conductores de la vía podría verse afectada por los efectos de la iluminación o semáforos de la red vial adyacente?  |                 |                                   |
| <b>2.8</b>   | <b>Accesos de vehículos de emergencia</b>  |                 |                                   |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR |
|---|---|----------|----------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          | COMENTARIOS                |
| NOMBRE  |   |          |                            |
| FIRMA   |   |          |                            |
| FECHA   |   |          |                            |
| 14  | ¿Se han provisto accesos seguros para los movimientos de vehículos de emergencia?   |          |                            |
| 15  | ¿El diseño y la provisión de barreras vehiculares en la mediana, permite que los vehículos de emergencia se detengan y retornen por la otra calzada sin necesidad de interrumpir el tráfico?              |          |                            |
| <b>2.9</b>                                    | <b>Futuros ensanches y/o realineamientos</b>  |          |                            |
| 16  | ¿Si el proyecto es el ensanche de un tramo de la vía, hacia una vía de doble calzada, es el diseño adecuado y seguro para ser comprendidos por los conductores?   |          |                            |
| 17  | ¿Es la transición segura entre una carretera de una calzada y una de doble calzada (o viceversa)?   |          |                            |
| <b>2.10</b>                                   | <b>Etapas del proyecto</b>  |          |                            |
| 18  | ¿El proyecto puede ser desarrollado en etapas, o construido en distintos tiempos?   |          |                            |
| 19  | ¿Pueden los planos y programas de construcción modificados para mejorar el nivel de seguridad del proyecto?   |          |                            |
| 20  | ¿Los planos y programas de construcción incluyen medidas de seguridad específicas como señalización; adecuadas transiciones geométricas; etc. por algún plan temporal?                                    |          |                            |
| <b>2.11</b>                                   | <b>Etapas de los trabajos</b>   |          |                            |
| 21  | ¿Si la construcción debe ser realizada en varios contratos, son ellos realizados en forma segura?   |          |                            |
| <b>2.12</b>                                   | <b>Mantención</b>   |          |                            |
| 22  | ¿Pueden los vehículos de mantención ser ubicados en forma segura?   |          |                            |
| 23  | ¿Podrán realizarse las labores de mantención en forma segura?   |          |                            |
| <b>2.13</b>                                   | <b>Normas de Diseño</b>   |          |                            |
| 24  | ¿Es adecuada la velocidad de diseño y el límite de velocidad? (por ejemplo, considerando el terreno y la función de la vía)   |          |                            |
| 25  | ¿El diseño ha considerado el vehículo adecuado, y se ha verificado su uso?  |          |                            |
| <b>2.14</b>                                   | <b>Sección Transversal</b>  |          |                            |
| 26  | ¿Son los anchos de pistas, bermas, medianas, y otros elementos de la sección transversal adecuados para la función de la vía?   |          |                            |
| 27  | Es el ancho de las pistas y de la calzada adecuada respecto a: ¿Alineamiento? ¿Flujo vehicular? ¿Dimensiones de los vehículos? ¿La velocidad de diseño? ¿Combinaciones de velocidad y flujos vehiculares? |          |                            |
| 28  | ¿Se han provisto, si es necesario, pistas auxiliares para adelantamientos en subidas y/o bajadas prolongadas?   |          |                            |
| 29  | ¿Se ha realizado un despeje lateral adecuado?   |          |                            |
| 30  | Efectos de la variación de la sección transversal   |          |                            |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b>    | <b>ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR</b> |
|--|--|--------------------|-----------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |  |                    |                                   |
| <b>NOMBRE</b>  |  |                    |                                   |
| <b>FIRMA</b>   |  |                    |                                   |
| <b>FECHA</b>   |  | <b>COMENTARIOS</b> |                                   |
| 31   | ¿Está el diseño libre de variaciones imprevistas en su sección transversal?  |                    |                                   |
| 32   | ¿Son seguros los declives transversales? (particularmente donde las secciones de la carretera existente se han utilizado o se utilizaran para generar un acceso)   |                    |                                   |
| 33   | ¿La sección transversal considera en forma segura disminuciones en el ancho? (por ejemplo en puentes)  |                    |                                   |
| <b>2.15</b>  | <b>Disposición de la calzada</b>   |                    |                                   |
| 34   | ¿Son las características de la gestión de tránsito diseñadas para evitar la creación de condiciones de inseguridad?  |                    |                                   |
| 35   | ¿Son la disposición de las demarcaciones y retrorreflectividad de los materiales capaces de advertir satisfactoriamente los cambios en la alineación? (en particular cuando el alineamiento puede ser deficiente)  |                    |                                   |
| <b>2.16</b>  | <b>Bermas y tratamiento de bordes</b>  |                    |                                   |
| 36   | Son los siguientes aspectos de seguridad provistos en la berma de forma satisfactoria: ¿Se cuenta con pavimentación o tratamiento superficial la berma? ¿Anchos y tratamiento de terraplenes? ¿Pendiente transversal de la berma?  |                    |                                   |
| 37   | ¿Las bermas son seguras para vehículos que se están desplazando lentamente o para ciclistas?   |                    |                                   |
| 38   | ¿Los diseños de las áreas de descanso y de estacionamientos de camiones son seguros?   |                    |                                   |
| <b>2.17</b>  | <b>Efectos de no ajustarse a las normas o pauta</b>  |                    |                                   |
| 39   | En el caso de aprobar algún aspecto particular del diseño que no se ajuste a la norma ¿la seguridad se mantiene?   |                    |                                   |
| 40   | Si se detectó algún diseño que no se ajuste a la norma ¿La seguridad se mantiene?  |                    |                                   |
| <b>2.18</b>  | <b>Geometría de la alineación vertical y horizontal</b>  |                    |                                   |
| 41   | ¿El diseño horizontal y vertical está correctamente alineado?  |                    |                                   |
| 42   | ¿El diseño sin las señales verticales, permite que el conductor haga una buena lectura del trazado? (por ejemplo, ilusiones ópticas, delineaciones subliminales con una línea de árboles, postes, cercos, etc.)  |                    |                                   |
| 43   | ¿El alineamiento es consistente con la velocidad?  |                    |                                   |
| <b>2.19</b>  | <b>Visibilidad y distancia de visibilidad</b>  |                    |                                   |
| 44   | ¿Son los alineamientos horizontales y verticales consistentes con la visibilidad requerida?  |                    |                                   |
| 45   | El diseño permitirá que la línea de visibilidad esté libre de obstrucciones tales como: ¿Vallas o cercos divisores? ¿Mobiliario vial? ¿Estacionamientos o potenciales estacionamientos? ¿Vehículos estacionados al borde de la vía? ¿Señalización Vertical? ¿Vegetación o paisajismo? ¿Estructura de puentes? ¿Colas formadas por vehículos? |                    |                                   |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR |
|---|---|----------|----------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          |                            |
| NOMBRE  |   |          |                            |
| FIRMA   |   |          |                            |
| FECHA   |   |          |                            |
| 46  | ¿Los cruces ferroviarios, puentes y otros peligros son totalmente visibles?   |          |                            |
| 47  | ¿Está el diseño libre de otras características del lugar que puedan afectar la visibilidad?   |          |                            |
| <b>2.20</b>                                   | <b>Enlaces entre vías nuevas y existentes</b>   |          |                            |
| 48  | ¿El enlace ocurre lejos de alguna zona de riesgo de la vía (por ejemplo, la parte alta de una curva vertical, de una curva horizontal, de algún peligro al borde de la calzada, o en zonas de baja visibilidad o de distracciones)?                       |          |                            |
| 49  | ¿Si el estándar de la calzada varía, tiene algún efecto sobre la seguridad?   |          |                            |
| 50  | ¿Es la transición segura, en zonas donde el entorno de la vía cambia (por ejemplo, al pasar de una zona urbana a rural, de un lugar con restricción a sin restricción, de una vía iluminada a una sin iluminación)?                                       |          |                            |
| 51  | ¿Se ha considerado la necesidad de advertencias anticipadas?  |          |                            |
| 52  | Legibilidad del alineamiento para los conductores   |          |                            |
| 53  | ¿El trazado general, la función y las características generales de la vía serán reconocidos por los conductores con suficiente anticipación?  |          |                            |
| 54  | ¿Las velocidades de aproximación serán convenientes y los conductores podrán ser guiados correctamente por la vía?  |          |                            |
| <b>2.21</b>                                   | <b>Intersecciones</b>   |          |                            |
| <b>2.21.1</b>                                 | <b>Visibilidad en y visibilidad de las intersecciones</b>   |          |                            |
| 55  | ¿Son los alineamientos horizontales y verticales en las intersecciones, o en las proximidades de la intersección, consistentes con la visibilidad requerida?  |          |                            |
| 56  | ¿Los conductores podrán advertir claramente la presencia de la intersección? (especialmente al acercarse a vías menores)  |          |                            |
| 57  | El diseño considera la línea de visibilidad libre de obstrucciones, producto de: ¿Barreras de seguridad o vallas? ¿Cercas o vallas divisoras? ¿Mobiliario vial? ¿Estacionamientos? ¿Señalización vertical? ¿Vegetación y paisaje? ¿Estructura de puentes? |          |                            |
| 58  | ¿Son los cruces ferroviarios, puentes y otros peligros cercanos a las intersecciones totalmente visibles?   |          |                            |
| 59  | ¿Está el diseño libre de otras características del lugar que puedan afectar negativamente la visibilidad?   |          |                            |
| 60  | ¿La intersección estará obstruida permanentemente, o temporalmente, por vehículos estacionados al borde de la calzada, o por la cola que puedan formar los vehículos que circulan normalmente?  |          |                            |
| 61  | ¿Es el tipo de intersección seleccionada (cruce, en T, rotonda, señalizada, etc.) adecuada para la función de las vías que confluyen?   |          |                            |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b>    | <b>ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR</b> |
|--|--|--------------------|-----------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |  |                    |                                   |
| <b>NOMBRE</b>  |  |                    |                                   |
| <b>FIRMA</b>   |  |                    |                                   |
| <b>FECHA</b>   |  | <b>COMENTARIOS</b> |                                   |
| 62   | ¿Es la regulación propuesta (Ceda el Paso, Pare, Semáforo, etc.) adecuado para la intersección en particular?  |                    |                                   |
| 63   | ¿Las dimensiones del cruce son adecuados para todos los movimientos vehiculares?   |                    |                                   |
| 64   | ¿Están las intersecciones libres de alguna característica inusual que pueda afectar la seguridad de la vía?  |                    |                                   |
| 65   | ¿Son los anchos y extensión de pistas adecuados para todos los vehículos?  |                    |                                   |
| 66   | ¿Está el diseño libre, tanto aguas arriba como abajo, de alguna característica geométrica que pueda afectar la seguridad? (por ejemplo combinación de pistas)  |                    |                                   |
| 67   | ¿Son las velocidades de acercamiento compatibles con el diseño de la intersección?   |                    |                                   |
| 68   | Donde se propone una rotonda, se han considerado: ¿los movimientos de ciclistas? ¿Los movimientos de peatones?   |                    |                                   |
| <b>2.22</b>  | <b>Legibilidad de la vía por los conductores</b>   |                    |                                   |
| 69   | ¿El tipo, la función y las características generales de la intersección serán percibidos correctamente por los conductores?  |                    |                                   |
| 70   | ¿Las velocidades de aproximación serán convenientes y los conductores podrán ser guiados correctamente por la vía?   |                    |                                   |
| 71   | ¿Se han considerado en forma adecuada los efectos de los ángulos del sol al amanecer y atardecer sobre los conductores?  |                    |                                   |
| <b>2.23</b>  | <b>Peatones</b>  |                    |                                   |
| 72   | ¿Las necesidades de los peatones han sido consideradas satisfactoriamente?   |                    |                                   |
| 73   | Si el proyecto no contempla veredas peatonales, ¿la disposición de la vía es segura para el tránsito de peatones? (particularmente en curvas con baja visibilidad, o sobre puentes)  |                    |                                   |
| 74   | ¿Los pasos peatonales subterráneos o elevados (pasarelas) están localizadas de modo de maximizar su uso? (es decir la probabilidad de que los peatones crucen la calzada en las proximidades del paso peatonal son mínimas). |                    |                                   |
| 75   | ¿Se han dispuesto cruces peatonales especiales como cruces en zonas de escuelas con o sin semáforos peatonales?  |                    |                                   |
| 76   | ¿En dónde están proyectadas dichas facilidades?, ¿ellas son ubicadas de modo de que su uso se realice con la mayor seguridad posible?  |                    |                                   |
| 77   | ¿Están los refugios peatonales y bahías ubicados donde son necesarios?   |                    |                                   |
| 78   | ¿Se ha considerado en forma especial a grupos más vulnerables? (por ejemplo, niños, ancianos, personas con movilidad reducida, sordos o invidentes)  |                    |                                   |
| <b>2.24</b>  | <b>Ciclistas</b>   |                    |                                   |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR |
|---|--|----------|----------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS                |
| NOMBRE  |  |          |                            |
| FIRMA   |  |          |                            |
| FECHA   |  |          |                            |
| 79  | ¿Existe la necesidad de considerar en forma particular a los ciclistas, especialmente en intersecciones?   |          |                            |
| 80  | ¿Se ha considerado alguna vía exclusiva o compartida para ciclistas?   |          |                            |
| 81  | ¿El diseño conceptual de las ciclo vías es adecuada?   |          |                            |
| 82  | En donde existe necesidad de contar con facilidades compartidas para peatones y ciclistas ¿ello ha sido tratado en forma segura? ¿Habrán invasión por vehículos motorizados?, ¿Habrán conflictos con peatones? |          |                            |
| 83  | ¿Cuándo una ciclo vía termina en una intersección o en la calzada adyacente, se ha previsto que esta transición sea en forma segura?   |          |                            |
| 84  | ¿Existe la necesidad de incorporar algún elemento especial para las ciclo vías? (por ejemplo, semáforos para ciclistas, demarcaciones especiales)  |          |                            |
| <b>2.25</b>                                   | <b>Motociclistas</b>   |          |                            |
| 85  | ¿Existen sobre la calzada dispositivos u objetos u situaciones como fisuras o grietas que puedan desestabilizar a una motocicleta?   |          |                            |
| 86  | ¿Se ha evitado que existan extremos de barreras de contención expuestas, sin protección o terminal, en zonas de alta velocidad?  |          |                            |
| 87  | En áreas en donde existen mayores probabilidades de que las motocicletas puedan salirse de la vía tales como curvas, ¿se ha dispuesto alguna medida de seguridad como barrera amigable a los motociclistas?    |          |                            |
| <b>2.26</b>                                   | <b>Jinetes a caballo y/o ganado</b>  |          |                            |
| 88  | ¿Se ha considerado el tránsito de jinetes a caballo, incluyendo el empleo de bordes o bermas, y la normativa en cuanto a si pueden hacer uso de la calzada?  |          |                            |
| 89  | ¿Existen pasos a desnivel para ser usado por jinetes a caballo y ganado en general?  |          |                            |
| <b>2.27</b>                                   | <b>Transporte de carga</b>   |          |                            |
| 90  | ¿Se han considerado las maniobras de camiones, incluyendo amplios radios de giro y anchos de pistas?   |          |                            |
| <b>2.28</b>                                   | <b>Transporte público</b>  |          |                            |
| 91  | ¿Circularán servicios de transporte público?   |          |                            |
| 92  | ¿Han sido consideradas las necesidades de los usuarios del transporte público?   |          |                            |
| 93  | ¿Se han considerado las maniobras del transporte público?  |          |                            |
| 94  | ¿Las paradas de buses están localizadas de forma segura?   |          |                            |
| <b>2.29</b>                                   | <b>Vehículos y trabajadores de mantención de la vía</b>  |          |                            |
| 95  | ¿Se ha dispuesto que los vehículos de mantenimiento y los trabajadores puedan contar con un espacio adecuado y seguro para realizar su trabajo?  |          |                            |
| <b>2.30</b>                                   | <b>Iluminación</b>   |          |                            |

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR |
|---|---|----------|----------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          | COMENTARIOS                |
| NOMBRE  |   |          |                            |
| FIRMA   |   |          |                            |
| FECHA   |   |          |                            |
| 96  | ¿El proyecto debe contar con iluminación? Si el proyecto no cuenta con iluminación ¿existirán problemas de seguridad?   |          |                            |
| 97  | ¿El diseño contará con secciones que tendrán problemas de iluminación (por ejemplo, sombra de árboles o debajo de puentes)?                                       |          |                            |
| 98  | ¿La localización de los postes de iluminación se ha considerado como parte del concepto general del proyecto?   |          |                            |
| 99  | ¿Los postes a utilizar serán frágiles (quebradizos) o de base o poste colapsable?   |          |                            |
| 100   | ¿Se crean necesidades especiales por la iluminación ambiental?  |          |                            |
| <b>2.31</b>                                   | <b>Señalización vertical</b>  |          |                            |
| 101   | ¿Habrá adecuado espacio para la colocación de las señales verticales?   |          |                            |
| 102   | ¿Podrán ser localizadas de modo que puedan ser vistas y leídas con la anticipación suficiente?  |          |                            |
| <b>2.32</b>                                   | <b>Demarcación y delineación</b>  |          |                            |
| 103   | ¿Tiene un estándar adecuado la delineación y demarcación propuesta para la obra?  |          |                            |
| 104   | En el caso de modernización o duplicación de calzadas, ¿Las demarcaciones anteriores y/o adyacentes deben mejorarse o ser removidas? ¿Si no se realizan mejoras o |          |                            |
| 105   | Mantenimiento, ¿la seguridad será mantenida?  |          |                            |
| <b>2.33</b>                                   | <b>Gestión de tráfico</b>   |          |                            |
| <b>2.33.1</b>                                 | <b>Flujo de tránsito y restricciones de accesos</b>   |          |                            |
| 106   | ¿Puede el flujo de tránsito del proyecto propuesto, acomodarse en forma segura en las secciones de vía existente o propuesta?                                     |          |                            |
| 107   | ¿La provisión de estacionamientos y de control de estacionamientos esta adecuadamente considerada?  |          |                            |
| 108   | ¿Pueden ponerse en práctica prohibiciones de viraje sin causar problemas en intersecciones adyacentes?  |          |                            |
| 109   | ¿Se ha considerado el efecto de accesos a futuros desarrollos urbanos?  |          |                            |
| <b>2.33.2</b>                                 | <b>Adelantamientos y empalmes</b>   |          |                            |
| 110   | En zonas de adelantamiento, ¿es adecuada la distancia de visibilidad y de parada?   |          |                            |
| 111   | ¿Se podrá demarcar y señalizar las reducciones de pistas adecuadamente?   |          |                            |
| 112   | ¿Se mantendrá el ancho de bermas en toda la obra incluyendo pasos a desnivel y puentes y túneles?   |          |                            |
| <b>2.33.3</b>                                 | <b>Áreas de descanso y zonas de parada</b>  |          |                            |
| 113   | ¿Es suficiente el borde de la vía para las áreas de paradas, áreas de descanso y áreas de estacionamiento de camiones?  |          |                            |
| 114   | ¿Son seguras las entradas y salidas de las áreas de descanso o de estacionamiento de camiones?  |          |                            |
| <b>2.33.4</b>                                 | <b>Alineación horizontal</b>  |          |                            |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO PRELIMINAR |
|---|---|----------|----------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          | COMENTARIOS                |
| NOMBRE  |   |          |                            |
| FIRMA   |   |          |                            |
| FECHA   |   |          |                            |
| 115   | ¿Es adecuada la visibilidad para conductores y  |          |                            |
| 116   | ¿Peatones en los accesos propuestos?  |          |                            |
| 117   | ¿Es adecuado el espacio provisto para el viraje del flujo y velocidad del tránsito?   |          |                            |
| <b>2.33.5</b>                                 | <b>Alineación vertical</b>  |          |                            |
| 118   | ¿Se podrá realizar la obra con pendientes satisfactorias?   |          |                            |
| 119   | ¿Se va a requerir tramos largos sin posibilidad de adelantamiento?  |          |                            |
| <b>2.33.6</b>                                 | <b>Provisión de estacionamientos</b>  |          |                            |
| 120   | ¿El estacionamiento local es adecuado para evitar que los vehículos se estacionen sobre la calzada con el riesgo asociado a ello? |          |                            |
| 121   | ¿Los estacionamientos son localizados en áreas seguras?   |          |                            |
| 122   | ¿Son adecuadas las áreas de carga/descarga de la vía?   |          |                            |
| <b>2.33.7</b>                                 | <b>Paisaje</b>  |          |                            |
| 123   | ¿El paisaje mantiene la visibilidad en intersecciones, curvas, accesos y localización de peatones?                                |          |                            |
| 124   | ¿Han sido evitadas la plantación de árboles en lugares donde los vehículos pueden salirse de la vía?                              |          |                            |
| <b>2.34</b>                                   | <b>Gestión de tránsito</b>  |          |                            |
| 125   | ¿Se han considerado efectos adversos del proyecto en alguna área?   |          |                            |
| 126   | ¿El proyecto aislará alguna comunidad, grupo, escuela, servicio público como hospital o clínica?                                  |          |                            |
| 127   | ¿El diseño mantendrá las velocidades vehiculares en forma segura?   |          |                            |
| 128   | ¿Son el número y la localización de los accesos adecuados?  |          |                            |
| 129   | ¿Existen facilidades para servicios de transporte público que se verán afectados por la obra?                                     |          |                            |
| 130   | ¿La vía será capaz de admitir la circulación de vehículos de sobre tamaño?  |          |                            |
| 131   | ¿El proyecto presentará limitaciones de espacio a vehículos de emergencia?  |          |                            |

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|---|---|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE  |   |          |                       |
| FIRMA   |   |          |                       |
| FECHA   |   |          |                       |
| <b>3.1</b>                                    | <b>Cambios desde la ASV previa</b>  |          |                       |
| 1   | ¿Las condiciones del proyecto originalmente diseñado todavía se aplican? (por ejemplo, no existen cambios en la red vial adyacente, área de actividades o composición del flujo vehicular)              |          |                       |
| 2   | ¿El diseño del proyecto se mantiene sin alteraciones desde la ASV anterior?   |          |                       |
| <b>3.2</b>                                    | <b>Drenaje</b>  |          |                       |
| 3   | ¿La nueva vía tendrá un escurrimiento adecuado de las aguas?  |          |                       |
| 4   | ¿Es la pendiente longitudinal y transversal correcta para un drenaje satisfactorio?   |          |                       |
| 5   | ¿Son los tramos planos evitados o adecuadamente repartidos al comienzo o final de un peralte?   |          |                       |
| 6   | ¿La posibilidad de inundación de la superficie de rodado ha sido adecuadamente tratada, incluyendo desbordamientos desde áreas vecinas o en intersecciones de alcantarillas y cursos de agua?           |          |                       |
| 7   | ¿La profundidad del canal es adecuado para limitar inundaciones?  |          |                       |
| 8   | ¿Es la rejilla de sumidero diseñada en forma segura para conducir el agua?  |          |                       |
| 9   | ¿Las sendas peatonales, tienen un adecuado drenaje?   |          |                       |
| <b>3.3</b>                                    | <b>Condiciones climáticas</b>   |          |                       |
| 10  | ¿El diseño toma en cuenta los registros meteorológicos o la experiencia local que pueda indicar algún problema particular? (por ejemplo nieve, hielo, viento, niebla)                                   |          |                       |
| <b>3.4</b>                                    | <b>Entorno de la vía</b>  |          |                       |
| 11  | ¿Los conductores serán capaces de ver a peatones (y viceversa) más allá del paisaje (cerros, valles, ríos, vegetación, etc.)?   |          |                       |
| 12  | ¿La línea de visibilidad en una intersección será mantenida más allá o sobre el paisaje?  |          |                       |
| 13  | ¿La seguridad será adecuada con los cambios estacionales (por ejemplo, que no se oscurezcan señales de tránsito, protección del sol o efectos de la luz, de la superficie resbaladiza por hielo, etc.)? |          |                       |
| 14  | ¿Se mantendrá la seguridad al borde de la vía cuando los árboles crezcan, florezcan?  |          |                       |
| 15  | ¿Se ha utilizado vegetación frágil en zonas donde de potencial riesgo de que los vehículos se salgan de la vía?   |          |                       |
| <b>3.5</b>                                    | <b>Servicios</b>  |          |                       |
| 16  | ¿El diseño considera la provisión de servicios en forma segura de modo de no generar riesgos sobre los usuarios, teléfonos de Emergencia, paraderos, etc.?  |          |                       |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|---|---|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE  |   |          |                       |
| FIRMA   |   |          |                       |
| FECHA   |   |          |                       |
| 17  | ¿La localización o fijación de objetos o mobiliarios asociados con servicios ha sido revisada?  |          |                       |
| <b>3.6</b>                                    | <b>Accesos a propiedades y desarrollos urbanos</b>  |          |                       |
| 18  | ¿Todos los accesos pueden ser usados segura- mente?   |          |                       |
| 19  | ¿Tanto aguas abajo, como aguas arriba, desde los puntos de acceso el proyecto provoca algún problema, en particular, cerca de una intersección?   |          |                       |
| 20  | ¿En las áreas de descanso y de estacionamiento de camiones, los accesos presentan una adecuada distancia de visibilidad?  |          |                       |
| <b>3.7</b>                                    | <b>Emergencias, interrupciones, accesos de vehículos de emergencia y de servicios</b>   |          |                       |
| 21  | ¿Se han considerado los accesos y movimientos de vehículos de emergencia en forma segura?   |          |                       |
| 22  | ¿El diseño, y la provisión de barreras vehiculares en la mediana, permiten que los vehículos de emergencia se detengan y retornen por la otra calzada sin necesidad de interrumpir el tráfico?  |          |                       |
| 23  | ¿Los vehículos descompuestos o paradas de vehículos de emergencia se han considerado adecuadamente?   |          |                       |
| 24  | ¿Es la disposición para los teléfonos de emergencia satisfactoria?"   |          |                       |
| 25  | ¿Las aberturas de medianas en vías de doble calzadas se localizan con seguridad? (es decir, frecuencia, visibilidad)  |          |                       |
| <b>3.8</b>                                    | <b>Futuros ensanches y/o realineamientos</b>  |          |                       |
| 26  | ¿Si el proyecto es el ensanche de un tramo de la vía, hacia una vía de doble calzada, el diseño es adecuado y seguro de ser comprendido por los conductores?  |          |                       |
| 27  | ¿Es la transición segura entre una carretera de una calzada y una de doble calzada (o viceversa)?   |          |                       |
| <b>3.9</b>                                    | <b>Etapas del proyecto</b>  |          |                       |
| 28  | El proyecto puede ser desarrollado en etapas, o construido en distintos tiempos: ¿Pueden los planos y programas de construcción modificados para mejorar el nivel de seguridad del proyecto? ¿Los planos y programas de construcción incluyen medidas de seguridad específicas como señalización; adecuadas transiciones geométricas; etc.? |          |                       |
| <b>3.10</b>                                   | <b>Etapas de los trabajos</b>   |          |                       |
| 29  | ¿Si la construcción debe ser realizada en varios contratos, son ellos realizados en forma segura? (es decir, las etapas no se construyen en un orden que pueda crear condiciones de inseguridad)  |          |                       |
| <b>3.11</b>                                   | <b>Desarrollos urbanos adyacentes</b>   |          |                       |
| 30  | ¿El diseño considera los accesos para los mayores generadores de tránsito adyacentes y desarrollos urbanos en forma segura?   |          |                       |
| 31  | ¿Es la percepción de los conductores engañada por los efectos de la iluminación o señalización vertical de una vía adyacente?   |          |                       |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |   | <b>REVISADO</b>    | <b>ETAPA DE DISEÑO FINAL</b> |
|--|---|--------------------|------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |   |                    |                              |
| <b>NOMBRE</b>  |   |                    |                              |
| <b>FIRMA</b>   |   |                    |                              |
| <b>FECHA</b>   |   | <b>COMENTARIOS</b> |                              |
| 32   | ¿La necesidad de una pantalla anti deslumbramiento por la iluminación en villorrios adyacentes se ha considerado adecuadamente?   |                    |                              |
| <b>3.12</b>  | <b>Estabilidad de cortes y terraplenes</b>  |                    |                              |
| 33   | ¿La estabilidad de los taludes es correcta? (por ejemplo, no existen riesgos de que el material pueda aflojarse y afectar a los usuarios de la vía)   |                    |                              |
| <b>3.13</b>  | <b>Resistencia al deslizamiento</b>   |                    |                              |
| 34   | ¿La necesidad de tener una superficie antideslizante se ha considerado en zonas donde el frenado requiere una buena adherencia de la vía? (por ejemplo, en pendientes, curvas, al acercarse a intersecciones y semáforos) |                    |                              |
| <b>3.14</b>  | <b>Diseño</b>   |                    |                              |
| <b>3.14.1</b>  | <b>Geometría y alineamiento horizontal y vertical</b>   |                    |                              |
| 35   | ¿El diseño horizontal y vertical se ha combinado correctamente?   |                    |                              |
| 36   | ¿La alineación vertical es constante y apropiada en todas partes?   |                    |                              |
| 37   | ¿La alineación horizontal es constante en todas partes?   |                    |                              |
| 38   | ¿La alineación es compatible con la función de la vía?  |                    |                              |
| 39   | ¿El diseño puede dar una señal engañosa a la visual de los conductores (por ejemplo, ilusiones visuales, la delineación subliminal como las líneas de postes)?  |                    |                              |
| <b>3.14.2</b>  | <b>Sección transversal</b>  |                    |                              |
| 40   | ¿Son los anchos de las pistas, bermas, medianas y otros elementos de la sección transversal adecuados con la función de la vía?   |                    |                              |
| 41   | Es el ancho de las pistas y de la calzada adecuada respecto a: ¿Alineamiento? ¿Flujo vehicular? ¿Dimensiones de los vehículos? ¿La velocidad de diseño? ¿Combinaciones de velocidad y flujos vehiculares?                 |                    |                              |
| 42   | ¿El ancho de la berma es adecuada para la detención momentánea de vehículos o para vehículos errantes?  |                    |                              |
| 43   | ¿El ancho de la mediana es adecuado para ubicar el mobiliario vial?   |                    |                              |
| 44   | ¿La pendiente transversal es adecuada con el entorno de la vía?   |                    |                              |
| 45   | ¿La pendiente de la berma es segura para la circulación de vehículos?   |                    |                              |
| 46   | ¿El talud de la pendiente es maniobrable para automóviles y camiones?   |                    |                              |
| 47   | ¿Se han provisto facilidades para peatones y ciclistas?   |                    |                              |
| <b>3.14.3</b>  | <b>Efectos de la variación de la sección transversal</b>  |                    |                              |
| 48   | ¿Está el diseño libre de variaciones imprevistas en su sección transversal?   |                    |                              |
| 49   | ¿Son seguras las pendientes transversales (particularmente donde las secciones de la carretera existente se han utilizado o se utilizaran para generar un acceso, en angostamientos en puentes, etc.)?                    |                    |                              |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL       |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|---|---|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                     |   |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE  |   |          |                       |
| FIRMA   |   |          |                       |
| FECHA   |   |          |                       |
| 50  | ¿Si alguna curva tiene un contra-peralte, se encuentra este dentro de los límites apropiados?   |          |                       |
| 51  | ¿El peralte es adecuado y suficiente en todos los lugares donde es requerido?   |          |                       |
| <b>3.14.4 Disposición de la calzada</b>             |   |          |                       |
| 52  | ¿Son las características de la gestión de tránsito diseñadas para evitar la creación de condiciones de inseguridad?   |          |                       |
| 53  | ¿Son la disposición de las demarcaciones y retrorreflectividad de los materiales capaces de advertir satisfactoriamente los cambios en la alineación? (en particular cuando el alineamiento puede ser deficiente)   |          |                       |
| 54  | ¿Están contemplados adecuadamente los adelantamientos?  |          |                       |
| 55  | ¿Las pistas de adelantamientos son provistas en forma segura, desde que comienza hasta que termina la maniobra?   |          |                       |
| 56  | ¿Los requerimientos para adelantamientos son satisfactorios?  |          |                       |
| 57  | ¿El diseño puede generar algún problema de visibilidad para el conductor producto del sol al amanecer y/o atardecer?  |          |                       |
| 58  | ¿Los requerimientos de transporte público están satisfechos adecuadamente?  |          |                       |
| <b>3.14.5 Bermas y tratamiento de bordes</b>        |   |          |                       |
| 59  | Son los siguientes aspectos de seguridad provistos en la berma de forma satisfactoria: ¿Se cuenta con pavimentación o tratamiento superficial la berma? ¿Anchos y tratamiento sobre terraplenes? ¿Pendiente transversal de la berma?  |          |                       |
| 60  | ¿Las bermas son seguras sin para vehículos que se están desplazando lentamente o para ciclista?   |          |                       |
| <b>3.14.6 Visibilidad; distancia de visibilidad</b> |   |          |                       |
| 61  | ¿Son los alineamientos horizontales y verticales consistentes con la visibilidad requerida?   |          |                       |
| 62  | ¿La velocidad de diseño seleccionada es coherente con la visibilidad requerida?   |          |                       |
| 63  | ¿El diseño permitirá que la línea de visibilidad esté libre de obstrucciones producto de?: defensas camineras, vallas, cercos divisores, mobiliario vial, estacionamientos, señalización vertical, vegetación, paisaje, estructura de puentes, vehículos estacionados al borde de la vía, colas formadas por vehículos o similar. |          |                       |
| 64  | ¿Son los cruces ferroviarios, puentes y otros peligros totalmente visibles?   |          |                       |
| 65  | ¿Está el diseño libre de otras características del lugar que afectar la visibilidad?  |          |                       |
| 66  | ¿Existen obstrucciones elevadas (por ejemplo, pasos sobre nivel o ferroviarios, pórticos de señalización, follaje de árboles) que puedan limitar la distancia de  |          |                       |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b> | <b>ETAPA DE DISEÑO FINAL</b> |
|--|--|-----------------|------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |  |                 | <b>COMENTARIOS</b>           |
| <b>NOMBRE</b>  |  |                 |                              |
| <b>FIRMA</b>   |  |                 |                              |
| <b>FECHA</b>   |  |                 |                              |
|  | visibilidad especialmente en la parte baja de una curva vertical?  |                 |                              |
| 67   | ¿La vía puede ser utilizada por vehículos de gran altura, o si no, se ha considerado un desvío hacia una ruta alternativa donde sea necesario?   |                 |                              |
| 68   | Es la visibilidad adecuada para: ¿Cualquier peatón, bicicleta o cruces de ganado? ¿Accesos a vías, vías de acceso, sobre y de accesos a desnivel, etc.?  |                 |                              |
| 69   | Se ha proporcionado una buena visibilidad a: ¿Entradas y salidas de rampas? intersecciones? ¿Rotondas? Otros puntos de posible conflicto   |                 |                              |
| <b>3.14.7</b>  | <b>Visibilidad de Y, visibilidad en intersecciones</b>   |                 |                              |
| 70   | ¿Los alineamientos horizontales y verticales en las intersecciones, o en las proximidades de la intersección, son consistentes con la visibilidad requerida?   |                 |                              |
| 71   | ¿El estándar adoptado permite una buena visibilidad para la velocidad del tránsito y para una composición del tránsito inusual?  |                 |                              |
| 72   | El diseño considera que la línea de visibilidad estará libre de obstrucciones, producto de: ¿Barreras de seguridad o vallas? ¿Cercas o vallas divisoras? ¿Mobiliario vial? ¿Estacionamientos? ¿Señalización vertical? ¿Vegetación y paisaje? ¿Estructura de puentes? |                 |                              |
| 73   | ¿Los cruces ferroviarios, puentes y otros peligros cercanos a las intersecciones, son totalmente visibles?   |                 |                              |
| 74   | ¿El diseño está libre de alguna otra característica del lugar que pueda afectar negativamente la visibilidad?  |                 |                              |
| <b>3.15</b>  | <b>Efectos de no ajustarse a normas o pautas</b>   |                 |                              |
| 75   | ¿En el caso de aprobar algún diseño que no se ajuste a la norma?, ¿La seguridad se mantiene?   |                 |                              |
| 76   | ¿Si se detectó algún diseño que no se ajuste a la norma: ¿La seguridad se mantiene?  |                 | ridad                        |
| <b>3.16</b>  | <b>Tratamientos ambientales</b>  |                 |                              |
| 77   | ¿La seguridad vial ha sido considerada en la mitigación de ambientales? (por ejemplo, panel anti ruido)  |                 | os                           |
| <b>3.17</b>  | <b>Enlaces entre vías nuevas y existentes</b>  |                 |                              |
| 78   | ¿Se han considerado implicaciones de seguridad   |                 |                              |
| 79   | ¿La transición desde la vía antigua hacia el nuevo proyecto es satisfactoria?  |                 |                              |
| 80   | ¿Si la vía existente tiene un estándar inferior al del nuevo proyecto, es clara la advertencia e inequívoca la reducción del estándar?   |                 |                              |
| 81   | ¿Se han tomado las medidas apropiadas de seguridad en donde se requieran cambios repentinos de velocidad?  |                 |                              |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|---|--|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE  |  |          |                       |
| FIRMA   |  |          |                       |
| FECHA   |  |          |                       |
| 82  | ¿El acceso o la fricción lateral son manejados seguramente?  |          |                       |
| 83  | El enlace ocurre lejos de algún riesgo? (por ejemplo, de la parte alta de una curva vertical, de una curva horizontal, donde existen peligros de visibilidad o distracciones al borde de la vía) |          |                       |
| 84  | ¿Si el estándar de la calzada varía, el cambio es efectuado en forma segura?   |          |                       |
| 85  | ¿La transición ocurre donde el cambio del entorno es seguro? (por ejemplo, de urbano a rural, de zona restringida a sin restricción, de zona iluminada a una sin iluminación)                    |          |                       |
| 86  | ¿Se ha considerado la necesidad de realizar advertencias con anticipación?   |          |                       |
| <b>3.18</b>                                   | <b>Legibilidad del alineamiento para los conductores</b>   |          |                       |
| 87  | ¿El trazado general, la función y las características generales de la vía serán reconocidos por los conductores con suficiente anticipación?   |          |                       |
| 88  | ¿Las velocidades de aproximación serán convenientes y los conductores podrán ser guiados correctamente por la vía?   |          |                       |
| 89  | ¿La existencia de la intersección y su distribución general, la función y las características, es percibida correctamente por los conductores?   |          |                       |
| 90  | ¿Las velocidades de aproximación serán convenientes y los conductores podrán ser guiados correctamente por la vía?   |          |                       |
| 91  | ¿El diseño está libre de elementos o situaciones que puedan resultar engañosas?  |          |                       |
| 92  | ¿Se han considerado satisfactoriamente los efectos sobre los conductores, de los ángulos del sol al amanecer y atardecer?  |          |                       |
| <b>3.19</b>                                   | <b>Detalles del diseño geométrico</b>  |          |                       |
| 93  | ¿Son las normas de diseño apropiadas por todas las exigencias del proyecto?  |          |                       |
| 94  | ¿El ancho de las pistas y la pendiente transversal son consistentes con las normas y pautas generales de diseño?   |          |                       |
| <b>3.20</b>                                   | <b>Tratamiento de puentes y alcantarillas</b>  |          |                       |
| 95  | ¿La transición geométrica de la sección transversal al entrar a un puente se puede realizar en forma segura?   |          |                       |
| <b>3.21</b>                                   | <b>Distribución</b>  |          |                       |
| 96  | ¿Las intersecciones y accesos son adecuados para todos los movimientos vehiculares?  |          |                       |
| 97  | ¿Se ha considerado correctamente el diseño de los vehículos, y se ha comprobado que sus dimensiones no tendrán problemas de seguridad en virajes y retornos?                                     |          |                       |
| 98  | ¿La vía podrá recibir a todo el tipo de vehículos que se esperan?  |          |                       |
| 99  | ¿Pueden presentarse situaciones inusuales en las intersecciones, que pueda afectar la seguridad de la vía?   |          |                       |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b> | <b>ETAPA DE DISEÑO FINAL</b> |
|--|--|-----------------|------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |  |                 | <b>COMENTARIOS</b>           |
| <b>NOMBRE</b>  |  |                 |                              |
| <b>FIRMA</b>   |  |                 |                              |
| <b>FECHA</b>   |  |                 |                              |
| 100  | ¿La vallas peatonales se han proyectado donde es necesario? (por ejemplo, para guiar a peatones o para desincentivar el estacionamiento.   |                 |                              |
| 101  | ¿Dónde es necesario, se ha considerado un tratamiento antideslizante al pavimento?   |                 |                              |
| 102  | ¿Las islas y señalización vertical han sido ubicadas donde se requieren?   |                 |                              |
| 103  | Los vehículos que pueden estacionarse en, o cerca de, la intersección: ¿Pueden hacerlo en forma segura, o se requiere que dicho estacionamiento sea trasladado?<br>¿Representan algún peligro y puede ser evitado?   |                 |                              |
| <b>3.22</b>  | <b>Diseño de detalles geométricos</b>  |                 |                              |
| 104  | ¿La distribución es segura ante una combinación inusual o circunstancias especiales del tránsito?  |                 |                              |
| 105  | Las medianas o islas, están dispuestas correctamente y en forma segura en cuanto a: ¿Vehículos y alineamiento de vías? ¿Proximidad de semáforos? ¿Capacidad y superficie para peatones? ¿Proveer una pista de retorno despejada? ¿Distancia de visibilidad de parada? ¿Ser irrupidas por vehículos errantes? |                 |                              |
| 106  | ¿Es adecuado el despeje vertical para la infraestructura? (por ejemplo, líneas de energía eléctrica)   |                 |                              |
| <b>3.23</b>  | <b>Semáforos</b>   |                 |                              |
| 107  | ¿Podrán operar las fases y/o secuencias en forma segura?   |                 |                              |
| 108  | ¿Será adecuado el tiempo previsto para los movimientos del flujo vehicular y peatonal?   |                 |                              |
| 109  | ¿Las lámparas del semáforo serán visibles? (por ejemplo, que no estén obstruidas por árboles, postes, señales de tránsito o grandes vehículos)   |                 |                              |
| 110  | ¿Las lámparas orientadas en otras direcciones de acercamiento estarán suficientemente protegidas de modo de ser vistas solo por el tránsito que las enfrenta?  |                 |                              |
| 111  | ¿Las lámparas tendrán una intensidad de luz suficiente, de modo de, si corresponde, no ser afectadas por la salida o puesta de sol?  |                 |                              |
| 112  | ¿La alineación vertical proporciona una adecuada distancia de visibilidad de parada hacia la intersección o detrás de la cola vehicular?   |                 |                              |
| 113  | ¿Dónde se requiere, se han provisto facilidades para peatones?   |                 |                              |
| 114  | ¿Los conductores que se aproximan a la intersección podrán ver claramente a los peatones?  |                 |                              |
| 115  | ¿Existirá una fase exclusiva para peatones? ¿Es adecuada?  |                 |                              |
| <b>3.24</b>  | <b>Rotondas</b>  |                 |                              |
| 116  | ¿Es adecuada la desviación o curva proyectada para reducir las velocidades de acercamiento?  |                 |                              |
| 117  | ¿Si son necesarias las islas de encausamiento, tendrán una buena distancia de visibilidad, longitud y capacidad para almacenar peatones?   |                 |                              |
| 118  | ¿La isla central es elevada y visible?   |                 |                              |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|---|--|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE  |  |          |                       |
| FIRMA   |  |          |                       |
| FECHA   |  |          |                       |
| 119   | ¿Se ha comprobado que el diseño es adecuado para todo tipo de vehículos?   |          |                       |
| 120   | ¿Son adecuados los detalles de la isla central (como: delineación, elevación, visibilidad)?  |          |                       |
| 121   | ¿Los conductores podrán ver a los peatones con el tiempo suficiente?   |          |                       |
| 122   | ¿Se requiere que las pistas de aproximación estén demarcadas?  |          |                       |
| 123   | ¿La iluminación es adecuada?   |          |                       |
| <b>3.25</b>                                   | <b>Otras intersecciones</b>  |          |                       |
| 124   | ¿Se ha considerado la necesidad de pintar los bordes de las islas y los refugios?  |          |                       |
| 125   | ¿Las intersecciones tienen la longitud de cola vehicular adecuada?   |          |                       |
| 126   | ¿Las intersecciones tienen capacidad para albergar a los vehículos que efectúan movimientos de viraje?   |          |                       |
| <b>3.26</b>                                   | <b>Terrenos adyacentes</b>   |          |                       |
| 127   | ¿Existe la necesidad de considerar movimientos relacionados con la actividad agrícola de la zona?  |          |                       |
| <b>3.27</b>                                   | <b>Peatones</b>  |          |                       |
| 128   | Pueden los peatones cruzar en forma segura en: ¿las intersecciones? ¿Los cruces peatonales y semaforizadas?  |          |                       |
| 129   | Cada cruce será satisfactorio en cuanto a: ¿Visibilidad para ambos sentidos? ¿Ser usado por personas con movilidad reducida? ¿Ser usado por personas de la tercera edad? ¿Ser usado por escolares? |          |                       |
| 130   | ¿Se han instalado vallas peatonales en los cruces donde se requieren (en el borde de la vía y en la mediana)?  |          |                       |
| 131   | ¿Los peatones están impedidos de cruzar la vía en lugares inseguros?   |          |                       |
| 132   | ¿Las señales de tránsito para peatones son adecuadas?  |          |                       |
| 133   | ¿El ancho y la pendiente de los cruces peatonales son satisfactorio?   |          |                       |
| 134   | ¿Es adecuada la iluminación para cada cruce?   |          |                       |
| 135   | Los cruces son ubicados en sitios donde se maximiza su uso, es decir, ¿están en el lugar donde los peatones quieren cruzar?  |          |                       |
| <b>3.28</b>                                   | <b>Ciclistas</b>   |          |                       |
| 136   | ¿Se han considerado las necesidades de los ciclistas?: ¿En intersecciones (particularmente rotondas)? ¿En vías de alta velocidad?  |          |                       |
| 137   | ¿Las facilidades para ciclistas y peatones son compartidas (incluyendo pasos sobre y bajo nivel) en forma segura y están señalizadas adecuadamente?  |          |                       |
| <b>3.29</b>                                   | <b>Motociclistas</b>   |          |                       |
| 138   | ¿Sobre la calzada existen dispositivos u objetos o situaciones que puedan desestabilizar a una motocicleta?  |          |                       |
| 139   | ¿El borde está libre de obstrucciones de forma que una motocicleta consiga inclinarse en una curva en forma segura?  |          |                       |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |   | <b>REVISADO</b>    | <b>ETAPA DE DISEÑO FINAL</b> |
|--|---|--------------------|------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |   |                    |                              |
| <b>NOMBRE</b>  |   |                    |                              |
| <b>FIRMA</b>   |   |                    |                              |
| <b>FECHA</b>   |   | <b>COMENTARIOS</b> |                              |
| 140  | ¿Existen advertencias o delineadores adecuados para motociclistas?  |                    |                              |
| 141  | ¿Se ha evitado que existan extremos de barreras de contención expuestas, sin protección o terminales, en zonas de alta velocidad?   |                    |                              |
| 142  | ¿En áreas en donde existen mayores probabilidades de que las motocicletas puedan salirse de la vía, se ha dispuesto alguna medida de seguridad tales como barreras de seguridad amigable a los motociclistas? |                    |                              |
| <b>3.30</b>  | <b>Jinetes a caballo y tránsito de ganado</b>   |                    |                              |
| 143  | ¿Se ha considerado el tránsito de jinetes a caballo, incluyendo el empleo de bordes o bermas y la normativa en cuanto a, si pueden hacer uso de la calzada?   |                    |                              |
| 144  | ¿Existen pasos a desnivel que puedan ser usados por jinetes a caballo y ganado en general?  |                    |                              |
| <b>3.31</b>  | <b>Transporte de carga y transporte público</b>   |                    |                              |
| 145  | ¿Se han considerado las maniobras de camiones, incluyendo radios de giro y anchos de pistas amplios?  |                    |                              |
| 146  | ¿Las necesidades del transporte público han sido consideradas, con facilidades y señalización adecuada?   |                    |                              |
| 147  | ¿Se han considerado las necesidades de los usuarios del transporte público?   |                    |                              |
| 148  | ¿Se han considerado las maniobras del transporte público?   |                    |                              |
| 149  | ¿Las paradas de buses son ubicadas en forma segura?   |                    |                              |
| <b>3.32</b>  | <b>Vehículos u obreros que realizan mantención de la vía</b>  |                    |                              |
| 150  | ¿Los vehículos que realizan la mantención de la vía, pueden ser estacionados en forma segura?   |                    |                              |
| 151  | ¿Pueden realizarse las labores de mantención en forma segura?   |                    |                              |
| 152  | Iluminación   |                    |                              |
| 153  | ¿Se requiere iluminación? ¿Les proporcionada adecuadamente?   |                    |                              |
| 154  | ¿El diseño está libre de aspectos que puedan interrumpir una correcta iluminación? (por ejemplo árboles o sobre puentes)  |                    |                              |
| 155  | ¿Los postes a utilizar serán frágiles (quebradizos) o de base colapsable?   |                    |                              |
| 156  | ¿El proyecto de iluminación confundirá o provocara efectos engañosos sobre la señalización o semáforos?   |                    |                              |
| 157  | ¿La iluminación permitirá iluminar adecuadamente los cruces, las vías cercanas, refugios, etc.?   |                    |                              |
| <b>3.33</b>  | <b>Señalización vertical de tránsito</b>  |                    |                              |
| 158  | ¿La localización de la señalización vertical será la apropiada?   |                    |                              |
| 159  | ¿La señalización de tránsito estará ubicada en un lugar donde puedan ser vistas y leídas con la debida anticipación?  |                    |                              |
| 160  | ¿La señalización está instalada de modo que la distancia de visibilidad de los conductores sea mantenida?   |                    |                              |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL            |  | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|--|--|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO  |  |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE   |  |          |                       |
| FIRMA  |  |          |                       |
| FECHA  |  |          |                       |
| 161  | ¿La señalización estará instalada de manera visible a los conductores?   |          |                       |
| 162  | ¿Estarán los postes de la señalización fuera de las zonas despejadas?  |          |                       |
| 163  | Si no, son ellos: ¿Frágiles? ¿Escudados con barreras? (por ejemplo defensas camineras, amortiguador de impacto)  |          |                       |
| 164  | ¿Se ha evitado una sobre dependencia de la señalización? (en lugar de un diseño geométrico adecuado)   |          |                       |
| 165  | ¿La nueva señalización será compatible con la de la red vial adyacente? o ¿La señalización antigua tendrá que ser mejorada?  |          |                       |
| <b>3.34 Demarcación y delineación</b>                    |  |          |                       |
| 166  | ¿Las formas y símbolos de la demarcación son consistentes con el manual de señalización?   |          |                       |
| 167  | ¿Están las líneas continuas (de no adelantamiento) provistas donde se requieren?   |          |                       |
| 168  | ¿Las tachas son retrorreflectivas y provistas donde son necesarias?  |          |                       |
| 169  | ¿Las señales de advertencia de peligro de la curva, de velocidad o chevrones delineadores son adecuadas en número, tamaño y ubicación?   |          |                       |
| 170  | ¿Se ha considerado la necesidad de un borde alertador?   |          |                       |
| 171  | ¿Los postes de guía, hitos de arista, son frágiles?  |          |                       |
| <b>3.35 Certificación de los sistemas de contención.</b> |  |          |                       |
| 172  | ¿Se han presentado y aceptado un certificado de ensayos según la normativa internacional (NCHRP 350 o EN 1317) para cada sistema de contención vial incluyendo barreras, terminales de barreras y amortiguadores de impacto? |          |                       |
| <b>3.36 Barreras</b>                                     |  |          |                       |
| 173  | ¿Se han considerado correctamente y en detalle?  |          |                       |
| 174  | ¿Se han incorporado tratamientos iniciales y finales en cada tramo?  |          |                       |
| 175  | ¿Se han incorporado transiciones y conexiones en cada lugar donde se requiere conexiones entre sistemas de diferente ancho de trabajo? Por ejemplo, las barreras de aproximación y las barreras de puentes.                  |          |                       |
| 176  | ¿Dónde son necesarios, se han provisto adecuadamente barreras de contención? (por ejemplo en terraplenes, estructuras, árboles, postes, canales de drenajes, en puentes)   |          |                       |
| 177  | ¿Es necesaria la defensa de contención (no representa un riesgo mayor que el objeto que está escudando)?   |          |                       |
| <b>3.37 Objetos laterales</b>                            |  |          |                       |
| 178  | ¿Se han incluido postes frágiles o colapsables donde se requiere?  |          |                       |
| 179  | ¿El borde de la vía está libre de otras obstrucciones que representan un riesgo?   |          |                       |

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | ETAPA DE DISEÑO FINAL |
|---|---|----------|-----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |   |          | COMENTARIOS           |
| NOMBRE  |   |          |                       |
| FIRMA   |   |          |                       |
| FECHA   |   |          |                       |
| 180   | ¿El alcantarillado al borde de la vía y los canales, pueden ser atravesados en forma segura por cualquier vehículo que se salga de la vía?  |          |                       |
| <b>3.38</b>                                   | <b>Puentes</b>  |          |                       |
| 181   | ¿Es segura el espacio para el tránsito no vehicular sobre el puente? (por ejemplo, peatones, bicicletas, caballos, etc.)                    |          |                       |
| 182   | ¿Las salidas de las alcantarillas representan algún riesgo para los conductores que se puedan salir de la vía?                              |          |                       |
| <b>3.39</b>                                   | <b>Alineamiento horizontal</b>  |          |                       |
| 183   | ¿Es adecuada la visibilidad para conductores y peatones en los accesos propuestos?  |          |                       |
| 184   | ¿Es adecuado el espacio provisto para el viraje del flujo y velocidad del tránsito?   |          |                       |
| 185   | ¿Tienen los radios de curva una visibilidad adecuada?   |          |                       |
| 186   | ¿Las distancias de visibilidad y parada son adecuadas?  |          |                       |
| <b>3.40</b>                                   | <b>Provisión de estacionamientos</b>  |          |                       |
| 187   | ¿El estacionamiento local es adecuado para evitar que los vehículos se estacionen sobre la calzada con el riesgo asociado a ello?           |          |                       |
| 188   | ¿Los estacionamientos son localizados en áreas seguras?   |          |                       |
| 189   | ¿Es adecuado el espacio proporcionado en las áreas de estacionamiento para la circulación y la distancia de visibilidad de la intersección? |          |                       |
| <b>3.41</b>                                   | <b>Servicios</b>  |          |                       |
| 190   | ¿Son adecuadas las áreas de carga y/o descarga de la vía?   |          |                       |
| 191   | ¿Los virajes de vehículos grandes son previstos en lugares seguros?   |          |                       |
| 192   | ¿Los accesos para vehículos de emergencia son adecuados?  |          |                       |



| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE PROCESO CONSTRUCTIVO |
|---|--|----------|-------------------------------|
|   |  |          | COMENTARIOS                   |
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                        |  |          |                               |
| <b>NOMBRE</b>                                 |  |          |                               |
| <b>FIRMA</b>                                  |  |          |                               |
| <b>FECHA</b>                                  |  |          |                               |
| <b>4.1</b>                                    | <b>Plan de obra</b>  |          |                               |
| 1   | ¿El plan y el cronograma de obra de la construcción son claros con respecto a las medidas de seguridad temporal adoptadas?   |          |                               |
| 2   | ¿Presenta el proyecto una etapa de preconstrucción?  |          |                               |
| 3   | ¿Existe un plan de manejo temporal del tránsito, señalización, demarcación y desvíos?  |          |                               |
| 4   | ¿El plan tiene retroalimentación por la accidentalidad presentada durante la ejecución de la obra?   |          |                               |
| <b>4.2</b>                                    | <b>Desvíos temporales</b>  |          |                               |
| 5   | ¿Se han realizado estudios de capacidad y niveles de servicio en la definición del plan de desvío de tráfico?  |          |                               |
| 6   | ¿Los desvíos resuelven en capacidad y fluidez la circulación peatonal y vehicular?   |          |                               |
| 7   | ¿Una vez puesto el plan de desvíos, se evalúa su operación desde el punto de vista de capacidad y niveles de servicio?   |          |                               |
| 8   | ¿Se realizan operaciones especiales para el manejo de tránsito en periodos picos?  |          |                               |
| 9   | ¿La selección de las vías para los desvíos es la apropiada?  |          |                               |
| 10  | ¿Se encuentra en buen estado las vías para los desvíos?  |          |                               |
| <b>4.3</b>                                    | <b>Operación</b>   |          |                               |
| 11  | ¿Existe el empleo de flujos reversibles?   |          |                               |
| 12  | ¿Existe el empleo de contraflujos?   |          |                               |
| 13  | ¿Los peatones, los ciclistas y conductores perciben que están entrando a un área de conflicto potencial?   |          |                               |
| 14  | ¿Es visible el área de trabajo temporal para el tráfico que se aproxima?   |          |                               |
| 15  | ¿Existe rutas temporales de transporte de carga?   |          |                               |
| 16  | ¿Se consideran los aspectos básicos para mantener limpia el área de construcción?  |          |                               |
| 17  | ¿El proyecto contempla la necesidad de agentes de tránsito y auxiliares?   |          |                               |
| 18  | ¿Se realiza el transporte de maquinaria extra dimensionado en obra, de acuerdo con procedimientos seguros y con control de autoridad de tránsito correspondiente?                  |          |                               |
| <b>4.4</b>                                    | <b>¿Alineamientos</b>  |          |                               |
| 19  | ¿Los trabajos en la vía se han localizado en forma segura respecto de la alineación horizontal y vertical? Si no, ¿la señalización de los trabajos lo advierten en forma correcta? |          |                               |
| 20  | ¿Las transiciones, desde vías existentes hacia vías con trabajos, son seguras y se presentan claramente?   |          |                               |
| <b>4.5</b>                                    | <b>Radios de giro y canalizaciones</b>   |          |                               |
| 21  | ¿Los retornos, o virajes, y las canalizaciones son construidas de acuerdo a las guías o pautas?  |          |                               |
| 22  | ¿Las canalizaciones se encuentran delineadas por conos de trabajos en la vía, donde es necesario?  |          |                               |
| 23  | ¿Son los anchos de pista adecuados para el tránsito que circulara por el área de trabajo?  |          |                               |
| 24  | ¿Los alineamientos del borde, de las islas de tránsito y de la mediana son adecuados?  |          |                               |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |   | <b>REVISADO</b>    | <b>ETAPA DE PROCESO CONSTRUCTIVO</b> |
|--|---|--------------------|--------------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |   |                    |                                      |
| <b>NOMBRE</b>  |   |                    |                                      |
| <b>FIRMA</b>   |   |                    |                                      |
| <b>FECHA</b>   |   | <b>COMENTARIOS</b> |                                      |
| <b>4.6</b>   | <b>Seguridad y visibilidad de las pistas de tránsito</b>  |                    |                                      |
| 25   | ¿El área de trabajo está definida claramente?   |                    |                                      |
| 26   | ¿Las trayectorias de los recorridos, en ambos sentidos de tránsito, están claramente definidas? ¿El área de trabajo esta adecuadamente separada del tránsito?                   |                    |                                      |
| 27   | ¿Las demarcaciones del eje central y del borde de la vía son claras e inequívocas?  |                    |                                      |
| 28   | ¿La distancia de visibilidad de parada es adecuada en los trabajos y en intersecciones y en accesos?  |                    |                                      |
| 29   | ¿Las paradas de buses están correctamente localizadas, en forma segura, con buena visibilidad y con una separación adecuada de las pistas de tránsito?                          |                    |                                      |
| 30   | ¿Pueden los pasajeros caminar en forma segura hacia y desde los paraderos de buses?   |                    |                                      |
| <b>4.7</b>   | <b>Seguridad de día y noche</b>   |                    |                                      |
| 31   | ¿Es apropiada la iluminación de la vía, u otra delineación provista para los trabajos, para asegurar que el lugar sea seguro en la noche? (es esencial una inspección de noche) |                    |                                      |
| 32   | ¿El área de trabajo segura para peatones y ciclistas en la noche?   |                    |                                      |
| <b>4.8</b>   | <b>Mantención</b>   |                    |                                      |
| 33   | ¿La vía puede ser mantenida en forma segura durante la construcción? (considerando trabajadores y público)  |                    |                                      |
| 34   | ¿La superficie de la vía está libre de grava, fango, tierra u otros restos?   |                    |                                      |
| <b>4.9</b>   | <b>Acceso a propiedades</b>   |                    |                                      |
| 35   | ¿Los trabajos en la vía, consideran en forma segura el acceso a propiedades?  |                    |                                      |
| <b>4.10</b>  | <b>Barreras de contención</b>   |                    |                                      |
| 36   | ¿Las barreras de contención son usadas donde se requiere para separar las áreas de trabajo de áreas públicas?   |                    |                                      |
| 37   | ¿Las barreras de contención son usadas donde se requiere para proteger el tránsito de otros peligros?   |                    |                                      |
| 38   | ¿El tipo de barreras esta ensayado y aprobado para su objetivo?   |                    |                                      |
| 39   | ¿Las barreras de contención están localizadas, ensambladas e instaladas correctamente?  |                    |                                      |
| 40   | Las barreras de contención son instaladas de manera de: - ¿No generar un riesgo al tránsito?-¿No obstruir la visibilidad?   |                    |                                      |
| <b>4.11</b>  | <b>Inspecciones</b>   |                    |                                      |
| 41   | ¿El sitio ha sido inspeccionado de día y de noche?  |                    |                                      |
| <b>4.12</b>  | <b>Control del tránsito</b>   |                    |                                      |
| 42   | ¿Son apropiados los controles de gestión de tránsito en el lugar?   |                    |                                      |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b>    | <b>ETAPA DE PROCESO CONSTRUCTIVO</b> |
|--|--|--------------------|--------------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |  |                    |                                      |
| <b>NOMBRE</b>  |  |                    |                                      |
| <b>FIRMA</b>   |  |                    |                                      |
| <b>FECHA</b>   |  | <b>COMENTARIOS</b> |                                      |
| 43   | ¿Han sido consideradas las necesidades de los usuarios de automóviles, camiones, peatones, ciclistas, motociclistas y buses?                   |                    |                                      |
| 44   | ¿La distancia de visibilidad hacia los dispositivos reguladores del tránsito es adecuada?  |                    |                                      |
| 45   | ¿Asuntos relacionados con estacionamientos y vías en las que está prohibido detenerse han sido consideradas?                                   |                    |                                      |
| 46   | ¿Han sido consultados los policías y otros servicios de emergencia?  |                    |                                      |
| <b>4.1<br/>3</b>                                     | <b>Gestión de velocidad</b>  |                    |                                      |
| 47   | ¿La señalización de los límites de velocidad es requerida para estos trabajos? Si es así, ¿están ellos correctamente aplicados?                |                    |                                      |
| 48   | ¿Se requiere que la señalización del límite de velocidad sea mantenida de día y de noche?  |                    |                                      |
| 49   | ¿Los conductores son informados de la necesidad de reducir la velocidad a través del área con trabajos en la vía?                              |                    |                                      |
| <b>4.1<br/>4</b>                                     | <b>Accesos a sitios de trabajos</b>  |                    |                                      |
| 50   | ¿Las entradas y salidas al sitio de trabajos son localizadas con una adecuada distancia de visibilidad?  |                    |                                      |
| 51   | ¿Los empalmes, salidas, entradas y virajes del tránsito están correctamente delineados y controlados?  |                    |                                      |
| 52   | ¿Son adecuados los largos de las pistas de aceleración y deceleración de los empalmes propuestos?  |                    |                                      |
| 53   | ¿Son adecuados los controles de tránsito en el lugar donde los trabajos y el tránsito público interactúan recíprocamente?                      |                    |                                      |
| <b>4.1<br/>5</b>                                     | <b>Señalización vertical</b>   |                    |                                      |
| 54   | ¿Son necesarias todas las regulaciones, advertencias y señales de orientación en el lugar?   |                    |                                      |
| 55   | ¿Ellas están correctamente ubicadas, limpias y visibles?   |                    |                                      |
| 56   | ¿Ellas se ajustan a lo establecido en el Manual de Señalización?   |                    |                                      |
| 57   | Si se han instalado delineadores del tipo "chevrón", ¿están utilizándose correctamente?  |                    |                                      |
| 58   | ¿Se ha quitado señalización innecesaria cuando los trabajos no están en progreso (por ejemplo de noche)?                                       |                    |                                      |
| 59   | ¿Las señales de tránsito están correctamente localizadas, con el adecuado despeje lateral y vertical?  |                    |                                      |
| 60   | ¿Las señales son ubicadas de modo de no restringir la distancia de visibilidad, particularmente para los virajes de vehículos?                 |                    |                                      |
| <b>4.1<br/>6</b>                                     | <b>Requerimiento de señales día y noche</b>  |                    |                                      |
| 61   | ¿Las señales de tránsito usadas son correctamente para cada situación, incluyendo en la noche donde es requerido y si cada señal es necesaria? |                    |                                      |
| <b>4.1<br/>7</b>                                     | <b>Control de tránsito</b>   |                    |                                      |

| LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | ETAPA DE PROCESO CONSTRUCTIVO |
|---|--|----------|-------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                               |  |          | COMENTARIOS                   |
| NOMBRE  |  |          |                               |
| FIRMA   |  |          |                               |
| FECHA   |  |          |                               |
| 62  | ¿Otros dispositivos de control de tránsito son seguros y son utilizados en forma correcta?                             |          |                               |
| 63  | ¿Los semáforos temporales son provistos donde son requeridos - donde, cómo y cuándo?                                   |          |                               |
| <b>4.1<br/>8</b>                              | <b>Demarcación, delineación y retrorreflectividad</b>  |          |                               |
| 64  | ¿Las pistas de circulación están claramente delineadas?  |          |                               |
| 65  | ¿Se han aplicado demarcaciones temporales?, ¿Son todos retrorreflectivos?  |          |                               |
| 66  | ¿En los lugares donde se han usado demarcaciones retrorreflectivas de colores, ellas han sido aplicadas correctamente? |          |                               |
| 67  | ¿La ruta vehicular por el área de trabajos es clara para los conductores?  |          |                               |
| 68  | ¿Las áreas de trabajos son definidas en forma clara?   |          |                               |
| 69  | ¿Existe alguna característica en el área de trabajo que presente alguna dificultad para motociclistas?                 |          |                               |
| <b>4.1<br/>9</b>                              | <b>Desvíos</b>   |          |                               |
| 70  | ¿Los desvíos temporales permiten a camiones y buses maniobrar en forma segura?   |          |                               |
| 71  | ¿Los desvíos temporales son vistos oportunamente por los conductores?  |          |                               |
| 72  | ¿Los desvíos temporales están correctamente señalizados?   |          |                               |
| <b>4.2<br/>0</b>                              | <b>Semáforos</b>   |          |                               |
| 73  | ¿Los semáforos temporales son claramente visibles para los conductores que se aproximan?                               |          |                               |
| 74  | ¿La señalización de tránsito advierte en forma adecuada la proximidad de semáforos temporales?                         |          |                               |
| 75  | ¿Existe la necesidad de considerar una señal de advertencia adicional?   |          |                               |
| 76  | ¿Los semáforos están operando correctamente?   |          |                               |
| <b>4.2<br/>1</b>                              | <b>Localización de los semáforos</b>   |          |                               |
| 77  | ¿Son adecuados el número y la posición de los cabezales del semáforo?  |          |                               |
| <b>4.2<br/>2</b>                              | <b>Visibilidad de los semáforos</b>  |          |                               |
| 78  | ¿Problemas de visibilidad causados por la salida o puesta del sol se han considerado?                                  |          |                               |
| 79  | ¿Algún trabajo o equipo de construcción crea problemas de visibilidad para los semáforos?                              |          |                               |
| 80  | ¿Las lámparas de los cabezales están protegidas de modo que sean vistos solo por los conductores que los enfrentan?    |          | n ser                         |
| <b>4.2<br/>3</b>                              | <b>Movimientos de tránsito controlados por semáforos</b>   |          |                               |
| 81  |  |          |                               |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL</b> |   | <b>REVISADO</b> | <b>ETAPA DE PROCESO CONSTRUCTIVO</b> |
|--|---|-----------------|--------------------------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                               |   |                 | <b>COMENTARIOS</b>                   |
| <b>NOMBRE</b>  |   |                 |                                      |
| <b>FIRMA</b>   |   |                 |                                      |
| <b>FECHA</b>   |   |                 |                                      |
|  | ¿Todos los movimientos, incluyendo los peatones, están regulados por los semáforos temporales?  |                 |                                      |
| <b>4.2<br/>4</b>                                     | <b>Peatones y ciclistas</b>   |                 |                                      |
| 82   | ¿Los efectos de las áreas de trabajo sobre peatones y ciclistas han sido considerados?  |                 |                                      |
| 83   | ¿Las veredas y cruces peatonales se proporcionan en forma adecuada para los peatones y ciclistas?   |                 |                                      |
| 84   | ¿Está disponible para bicicletas una ruta continua, y sin puntos restrictivos o brechas?  |                 |                                      |
| 85   | ¿Los peatones y ciclistas están adecuadamente advertidos de obstrucciones y peligros de trabajos temporales en su recorrido?  |                 |                                      |
| <b>4.2<br/>5</b>                                     | <b>Acceso de personas de tercera edad y de personas con movilidad reducida</b>  |                 |                                      |
| 86   | ¿Se han provisto adecuadamente accesos seguros para personas de tercera edad, de personas con movilidad reducida, niños, sillas de rueda y coches de niño?                                    |                 |                                      |
| <b>4.2<br/>6</b>                                     | <b>Defectos en los pavimentos</b>   |                 |                                      |
| 87   | ¿El pavimento está libre de defectos (por ejemplo, excesiva rugosidad o baches, material suelto)? De tener un defecto, ¿Esto podría causar problemas de pérdida de control cualquier usuario? |                 |                                      |
| 88   | ¿El pavimento parece tener una resistencia adecuada al deslizamiento, especialmente en pendientes inclinadas o curva y lugares de frecuente detención?  |                 |                                      |
| <b>4.2<br/>7</b>                                     | <b>Finalización de obra</b>   |                 |                                      |
| 89   | ¿Al finalizar la construcción se han removido todos los escombros materiales sobrantes, de tal manera que esta esté limpia y visible al tráfico?  |                 |                                      |
| 90   | ¿Al finalizar la construcción y antes de dar al servicio el tráfico, se ha removido toda la señalización temporal?  |                 |                                      |
| 91   | ¿Los planos record (as built) después de la construcción de la obra vial, está de acuerdo con lo que realmente existe en el terreno?  |                 |                                      |

## ANEXO A3 FICHA PARA INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 1 SEÑALES VERTICALES |
|--|---|----------|----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          | COMENTARIOS          |
| NOMBRE   |   |          |                      |
| FIRMA  |   |          |                      |
| FECHA  |   |          |                      |
| <b>1.1</b>                                     | <b>Generalidades de las Señales Verticales</b>  |          |                      |
| 1  | ¿Son visibles y entendibles con sólo una mirada todas las señales verticales, incluyendo las señales variables?                     |          |                      |
| 2  | ¿Existen señales verticales que puedan confundir?   |          |                      |
| 3  | ¿Entregan mensajes claros y sencillos a los usuarios? Ej. Íconos en vez de textos.  |          |                      |
| 4  | ¿Existen señales verticales son las necesarias?   |          |                      |
| 5  | ¿Existe concordancia entre las señales verticales y las señales horizontales?   |          |                      |
| 6  | ¿Existen obstáculos (árboles, luminarias, señales, paraderos, etc.), que impidan la visión de las señales verticales?               |          |                      |
| 7  | ¿Existe evidencia de vandalismo o pintado de grafitis?  |          |                      |
| 8  | ¿Existe evidencia de robo de señales verticales?  |          |                      |
| 9  | ¿Hay necesidad de colocar señalización vertical para ciclistas, motociclistas u otros?  |          |                      |
| 10   | ¿Hay señales verticales que limiten la visibilidad en accesos e intersecciones?   |          |                      |
| <b>1.2</b>                                     | <b>Presencia y efectividad de las Señales Verticales Reglamentarias</b>   |          |                      |
| 11   | ¿Se encuentran y son visibles todas las señales reglamentarias requeridas?  |          |                      |
| 12   | ¿Están ubicadas correctamente? (Altura, distancia de la berma y en el lugar apropiado).   |          |                      |
| 13   | ¿Son visibles de día a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 14   | ¿Son visibles de noche a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 15   | ¿Son legibles de día a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 16   | ¿Son legibles de noche a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 17   | En las intersecciones, ¿es preciso señalar quién tiene la prioridad?  |          |                      |
| <b>1.3</b>                                     | <b>Presencia y efectividad de las Señales Verticales Preventivas</b>  |          |                      |
| 18   | ¿Se encuentran y son visibles todas las señales preventivas requeridas?   |          |                      |
| 19   | ¿Están ubicadas correctamente? (Altura, posición con respecto a la berma y a la distancia apropiada de la situación que advierten). |          |                      |
| 20   | ¿Existen contradicciones entre el mensaje de la señal y la situación existente en la ruta?  |          |                      |
| 21   | ¿Son visibles de día a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 22   | ¿Son visibles de noche a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 23   | ¿Son legibles de día a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 24   | ¿Son legibles de noche a una distancia adecuada?  |          |                      |
| 25   | ¿Se aplican restricciones para alguna clase de vehículos?   |          |                      |
| 26   | Si se aplican restricciones para algún tipo de vehículo, ¿se les indica a los conductores rutas alternativas?                       |          |                      |
| 27   | ¿Será necesaria cada restricción?   |          |                      |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 1 SEÑALES VERTICALES |
|--|---|----------|----------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          | COMENTARIOS          |
| NOMBRE   |   |          |                      |
| FIRMA  |   |          |                      |
| FECHA  |   |          |                      |
| <b>1.4</b>                                     | <b>Presencia y efectividad de las Señales Verticales Informativas</b>   |          |                      |
| 28   | ¿Hay suficiente señalización informativa para que un conductor no familiar con el lugar, pueda informarse?                                    |          |                      |
| 29   | En los enlaces o salidas de la carretera, ¿se otorga información suficiente y oportuna a los usuarios para encauzar y navegar a su destino?   |          |                      |
| 30   | Las señales informativas, ¿son inmediatamente visibles para todo usuario que entre en la carretera desde cualquier acceso (vías colindantes)? |          |                      |
| <b>1.5</b>                                     | <b>Soporte de la Señalización Vertical</b>  |          |                      |
| 31   | ¿Son relativamente frágiles los sistemas de soporte de todas las señales verticales?  |          |                      |
| <b>1.6</b>                                     | <b>Paneles de mensajería variable</b>   |          |                      |
| 32   | ¿Entregan un mensaje claro y de relevancia la cual se puede entender con una mirada breve?  |          |                      |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 2 SEÑALES HORIZONTALES |
|--|---|----------|------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          | COMENTARIOS            |
| NOMBRE   |   |          |                        |
| FIRMA  |   |          |                        |
| FECHA  |   |          |                        |
| <b>2.1</b>                                     | <b>Demarcaciones Generalidades</b>  |          |                        |
| 1  | ¿Proporcionan las marcas viales el más alto grado de seguridad a todos los grupos de usuarios de la vía?                                  |          |                        |
| 2  | ¿Se asegura una continuidad en la señalización entre las secciones nuevas y antiguas de la carretera, o al menos una transición adecuada? |          |                        |
| 3  | ¿Existen contradicciones entre demarcaciones?   |          |                        |
| 4  | ¿Es adecuado el contraste de la marca vial con el pavimento?  |          |                        |
| 5  | ¿Tendrán un adecuado coeficiente de roce las demarcaciones?   |          |                        |
| 6  | ¿Son del color correcto las demarcaciones?  |          |                        |
| 7  | ¿Son necesarias demarcaciones horizontales especiales?  |          |                        |
| 8  | ¿Es fácilmente identificable e interpretable la señalización horizontal de canalización en una intersección?                              |          |                        |
| <b>2.2</b>                                     | <b>Demarcaciones longitudinales planas</b>  |          |                        |
| 9  | ¿Es la demarcación longitudinal plana consistente y adecuada?   |          |                        |
| 10   | ¿Son visibles de día las demarcaciones longitudinales? (Central, borde y pistas de la vía)  |          |                        |
| 11   | ¿Son visibles de noche las demarcaciones longitudinales? (Central, borde y pistas de la vía)  |          |                        |
| 12   | Las dimensiones de las demarcaciones horizontales, ¿son adecuadas para la velocidad y tránsito previstos?                                 |          |                        |
| 13   | ¿Están adecuadamente indicadas las zonas de "No Adelantar"?   |          |                        |
| 14   | ¿Existe concordancia entre la señalización vertical y horizontal, en cuanto a las zonas de "No Adelantar"?                                |          |                        |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO    | 2 SEÑALES HORIZONTALES |
|--|--|-------------|------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |  |             |                        |
| NOMBRE   |  |             |                        |
| FIRMA  |  |             |                        |
| FECHA  |  | COMENTARIOS |                        |
| 15   | ¿Los adelantamientos propuestos son oportunos y seguros?                                       |             |                        |
| 16   | ¿Existen posibilidades de adelantar a vehículos pesados donde hay altos volúmenes de tránsito? |             |                        |
| <b>2.3</b>                                     | <b>Demarcaciones elevadas</b>  |             |                        |
| 17   | ¿Son visibles de noche las Tachas y/o Tachones? (Casi toda vía requiere de tachas)             |             |                        |
| 18   | ¿Son suficientes en número para complementar adecuadamente las demarcaciones planas?           |             |                        |
| 19   | ¿Existe concordancia de color entre las demarcaciones planas y las demarcaciones elevadas?     |             |                        |
| <b>2.4</b>                                     | <b>Eliminación de demarcaciones obsoletas</b>  |             |                        |
| 20   | ¿Existen demarcaciones que deban ser removidas?  |             |                        |
| <b>2.5</b>                                     | <b>Demarcación de otros elementos</b>  |             |                        |
| 21   | ¿Son claramente visibles los reductores de velocidad y a una distancia adecuada?               |             |                        |
| 22   | ¿Son claramente visibles las bandas alertadoras?   |             |                        |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO    | 3 DELINEACIÓN |
|--|---|-------------|---------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |             |               |
| NOMBRE   |   |             |               |
| FIRMA  |   |             |               |
| FECHA  |   | COMENTARIOS |               |
| <b>3.1</b>                                     | <b>Delineadores</b>   |             |               |
| 1  | ¿Existe suficiente delineación para conocer el trazado de la vía?   |             |               |
| 2  | ¿Los delineadores son claramente visibles?  |             |               |
| 3  | ¿Se incluyen delineadores en todas las barreras de contención incluyendo túneles, puentes, muros, etc.?   |             |               |
| 4  | ¿Existen suficientes delineadores para advertir y guiar al usuario de cualquier singularidad del camino?  |             |               |
| <b>3.2</b>                                     | <b>Delineadores direccionales en curvas</b>   |             |               |
| 5  | ¿Están delineadas las curvas con delineadores direccionales (tipo chevrón), colocadas de tal manera que el conductor pueda ver por lo menos 3 en cualquier momento, tanto de día como de noche? |             |               |
| 6  | ¿Se utilizan los delineadores direccionales solo para delinear las curvas?  |             |               |



| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 4 SEMÁFOROS |
|--|---|----------|-------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |             |
| NOMBRE   |   |          |             |
| FIRMA  |   |          |             |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS |
| <b>4.1</b>                                     | <b>Visibilidad; distancia de visibilidad de los semáforos</b>   |          |             |
| 1  | ¿Son los semáforos claramente visibles para los conductores que se aproximan?   |          |             |
| 2  | ¿Existen por lo menos dos caras por llegada?  |          |             |
| 3  | ¿Están los cabezales de los semáforos configurados de modo que puedan ser vistos sólo por los conductores que los enfrentan?                                |          |             |
| 4  | ¿Es la distancia de visibilidad de parada adecuada para las posibles colas vehiculares?   |          |             |
| 5  | En lugares donde los cabezales de los semáforos no son visibles a una distancia adecuada, ¿se han instalado señales de advertencia y/o luces intermitentes? |          |             |
| <b>4.2</b>                                     | <b>Programación de semáforos</b>  |          |             |
| 6  | ¿Es adecuado el tiempo en verde para cada llegada?  |          |             |
| 7  | ¿Existe suficiente tiempo de despeje?   |          |             |
| 8  | ¿Existen semáforos peatonales?  |          |             |
| 9  | ¿Es adecuado el tiempo otorgado al cruce peatonal?  |          |             |
| 10   | ¿Son el número, la posición y el tipo de cabezales de semáforos apropiado para la composición y el ambiente de tránsito?                                    |          |             |
| 11   | Donde es necesario, ¿se ha provisto ayuda para peatones ciegos? (Por ejemplo, botones audio-táctiles, marcas táctiles)                                      |          |             |
| 12   | Donde es necesario, ¿se ha provisto ayuda para peatones ancianos o minusválidos? (Por ejemplo, alargar el verde o una fase peatonal exclusiva)              |          |             |
| <b>4.3</b>                                     | <b>Configuración de las caras de los semáforos</b>  |          |             |
| 13   | ¿La iluminación de las caras es mediante luces LED?   |          |             |
| 14   | ¿Existen caras con indicaciones de tiempo remanente para los peatones?  |          |             |
| 15   | ¿Existen caras con indicaciones de tiempo remanente para los vehículos?   |          |             |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 5 ILUMINACIÓN |
|--|---|----------|---------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |               |
| NOMBRE   |   |          |               |
| FIRMA  |   |          |               |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS   |
| <b>5.1</b>                                     | <b>Efectividad de la iluminación</b>  |          |               |
| 1  | ¿Está la carretera adecuadamente iluminada?   |          |               |
| 2  | ¿Es la distancia de visibilidad nocturna adecuada para la velocidad de tránsito que está usando la ruta?                                      |          |               |
| 3  | ¿Es adecuada la distancia de visibilidad provista para intersecciones y cruces? (Por ejemplo, peatones, ciclistas, ganado, ferrocarril, etc.) |          |               |
| 4  | ¿Genera un efecto de encandilamiento alguna luminaria?  |          |               |
| 5  | ¿Genera conflicto de visibilidad entre un semáforo con alguna luminaria?  |          |               |
| 6  | ¿Están iluminadas las señales aéreas?   |          |               |
| 7  | ¿Se limita la efectividad de las luminarias por efecto de vegetación, estructuras o similar?  |          |               |
| 8  | ¿Es suficientemente uniforme el nivel de iluminación a lo largo de cada sector iluminado?   |          |               |
| 9  | ¿Hay más de un 5% de luminarias apagadas?   |          |               |
| 10   | En rotondas, ¿se ha propuesto una iluminación a ésta perfectamente visible?   |          |               |
| 11   | La dotación de luminarias y proporción de iluminación ¿mejora la visibilidad en cruces?   |          |               |
| 12   | ¿Están adecuadamente dimensionadas las pasarelas en cuanto a su nivel de iluminación requerido?   |          |               |
| 13   | ¿Se encuentran las áreas de ciclistas y peatones convenientemente iluminadas?   |          |               |
| <b>5.2</b>                                     | <b>Sistema de iluminación</b>   |          |               |
| 14   | ¿Existen postes de luminarias cercanos a la calzada que puedan constituir un elemento de riesgo?  |          |               |
| 15   | Especialmente en accesos e intersecciones, ¿la ubicación de los postes dificulta la visión de los conductores?                                |          |               |
| 16   | ¿Se ha considerado la posibilidad de instalar postes de material frágil o colapsable?   |          |               |
| 17   | ¿La iluminación es mediante luces LED?  |          |               |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 6 PAVIMENTO        |
|--|---|----------|--------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                         |   |          |                    |
| <b>NOMBRE</b>                                  |   |          |                    |
| <b>FIRMA</b>                                   |   |          |                    |
| <b>FECHA</b>                                   |   |          | <b>COMENTARIOS</b> |
| <b>6.1</b>                                     | <b>Defectos en el Pavimento</b>   |          |                    |
| 1  | ¿Está el pavimento relativamente libre de defectos, surcos, ondulaciones y/o similares, que podrían generar situaciones de riesgo?                        |          |                    |
| 2  | ¿Se percibe condiciones de deformación, ahuellamiento o similar?  |          |                    |
| <b>6.2</b>                                     | <b>Resistencia al Deslizamiento</b>   |          |                    |
| 3  | ¿Existe una resistencia adecuada al deslizamiento, particularmente en curvas, pendiente pronunciadas, y acercamiento a intersecciones?                    |          |                    |
| 4  | ¿Se observan indicaciones de frenado abrupto?   |          |                    |
| <b>6.3</b>                                     | <b>Drenaje de la superficie</b>   |          |                    |
| 5  | ¿El pavimento está libre de zonas de estancamiento o capas de agua?   |          |                    |
| 6  | ¿Es adecuado el peralte y bombeo de la calzada?   |          |                    |
| 7  | ¿Es uniforme el peralte y bombeo?   |          |                    |
| <b>6.4</b>                                     | <b>Irregularidades de la superficie</b>   |          |                    |
| 8  | ¿Está el pavimento libre de piedras u otro material suelto?   |          |                    |
| 9  | ¿Podrían generar riesgos los reductores de velocidad por ser demasiados agresivos en su conformación?   |          |                    |
| 10   | De contar con bandas alertadoras, ¿generan éstas una pérdida de contacto de los neumáticos con el pavimento?  |          |                    |
| 11   | De contar con bandas alertadoras, ¿se encuentran colocadas en pendientes o en curvas tales que generen un efecto negativo en la estabilidad de vehículos? |          |                    |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 7 BERMAS           |
|--|---|----------|--------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                         |   |          |                    |
| <b>NOMBRE</b>                                  |   |          |                    |
| <b>FIRMA</b>                                   |   |          |                    |
| <b>FECHA</b>                                   |   |          | <b>COMENTARIOS</b> |
| <b>7.1</b>                                     | <b>Berma, (dimensiones y condición)</b>   |          |                    |
| 1  | ¿Es el ancho de la berma suficiente para detener un vehículo con averías?   |          |                    |
| 2  | ¿Se mantiene el ancho de berma en puentes y sus accesos?  |          |                    |
| 3  | ¿Las bermas se encuentran pavimentadas?   |          |                    |
| 4  | ¿La superficie de la berma está resistiendo las cargas a la cual está sometida? Comente los desperfectos que se observan. |          |                    |
| 5  | ¿Las bermas son transitables para todos los vehículos y usuarios de la vía?   |          |                    |
| 6  | ¿Es segura la transición desde la calzada hacia la berma?   |          |                    |
| <b>7.2</b>                                     | <b>Berma (sección lateral)</b>  |          |                    |
| 7  | ¿Hay suficiente pendiente en las bermas para garantizar su drenaje?   |          |                    |
| 8  | ¿Existen desniveles entre el pavimento y la berma?  |          |                    |
| 9  | ¿Existen desniveles al costado exterior de las bermas?  |          |                    |
| 10   | ¿Existen bordes alertadores donde puedan ser necesarios?  |          |                    |
| 11   | ¿Se incluye un sobre ancho en la parte interior de las curvas?  |          |                    |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | 8 PUNTES    |
|--|--|----------|-------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |  |          |             |
| NOMBRE   |  |          |             |
| FIRMA  |  |          |             |
| FECHA  |  |          | COMENTARIOS |
| <b>8.1</b>                                     | <b>Características del Diseño de Puentes de la vía</b>   |          |             |
| 1  | ¿Es el ancho de puentes y alcantarillas consistente con el ancho de la calzada?  |          |             |
| 2  | ¿La alineación de acercamiento a puentes es compatible con la velocidad de operación de la vía?  |          |             |
| 3  | ¿La señalización de advertencia ha sido instalada si una de las dos condiciones anteriormente (ancho y velocidad) no se han resuelto?                            |          |             |
| 4  | ¿Existen restricciones de gálibo, producto de la estructura del puente? (Puente con sobre estructura).   |          |             |
| 5  | ¿Tiene la losa del puente características favorables, en cuanto a su coeficiente de fricción?  |          |             |
| 6  | ¿Existen desperfectos importantes en la superficie de la losa del puente?  |          |             |
| <b>8.2</b>                                     | <b>Características del Diseño de los puentes sobre la vía</b>  |          |             |
| 7  | ¿Existen restricciones de gálibo producto de una estructura que pasa por encima de la vía? Puede ser de tipo vial, ferroviario, acueducto, oleoducto, o similar. |          |             |
| 8  | De existir, ¿están correctamente señalizadas, tanto en el puente, como en el último sector para hacer el desvío a una ruta alternativa?                          |          |             |
| <b>8.3</b>                                     | <b>Barreras de Contención del Puente</b>   |          |             |
| 9  | ¿Existen barreras de contención en puentes y alcantarillas, además de sus proximidades o accesos?  |          |             |
| 10   | ¿Son adecuadas las conexiones y transiciones entre las barreras de accesos y las del puente mismo?   |          |             |
| 11   | ¿Existe solera en el puente que pueda reducir la eficacia de las barreras de contención?   |          |             |
| <b>8.4</b>                                     | <b>Varios</b>  |          |             |
| 12   | ¿Existen facilidades peatonales adecuadas y seguras sobre los puentes?   |          |             |
| 13   | ¿Está prohibida la pesca desde el puente? Si no, ¿se ha dispuesto un lugar para la pesca segura?   |          |             |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | 9 TÚNELES   |
|--|--|----------|-------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |  |          |             |
| NOMBRE   |  |          |             |
| FIRMA  |  |          |             |
| FECHA  |  |          | COMENTARIOS |
| <b>9.1</b>                                     | <b>Generalidades de señalización</b>   |          |             |
| 1  | ¿Existe un adecuado pre señalización del túnel?  |          |             |
| 2  | ¿Queda claro en el túnel las restricciones de velocidad máxima y de adelantamiento?  |          |             |
| 3  | De haber restricciones adentro del túnel, ¿éstas quedan finalizadas al salir del túnel?  |          |             |
| <b>9.2</b>                                     | <b>Iluminación</b>   |          |             |
| 4  | ¿Existe una buena transición entre los niveles de iluminación afuera y adentro del túnel en la entrada y la salida, de noche y de día? |          |             |
| 5  | ¿Es uniforme la iluminación a lo largo del túnel?  |          |             |
| <b>9.3</b>                                     | <b>Opacidad adentro del túnel</b>  |          |             |
| 6  | ¿Es limitada la distancia de visibilidad adentro del túnel por opacidad del aire?  |          |             |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 10 BARRERAS |
|--|---|----------|-------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |             |
| NOMBRE   |   |          |             |
| FIRMA  |   |          |             |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS |
| <b>10.1</b>                                    | <b>Zona despejada</b>   |          |             |
| 1  | ¿El ancho de la zona despejada está libre de puntos duros? Si no, ¿pueden estos puntos duros ser eliminados, modificados, delineados, o escudados?    |          |             |
| 2  | ¿Están todos los postes de energía eléctrica, árboles, etc., a una distancia segura del tránsito vehicular?   |          |             |
| 3  | ¿Es adecuado el tratamiento para proteger a los usuarios de los puntos duros dentro de la zona de despejada?  |          |             |
| <b>10.2</b>                                    | <b>Barreras de contención</b>   |          |             |
| 4  | ¿Podrán contener y/o redirigir un vehículo liviano los sistemas de contención?  |          |             |
| 5  | ¿Las barreras de contención están instaladas donde son necesarias?  |          |             |
| 6  | ¿Es suficiente la longitud de las barreras?   |          |             |
| 7  | ¿Son visibles las barreras de contención tanto de día como de noche mediante reflectores, captafaros o similar?                                       |          |             |
| 8  | ¿Son las medianas elevadas de suelo por lo menos 2 metros de alto para evitar el traspaso de la mediana?  |          |             |
| 9  | La visibilidad de la intersección, ¿se ve obstruida por la presencia de barreras de contención?   |          |             |
| <b>10.3</b>                                    | <b>Transiciones y conexiones</b>  |          |             |
| 10   | De contar con barreras de contención de diferentes anchos de trabajo y niveles de contención, ¿cuentan estos con adecuadas transiciones y conexiones? |          |             |
| 11   | ¿Están correctamente conectadas barreras de puentes con las barreras de sus accesos?  |          |             |
| <b>10.4</b>                                    | <b>Terminales de barreras de contención</b>   |          |             |
| 12   | ¿Existen terminales de barrera tipo cola de pato o cola de pez?   |          |             |
| 13   | ¿Existen terminales abatidos de barrera en vías de más de 70 km/h?  |          |             |
| 14   | ¿Son aptos para la velocidad operativa de la vía?   |          |             |
| 15   | ¿Son notables tanto de día como de noche mediante elementos retrorreflectivos?  |          |             |
| <b>10.5</b>                                    | <b>Amortiguadores</b>   |          |             |
| 16   | ¿Están orientadas correctamente cualquier amortiguador de impacto?  |          |             |
| 17   | ¿Son aptos para la velocidad operativa de la vía?   |          |             |
| 18   | ¿Están adecuadamente conectada el punto duro o la barrera que sigue el dispositivo?   |          |             |
| 19   | ¿Son notables tanto de día como de noche mediante elementos retrorreflectivos?  |          |             |
| <b>10.6</b>                                    | <b>Vallas Peatonales</b>  |          |             |
| 20   | ¿Las vallas peatonales son de material frágil?  |          |             |
| 21   | ¿Existe riesgo de que los vehículos sean atravesados por las barras horizontales de las vallas instaladas dentro de la zona despejada?                |          |             |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 11 VISIBILIDAD Y VELOCIDAD |
|--|---|----------|----------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |                            |
| NOMBRE   |   |          |                            |
| FIRMA  |   |          |                            |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS                |
| <b>11.1</b>                                    | <b>Visibilidad y distancia de visibilidad</b>   |          |                            |
| 1  | ¿La distancia de visibilidad es adecuada para la velocidad de tránsito que está usando la ruta?   |          |                            |
| 2  | ¿Son visibles a una distancia adecuada las intersecciones?  |          |                            |
| 3  | ¿Son visibles las salidas y entradas desde otras vías?  |          |                            |
| 4  | ¿Es adecuada la distancia de visibilidad entre las calzadas y los accesos a propiedades privadas?   |          |                            |
| 5  | ¿Existen taludes de corte que limitan la distancia de visibilidad?  |          |                            |
| 6  | ¿Existen barreras de contención que limitan la distancia de visibilidad?  |          |                            |
| 7  | ¿Existen combinaciones de curvatura horizontal y vertical que generen limitaciones de visibilidad?  |          |                            |
| 8  | Los accesos a áreas de descanso y áreas de estacionamiento para vehículos pesados, ¿son adecuados para el tamaño de los vehículos esperados?                    |          |                            |
| 9  | ¿La distancia de visibilidad es adecuada en los puntos de entrada y salida de las áreas de descanso y estacionamiento de camiones en cualquier momento del día? |          |                            |
| 10   | ¿Se limita la distancia de visibilidad nocturna por cualquier fuente de encandilamiento?  |          |                            |
| 11   | ¿Son visibles a una distancia adecuada los cruces formales e informales entre calzadas?   |          |                            |
| 12   | ¿Existe en la vía alguna señalización publicitaria que limita la distancia de visibilidad?  |          |                            |
| 13   | ¿Las alineaciones propuestas satisfacen la distancia de visibilidad en tramos libres?   |          |                            |
| <b>11.2</b>                                    | <b>Velocidad</b>  |          |                            |
| 14   | ¿Es el alineamiento vertical y horizontal coherente con la velocidad de operación de la vía?  |          |                            |
| 15   | ¿Está indicado a lo largo de la vía, la velocidad máxima permitida?   |          |                            |
| 16   | ¿Se mantiene en el tramo una velocidad máxima consistente?  |          |                            |
| 17   | ¿De haber modificaciones en la velocidad máxima permitida, se señalan adecuadamente y con una frecuencia apropiada?   |          |                            |
| 18   | ¿Las velocidades señalizadas en curvas son adecuadas?   |          |                            |
| 19   | ¿El límite de velocidad es compatible con la función, la geometría de la vía, el uso de suelo y la distancia de visibilidad?                                    |          |                            |
| 20   | De contar con una reducción operativa de la velocidad máxima ¿se señala cuando se levanta la restricción?   |          |                            |
| 21   | El diseño geométrico de la vía, ¿es adecuado de acuerdo a la función de la carretera y la velocidad de diseño?  |          |                            |
| <b>11.3</b>                                    | <b>Legibilidad de la vía</b>  |          |                            |
| 22   | ¿La vía está libre de elementos que puedan causar alguna confusión? Por ejemplo, líneas de árboles, postes, o similar.  |          |                            |
| 23   | ¿La vía está libre de curvas engañosas o combinaciones de curva (horizontal y vertical)?  |          |                            |



| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 12 ALINEAMIENTO Y SECCIÓN TRANSVERSAL |
|--|---|----------|---------------------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          | COMENTARIOS                           |
| NOMBRE   |   |          |                                       |
| FIRMA  |   |          |                                       |
| FECHA  |   |          |                                       |
| <b>12.1</b>                                    | <b>Control de Acceso</b>  |          |                                       |
| 1  | ¿Existen terrenos con acceso directo a la ruta?   |          |                                       |
| 2  | ¿Es apropiada la ubicación de los accesos?  |          |                                       |
| <b>12.2</b>                                    | <b>Cambios entre sector rural y sector urbano</b>   |          |                                       |
| 3  | ¿Quedan claro los cambios entre los sectores rurales y los sectores urbanos?  |          |                                       |
| 4  | ¿Queda claro la reducción y el aumento de velocidad máxima permitida?   |          |                                       |
| <b>12.3</b>                                    | <b>Anchos</b>   |          |                                       |
| 5  | ¿Las islas y medianas tienen un ancho adecuado para los probables usuarios?   |          |                                       |
| 6  | ¿Los anchos de las pistas y de las calzadas son adecuadas para el volumen y composición del tránsito?                                   |          |                                       |
| 7  | Cuando la vía tiene dos o más pistas por sentido ¿están los sentidos de tránsito separados por medio de una barrera en la mediana?      |          |                                       |
| 8  | ¿Existe una zona despejada con un ancho adecuado a las velocidades de diseño de la vía?   |          |                                       |
| <b>12.4</b>                                    | <b>Pendiente transversal</b>  |          |                                       |
| 9  | ¿Es adecuado el peralte existente en las curvas?  |          |                                       |
| 10   | ¿Algún contra peralte es manejado en forma segura? (Para automóviles, camiones, etc.)   |          |                                       |
| 11   | ¿La pendiente transversal (calzada y berma) permite adecuado drenaje de la superficie?  |          |                                       |
| <b>12.5</b>                                    | <b>Pendiente longitudinal</b>   |          |                                       |
| 12   | ¿Existen carriles auxiliares para vehículos lentos tales como, camiones, buses de contar con pendientes importantes?                    |          |                                       |
| 13   | ¿Están adecuadamente señalizadas las pendientes importantes?  |          |                                       |
| 14   | De existir pendientes pronunciadas en un sector, ¿se requiere de un lecho de frenado?   |          |                                       |
| <b>12.6</b>                                    | <b>Curvas</b>   |          |                                       |
| 15   | ¿Existen suficientes oportunidades de adelantamiento?   |          |                                       |
| 16   | Las alineaciones curvas, ¿presentan los radios adecuados a la velocidad de diseño prevista?   |          |                                       |
| 17   | ¿Se garantizan las transiciones de velocidad entre alineación recta y curva?  |          |                                       |
| 18   | ¿Se mantiene una transición adecuada de velocidades máximas permitidas entre alineaciones consecutivas?                                 |          |                                       |
| 19   | ¿Son adecuados el radio de giro según la velocidad de aproximación?   |          |                                       |
| <b>12.7</b>                                    | <b>Drenaje</b>  |          |                                       |
| 20   | ¿Los canales de drenaje al borde de la vía y las paredes de las alcantarillas pueden ser atravesados en forma segura por los vehículos? |          |                                       |
| <b>12.8</b>                                    | <b>Taludes de corte</b>   |          |                                       |
| 21   | ¿Existen taludes de corte que limitan la distancia de visibilidad?  |          |                                       |
| <b>12.9</b>                                    | <b>Animales</b>   |          |                                       |
| 22   | ¿La vía está libre de la presencia de animales (por ejemplo, bovinos, ovejas, cabras, etc.)?  |          |                                       |
| 23   | Si no, ¿se ha provisto de cercas o vallas para evitar la irrupción de animales a la calzada?  |          |                                       |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 13 INTERSECCIONES |
|--|---|----------|-------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |                   |
| NOMBRE   |   |          |                   |
| FIRMA  |   |          |                   |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS       |
| <b>13.1</b>                                    | <b>Emplazamiento y diseño de las intersecciones</b>   |          |                   |
| 1  | ¿Todas las intersecciones son localizadas en forma segura respecto del alineamiento vertical y horizontal?  |          |                   |
| 2  | ¿Genera dificultades para cualquier tipo de vehículo legal la configuración de las intersecciones?  |          |                   |
| 3  | ¿Donde existen intersecciones al final de una zona de alta velocidad (por ejemplo, en accesos a ciudades), ¿se han proyectado dispositivos de control de tránsito para alertar a los conductores? |          |                   |
| 4  | ¿El alineamiento de las islas de tránsito es obvio y correcto?  |          |                   |
| 5  | ¿El alineamiento de las medianas es obvio y correcto?   |          |                   |
| 6  | ¿Todos los probables tipos de vehículos pueden realizar maniobras de viraje seguras?  |          |                   |
| 7  | ¿Las canalizaciones tienen un largo suficiente?   |          |                   |
| 8  | ¿Está claramente señalizada, o influida por el diseño, una disminución de velocidad en los tramos en que sea requerido? (Por ejemplo, ramales o al llegar a un cruce)                             |          |                   |
| 9  | ¿Son los ramales lo suficientemente amplios y diseñados para permitir una maniobra segura a los vehículos pesados? (Por ejemplo, camiones con acoplado)   |          |                   |
| 10   | Para los accesos desde las vías secundarias ¿existe adecuada distancia de visibilidad?  |          |                   |
| 11   | ¿Se han tenido en cuenta la presencia de ciclistas en el diseño de las intersecciones?  |          |                   |
| <b>13.2</b>                                    | <b>Visibilidad; distancia de visibilidad</b>  |          |                   |
| 12   | ¿La distancia de visibilidad de detención es adecuada?  |          |                   |
| 13   | ¿La distancia de visibilidad es adecuada para advertir a los vehículos que van entrando o saliendo?   |          |                   |
| 14   | ¿Existe adecuada visibilidad desde las vías transversales para entrar en el flujo de la vía principal?  |          |                   |
| <b>13.3</b>                                    | <b>Regulación y delineación</b>   |          |                   |
| 15   | ¿La demarcación del pavimento y señales que regulan la intersección son satisfactorias?   |          |                   |
| 16   | ¿Existen conflictos entre las señales verticales y las señales horizontales?  |          |                   |
| 17   | ¿La trayectoria de los vehículos en las intersecciones es delineada satisfactoriamente?   |          |                   |
| 18   | ¿Son todas las pistas demarcadas correctamente? (incluyendo flechas)  |          |                   |
| 19   | ¿Se han evitado los virajes a la izquierda desde una pista?   |          |                   |
| <b>13.4</b>                                    | <b>Retornos</b>   |          |                   |
| 20   | ¿Está la posibilidad de esta maniobra claramente señalizada con la antelación suficiente y por separado?  |          |                   |
| 21   | ¿Es consistente la demarcación con la señalización vertical?  |          |                   |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 13 INTERSECCIONES |
|--|---|----------|-------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |                   |
| NOMBRE   |   |          |                   |
| FIRMA  |   |          |                   |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS       |
| 22   | El lugar en que se ha permitido esta maniobra ¿está ubicado de modo que asegure una distancia de visibilidad óptima?          |          |                   |
| 23   | ¿Algún poste, señal, árbol, etc. bloquea la visión del usuario mientras espera en la mediana para realizar la maniobra?       |          |                   |
| 24   | ¿Es lo suficientemente ancha la zona de espera en la mediana como para albergar camiones con acoplado?                        |          |                   |
| 25   | ¿Es lo suficientemente larga la zona de espera en la mediana como para albergar la demanda de vehículos que posee el retorno? |          |                   |
| <b>13.5</b>                                    | <b>Rotondas</b>   |          |                   |
| 26   | ¿Contribuye el diseño de la rotonda a alcanzar la reducción de velocidad deseada?   |          |                   |
| 27   | ¿Entregan las rotondas agilidad de flujo?   |          |                   |
| 28   | El diseño de las rotondas, ¿contempla el flujo de usuarios vulnerables?   |          |                   |
| 29   | ¿Las rutas posibles en las intersecciones están claramente definidas para todas las direcciones y maniobras?                  |          |                   |
| <b>13.6</b>                                    | <b>Virajes del Tránsito</b>   |          |                   |
| 30   | ¿Se han evitado los virajes a la izquierda?   |          |                   |
| 31   | ¿Se señala anticipadamente la proximidad de una pista de viraje?  |          |                   |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | 14 USUARIOS VULNERABLES |
|--|--|----------|-------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |  |          |                         |
| NOMBRE   |  |          |                         |
| FIRMA  |  |          |                         |
| FECHA  |  |          | COMENTARIOS             |
| <b>14.1</b>                                    | <b>Alcances generales</b>  |          |                         |
| 1  | ¿Las rutas y cruces peatonales son adecuados para peatones y ciclistas?  |          |                         |
| 2  | Donde es necesario, ¿se han instalado vallas para encauzar a peatones y ciclistas hacia cruces o pasos elevados?                   |          |                         |
| 3  | Donde es necesario separar los flujos vehiculares de los peatonales y de ciclistas, ¿se han instalado barreras de contención?      |          |                         |
| 4  | ¿Están claramente definidas las zonas de flujo peatonal y/o ciclista?  |          |                         |
| 5  | ¿Son las zonas definidas concordantes con los deseos de los usuarios?  |          |                         |
| <b>14.2</b>                                    | <b>Usuarios vulnerables, a lo largo de la vía</b>  |          |                         |
| 6  | ¿Existe un espacio longitudinal a lo largo de la vía para el desplazamiento seguro de peatones y ciclistas (Usuarios Vulnerables)? |          |                         |
| 7  | ¿Es suficiente ancho el espacio para los usuarios vulnerables, o se ven obligados a transitar en el pavimento?                     |          |                         |
| <b>14.3</b>                                    | <b>Usuarios vulnerables, cruzando la vía</b>   |          |                         |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |  | REVISADO | 14 USUARIOS VULNERABLES |
|--|--|----------|-------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |  |          |                         |
| NOMBRE   |  |          |                         |
| FIRMA  |  |          |                         |
| FECHA  |  |          | COMENTARIOS             |
| 8  | ¿Están adecuadamente señalizados los cruces para los usuarios vulnerables?   |          |                         |
| 9  | ¿Hay un adecuado número de pasos peatonales a lo largo de la ruta?   |          |                         |
| 10   | En el caso de vías anchas y dobles calzadas, ¿existen refugios a mitad del cruce?  |          |                         |
| 11   | ¿Pueden los conductores ver a los peatones en el refugio claramente?   |          |                         |
| 12   | En el caso de cruce tipo pelicano, ¿el tramo del refugio central obliga a los usuarios a ver de frente el tráfico que se aproxima?   |          |                         |
| 13   | ¿Se ha considerado a los ancianos, discapacitados, niños, sillas de rueda y coches de bebé con respecto al diseño de pasamanos, rebajes de solera y mediana, además de rampas? |          |                         |
| 14   | ¿La señalización alrededor de escuelas es adecuada?  |          |                         |
| 15   | ¿La señalización alrededor de hospitales es adecuada?  |          |                         |
| 16   | ¿La distancia de visibilidad de parada es suficiente para detectar los usuarios del cruce?   |          |                         |
| 17   | ¿Está desfasada la iluminación del cruce? Es decir, no centrada.   |          |                         |
| <b>14.4</b>                                    | <b>Ciclovías</b>   |          |                         |
| 18   | ¿El ancho del espacio es adecuado para el número de ciclistas que usan la ruta?  |          |                         |
| 19   | ¿La ruta para ciclistas es libre de algún punto restrictivo u hoyo?  |          |                         |
| 20   | ¿La ruta para ciclistas es continuada entre puntos? (Sin interrupción).  |          |                         |
| 21   | ¿Las rejillas de sumidero son seguras para las bicicletas?   |          |                         |
| <b>14.5</b>                                    | <b>Transporte Público y paraderos de buses</b>   |          |                         |
| 22   | ¿Los paraderos de buses son localizados en forma segura, con la visibilidad adecuada y con una correcta segregación de la pista de circulación?                                |          |                         |
| 23   | ¿Podrán causar problemas los paraderos de buses en las proximidades de las intersecciones?   |          |                         |
| 24   | ¿Las paradas de buses en áreas rurales son señalizadas con anticipación?   |          |                         |
| 25   | ¿Los refugios peatonales y asientos, son localizados en forma segura permitiendo una adecuada línea de visibilidad? ¿Su separación con la vía es correcta?                     |          |                         |
| 26   | ¿Existen actividades que crean altos flujos peatonales, como colegios, centros turísticos, centros comerciales, en lados opuestos de la vía principal?                         |          |                         |
| 27   | ¿Están los paraderos de buses cerca de las pasarelas peatonales?   |          |                         |
| 28   | De existir ambas ¿Están los paraderos de buses ubicados después de las intersecciones y puntos de acceso a la calzada?   |          |                         |
| 29   | ¿Cuentan los paraderos de buses con un sistema de iluminación adecuado?  |          |                         |
| 30   | ¿Se detienen los buses sobre la berma para tomar o dejar pasajeros?  |          |                         |



| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 14 USUARIOS VULNERABLES |
|--|---|----------|-------------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |                         |
| NOMBRE   |   |          |                         |
| FIRMA  |   |          |                         |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS             |
| 31   | ¿Están debidamente señalizados los paraderos?   |          |                         |
| 32   | En vías de alta velocidad, ¿cuentan con una pista de acceso, zona de parada y pista de aceleración debidamente diseñada y claramente demarcada? |          |                         |
| <b>14.6</b>                                    | <b>Pasarela</b>   |          |                         |
| 33   | ¿Presentan todos los pasos superiores de peatones medidas de seguridad para todos sus posibles usuarios?  |          |                         |
| 34   | ¿Están adecuadamente dimensionadas las pasarelas en cuanto a accesibilidad, comodidad e interdistancia?   |          |                         |
| 35   | Los pasos superiores e inferiores, ¿presentan las dimensiones y equipamiento apropiados para los usos reales que se registran?                  |          |                         |
| 36   | ¿Están adecuadamente iluminadas las pasarelas?  |          |                         |
| 37   | ¿Están conectadas mediante aceras a los paraderos o a las áreas urbanas más próximas?   |          |                         |
| 38   | ¿Se han tenido en consideración los niños, ancianos y minusválidos? (Rampas en vez de escalas).   |          |                         |
| 39   | ¿Tienen una pendiente adecuada para los usuarios mayores?   |          |                         |
| 40   | La configuración de la pasarela, ¿permite el cruce de vehículos motorizados? (Motos).   |          |                         |
| 41   | ¿Se ha implementado vallas peatonales en la mediana para desincentivar el cruce de los peatones a través de la calzada?                         |          |                         |
| 42   | ¿Es necesario colocar una reja que evite el lanzamiento de piedras u otros objetos a la calzada?  |          |                         |

| LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL |   | REVISADO | 15 ESTACIONAMIENTO |
|--|---|----------|--------------------|
| JEFE DEL EQUIPO                                |   |          |                    |
| NOMBRE   |   |          |                    |
| FIRMA  |   |          |                    |
| FECHA  |   |          | COMENTARIOS        |
| <b>15.1</b>                                    | <b>Estacionamiento formal</b>   |          |                    |
| 1  | Los lugares de estacionamiento formal, ¿permiten una segura entrada y salida?   |          |                    |
| 2  | ¿Están adecuadamente demarcados?  |          |                    |
| 3  | ¿Se observan estacionamientos en doble fila?  |          |                    |
| 4  | ¿La distancia de visibilidad en intersecciones y a lo largo de la ruta se ve afectada por los vehículos estacionados en lugares formales?   |          |                    |
| 5  | ¿Podrán causar problemas el estacionamiento de vehículos en las proximidades de las intersecciones?   |          |                    |
| <b>15.2</b>                                    | <b>Estacionamiento informal</b>   |          |                    |
| 6  | ¿Existen lugares donde el estacionamiento informal en las bermas puede generar dificultades con el movimiento seguro del flujo vehicular?   |          |                    |
| 7  | ¿La distancia de visibilidad en intersecciones y a lo largo de la ruta se ve afectada por los vehículos estacionados en lugares informales? |          |                    |

| <b>LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b> | <b>16 VARIOS</b>   |
|---|--|-----------------|--------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                                |  |                 |                    |
| <b>NOMBRE</b>   |  |                 |                    |
| <b>FIRMA</b>  |  |                 |                    |
| <b>FECHA</b>  |  |                 | <b>COMENTARIOS</b> |
| <b>16.1</b>   | <b>Trabajos Temporales</b>   |                 |                    |
| 1   | ¿Existe una clara señalización en cuanto a la naturaleza, restricciones y el lugar de cada trabajo?  |                 |                    |
| 2   | ¿Existe en la vía señalización y dispositivos de control temporal de tránsito que ya no se requieran o no se estén utilizando?   |                 |                    |
| 3   | ¿Existen problemas de encandilamiento por obras temporales?  |                 |                    |
| <b>16.2</b>   | <b>Problemas de Encandilamiento</b>  |                 |                    |
| 4   | ¿Existen problemas de encandilamiento que puedan ser causados por los focos de otros vehículos?  |                 |                    |
| 5   | ¿Existen problemas de encandilamiento por elemento de señalización de publicidad o similar?  |                 |                    |
| <b>16.3</b>   | <b>Actividades al Borde de la Vía</b>  |                 |                    |
| 6   | ¿Existen al borde de la vía actividades que puedan distraer a los conductores?   |                 |                    |
| 7   | ¿La vía está libre de ramas y arbustos que sobresalgan hacia la calzada?   |                 |                    |
| 8   | ¿Se observa la presencia de publicidad de ventas que se realicen en la berma?  |                 |                    |
| 9   | ¿Existe puntos de venta al borde de la calzada o sobre la berma?   |                 |                    |
| <b>16.4</b>   | <b>Visibilidad en la vía</b>   |                 |                    |
| 10  | ¿Existen obstrucciones de visibilidad en la vía producidas por arbustos, ramas, señalización publicitaria o similar?   |                 |                    |
| 11  | ¿Podrá existir conflicto entre las áreas verdes y los requerimientos de visibilidad?   |                 |                    |
| 12  | ¿Existe conflicto entre las áreas verdes y los requerimientos de visibilidad?  |                 |                    |
| <b>16.5</b>   | <b>Situaciones climáticas</b>  |                 |                    |
| 13  | ¿Se han señalado áreas afectadas por fuertes vientos?  |                 |                    |
| 14  | ¿Existen obstrucciones sobre la calzada por acumulación de nieve, arena u otros elementos?   |                 |                    |
| 15  | ¿Se forman bancos de neblina en algún tramo de la ruta?  |                 |                    |
| 16  | ¿Se ha considerado la altura final de crecimiento de las especies plantadas, con la potencial obstrucción de visibilidad para los peatones, y el potencial objeto de colisión que pueden llegar a ser? |                 |                    |
| 17  | ¿Puede realizarse la mantención de las áreas verdes en forma segura?   |                 |                    |
| <b>16.6</b>   | <b>Teléfonos de emergencia</b>   |                 |                    |
| 18  | De existir, ¿Están adecuadamente señalizados?  |                 |                    |
| 19  | ¿Son suficientes?  |                 |                    |
| 20  | ¿Hay un lugar seguro para detener el vehículo?   |                 |                    |
| <b>16.7</b>   | <b>Miradores y áreas de descanso</b>   |                 |                    |
| 21  | ¿Están adecuadamente señalizadas?  |                 |                    |
| 22  | ¿Cuentan con estacionamiento suficiente?   |                 |                    |
| 23  | ¿Cuentan con entradas y salidas adecuadas (carriles de deceleración y aceleración)?  |                 |                    |
| 24  | ¿Existe suficiente señalización para evitar una maniobra contra el sentido del tránsito?   |                 |                    |



| <b>LISTA DE CHEQUEO, INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL</b> |  | <b>REVISADO</b> | <b>16 VARIOS</b>   |
|---|--|-----------------|--------------------|
| <b>JEFE DEL EQUIPO</b>                                |  |                 |                    |
| <b>NOMBRE</b>   |  |                 |                    |
| <b>FIRMA</b>  |  |                 |                    |
| <b>FECHA</b>  |  |                 | <b>COMENTARIOS</b> |
| 25  | ¿Son adecuados los accesos a áreas de descanso y áreas de estacionamiento para vehículos pesados?                                  |                 |                    |
| 26  | ¿La ubicación de las áreas de descanso y estacionamiento de camiones es adecuada a lo largo de la ruta?                            |                 |                    |
| 27  | ¿La distancia de visibilidad es adecuada en los puntos de entrada y salida de las áreas de descanso y estacionamiento de camiones? |                 |                    |
| 28  | ¿Los usuarios se sienten seguros en estas áreas?   |                 |                    |

## ANEXO A4 MEJORAS PARA DISEÑO DE VIAS SEGURAS

### DISEÑO DE VÍAS SEGURAS

#### A4.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

Cuando un vehículo abandona la superficie de rodadura de una vía, por cualquier motivo, existe una probabilidad de choque, colisión o atropello. El resultado final del evento dependerá en gran medida del diseño geométrico de la vía.

Este capítulo hace referencia, en diferentes secciones, al diseño geométrico en sus diferentes fases, tales como topografía vial, intersecciones, pasos a nivel, ferrocarriles, entre otras. Dichas referencias servirán al usuario de este Manual como guía para diseñar, construir o mejorar las vías. Sin embargo, si el usuario desea conocer en detalle la normatividad en diseño geométrico, debe revisar en profundidad el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico Vigente. La seguridad debe recibir especial atención en la etapa inicial del diseño de vías o de intersecciones.

#### A4.2 ZONAS LATERALES Y MEDIANAS

##### A4.2.1 El concepto de carreteras que perdonan

De acuerdo a estadísticas internacionales, los eventos conocidos como “sinistros por salida de la vía” (cuando un vehículo sale de la superficie de circulación de la vía y colisiona con algún objeto fijo, vuelca o atropella a un tercero en el margen de la carretera) generan más del 30% de las muertes en carreteras.

El diseño geométrico de las zonas laterales y medianas de una vía, como un componente del diseño geométrico de una carretera, forma parte del concepto general conocido como “carreteras que perdonan” (“Forgiving Highways”).

Adicional a las deficiencias geométricas de una vía, existen otros factores por los cuales un vehículo se sale de la vía y sufre consecuencias en las zonas laterales y medianas; tales como: fatiga o desatención del conductor, exceso de velocidad, conducir bajo los efectos de drogas y/o alcohol, evitar un choque, condiciones de la superficie de rodadura, lluvia, presencia de materiales sueltos, falla mecánica del vehículo, pobre visibilidad entre otras. A pesar de los mejores esfuerzos, es imposible eliminar por completo estos errores; por lo tanto se trata de diseñar la infraestructura vial tomándolos en consideración con la certeza que van a seguir ocurriendo.

Independientemente de la causa por la cual un vehículo se sale de la vía, las zonas laterales y medianas libre de obstáculos fijos y con taludes de pendiente suave dan la oportunidad al conductor de reconducir su vehículo de vuelta a su carril de circulación, evitando que se vuelque o colisione con objetos fijos.

Este concepto de “carreteras que perdonan” consiste en brindar a los vehículos que abandonan la vía un margen de carretera, sea lateral o en la mediana, cuyo diseño reduzca las consecuencias de un posible evento. Este concepto es tan importante que el diseño de márgenes de carreteras en múltiples países ha sido incorporado como parte integral de los criterios de diseño geométrico de la infraestructura vial. (Fuente: Manual SCV - Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras).

##### A4.2.2 Zona libre de obstáculos

La zona libre de obstáculos o zona despejada es un espacio transitable sin obstrucciones al borde de los carriles de circulación y ubicado en el margen de la carretera. Las bermas, ciclo vías, pistas auxiliares que no tienen función de carril de

paso y terrenos colindantes son parte de la zona despejada. Esta zona debería estar libre de obstáculos ya sean postes, columnas, elementos del sistema de desagüe como cunetas, canaletas, muros, alcantarillas u otros elementos que no sean traspasables. El ancho recomendado de la zona libre se define en la Tabla 1.

Tabla 1: Ancho Recomendado de la Zona Despejada (metros)

| Velocidad de Proyecto (km/h) | IMD Diseño  | Talud Terraplén (V:H)     |                            | Talud Cortes (TCN) (V:H) |           |                    |
|------------------------------|-------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
|                              |             | 1:6 <sup>(1)</sup>        | 1:5 a 1:4                  | 1:3                      | 1:5 a 1:4 | 1:6 <sup>(1)</sup> |
| <b>&lt;60</b>                | <750        | 2.0 - 3.0                 | 2.0 - 3.0                  | 2.0 - 3.0                | 2.0 - 3.0 | 2.0 - 3.0          |
|                              | 750-1,500   | 3.0 - 3.5                 | 3.5 - 4.5                  | 3.0 - 3.5                | 3.0 - 3.5 | 3.0 - 3.5          |
|                              | 1,500-6,000 | 3.5 - 4.5                 | 4.5 - 5.0                  | 3.5 - 4.5                | 3.5 - 4.5 | 3.5 - 4.5          |
|                              | >6,000      | 4.5 - 5.0                 | 5.0 - 5.5                  | 4.5 - 5.0                | 4.5 - 5.0 | 4.5 - 5.0          |
| <b>70-80</b>                 | <750        | 3.0 - 3.5                 | 3.5 - 4.5                  | 2.5 - 3.0                | 2.5 - 3.0 | 3.0 - 3.5          |
|                              | 750-1,500   | 4.5 - 5.0                 | 5.0 - 6.0                  | 3.0 - 3.5                | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.0          |
|                              | 1,500-6,000 | 5.0 - 5.5                 | 6.0 - 8.0                  | 3.5 - 4.5                | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 5.5          |
|                              | >6,000      | 6.0 - 6.5                 | 7.5 - 8.5                  | 4.5 - 5.0                | 5.5 - 6.0 | 6.0 - 6.5          |
| <b>90</b>                    | <750        | 3.5 - 4.5                 | 4.5 - 5.5                  | 2.5 - 3.0                | 3.0 - 3.5 | 3.0 - 3.5          |
|                              | 750-1,500   | 5.0 - 5.5                 | 6.0 - 7.5                  | 3.0 - 3.5                | 4.5 - 5.0 | 5.0 - 5.5          |
|                              | 1,500-6,000 | 6.0 - 6.5                 | 7.5 - 9.0                  | 4.5 - 5.0                | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 6.5          |
|                              | >6,000      | 6.5 - 7.5                 | 8.0 - 10.0 <sup>(2)</sup>  | 5.0 - 5.5                | 6.0 - 6.5 | 6.5 - 7.5          |
| <b>100</b>                   | <750        | 5.0 - 5.5                 | 6.0 - 7.5                  | 3.0 - 3.5                | 3.5 - 4.5 | 4.5 - 5.0          |
|                              | 750-1,500   | 6.5 - 7.5                 | 8.0 - 10.0 <sup>(2)</sup>  | 3.5 - 4.5                | 5.0 - 5.5 | 6.0 - 6.5          |
|                              | 1,500-6,000 | 8.0 - 9.0                 | 10.0 - 12.0 <sup>(2)</sup> | 4.5 - 5.5                | 5.5 - 6.5 | 7.5 - 8.0          |
|                              | >6,000      | 9.0 - 10.0 <sup>(2)</sup> | 11.0 - 13.5 <sup>(2)</sup> | 6.0 - 6.5                | 7.5 - 8.0 | 8.0 - 8.5          |
| <b>110<sup>(3)</sup></b>     | <750        | 5.5 - 6.0                 | 6.0 - 8.0                  | 3.0 - 3.5                | 4.5 - 5.0 | 4.5 - 4.9          |
|                              | 750-1,500   | 7.5 - 8.0                 | 8.5 - 11.0 <sup>(2)</sup>  | 3.5 - 5.0                | 5.5 - 6.0 | 6.0 - 6.5          |
|                              | 1,500-6,000 | 8.5 - 10.0 <sup>(2)</sup> | 10.5 - 13.0 <sup>(2)</sup> | 5.0 - 6.0                | 6.5 - 7.5 | 8.0 - 8.5          |
|                              | >6,000      | 9.0 - 10.5 <sup>(2)</sup> | 11.5 - 14.0 <sup>(2)</sup> | 6.5 - 7.5                | 8.0 - 9.0 | 8.5 - 9.0          |

(1) 1:6 (V:H) o más tendido

(2) Cuando un estudio técnico determine que existe una alta probabilidad de accidentes, se pueden diseñar zonas laterales de ancho superior a 9 m.

(3) En la actualidad no existen antecedentes para velocidades mayores a 110 km/h; por lo tanto, cuando corresponden velocidades por encima de este rango se deberá efectuar un estudio técnico.

Fuente: Roadside Design Guide de AASHTO 2011 (Tabla 3-1)

Por otro lado, el ancho de la zona despejada se debe incrementar para el caso de curvas acorde a los factores de ajuste indicados en la Tabla 2

Tabla 2: Ajuste del Ancho de la Zona Despejada por Curvatura

| Radio (m) | Velocidad de Proyecto (km/h) |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------------------|------|------|------|------|------|
|           | 60                           | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  |
| 900       |                              |      |      |      |      | 1.05 |
| 700       |                              |      |      |      | 1.05 | 1.15 |
| 600       |                              |      |      |      | 1.10 | 1.25 |
| 500       |                              |      |      | 1.10 | 1.20 | 1.30 |
| 450       |                              |      |      | 1.15 | 1.25 | 1.40 |
| 400       |                              |      | 1.05 | 1.20 | 1.30 |      |
| 350       |                              |      | 1.10 | 1.25 | 1.40 |      |
| 300       |                              | 1.05 | 1.15 | 1.35 | 1.50 |      |
| 250       |                              | 1.10 | 1.30 | 1.50 |      |      |
| 200       | 1.10                         | 1.20 | 1.45 |      |      |      |
| 150       | 1.20                         | 1.40 |      |      |      |      |
| 100       | 1.50                         |      |      |      |      |      |

Fuente: Roadside Design Guide de AASHTO 2011 (Tabla 3-2)

Se debe tomar en cuenta que los valores indicados en estas tablas son referenciales, no son absolutos y podrían ser diferentes según el criterio del proyectista. Los valores son relativamente fáciles de aplicar en zonas con geografía plana y más complicados de aplicar en zonas con geografía accidentada.

#### A4.2.3 Opciones de tratamiento de obstáculos

Se debe considerar el efecto de cada obstáculo o “punto duro” durante el diseño geométrico. Las opciones de diseño para evitar que elementos de la infraestructura, obstáculos y otros elementos sean potenciales peligros en las zonas laterales y bermas centrales de una vía son, en orden de preferencia, los siguientes:

- Remover o eliminar el obstáculo o peligro.
- Rediseñar o modificar el obstáculo para que sea traspasable de forma segura.
- Reubicar el obstáculo a un lugar donde sea menos probable colisionar contra él.
- Reducir la severidad de un potencial impacto usando un dispositivo amortiguador apropiado.
- Escudar el obstáculo mediante un sistema de contención vial (como una barrera de seguridad o un amortiguador de impacto, entre otros) diseñado para contener y/o re direccionar a los vehículos.
- Delinear o demarcar el obstáculo en caso de que las opciones anteriores no sean factibles o apropiadas.

(Fuente: Manual SCV - Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras).

#### A4.2.4 Obstáculos fijos

Los obstáculos en la zona lateral de la carretera, en la mayoría de los casos, están conformados por elementos no traspasables y por objetos fijos naturales. En la tabla que se expone a continuación se listan de manera conceptual algunos elementos de

riesgo que se encuentran en las zonas laterales de las carreteras y se brinda un criterio base para su tratamiento. Como elemento fundamental, el terreno de la zona despejada debería ser transitable y libre de rocas, troncos cortados o similares (Ver Figura 1 y Tabla 3).

Figura 1: Ejemplo de la Zona Despejada - Contar con un Terreno Transitable

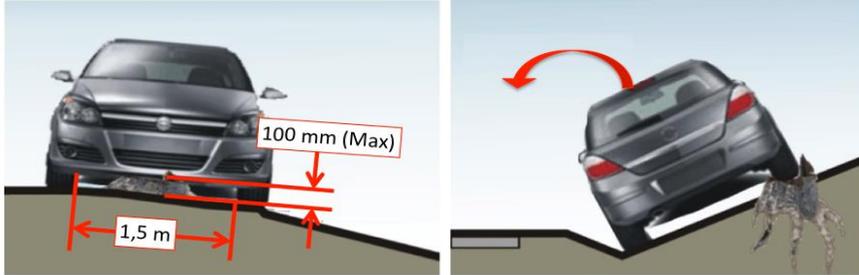


Tabla 3: Obstáculos típicos y criterio recomendando

| Elemento   | Criterio base   |
|--|---|
| Cepas, pilas, columnas, estribos y extremos de puentes | Generalmente requieren tratamiento  |
| Rocas grandes  | Decisión basada en la naturaleza, tamaño y probabilidad de impacto                          |
| Alcantarillas, tubos y muros                           | Decisión basada en la naturaleza, tamaño forma y ubicación                                  |
| Taludes transitables                                   | Generalmente no requieren tratamiento   |
| Taludes no transitables                                | Decisión basada en probabilidad de impacto  |
| Cunetas paralelas a la vía                             | Ver 0 y 0   |
| Cunetas transversales                                  | Por lo general requieren barrera cuando hay alta probabilidad de impactos frontales         |
| Muros de contención de suelos                          | Decisión basada en la rugosidad y probable ángulo de impacto                                |
| Postes de señales y luminarias                         | En tramos de alta velocidad, generalmente se escudan con barreras si no son quebradizos     |
| Postes de semáforos                                    | Si se encuentran en la zona despejada en vías de alta velocidad pueden requerir tratamiento |
| Árboles  | Decisión de lugar en lugar, cortar, mover, escudar con barrera                              |
| Postes de servicios públicos                           | Decisión de lugar en lugar  |
| Cuerpos de agua permanentes                            | Decisión basada en el lugar y la profundidad del agua y la probabilidad de caída al agua    |

Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

#### A4.2.5 Tratamiento de obstáculos en vía urbana

En el entorno urbano se hace más complicado proveer una zona despejada por la presencia de accesos, estacionamientos, flujo peatonal, paraderos de buses y otros elementos que son comunes en el ámbito urbano. A continuación, se presentan algunas soluciones para los elementos típicos que forman parte del mobiliario vial urbano y algunos conceptos básicos de cómo mejorar la seguridad vial en cada caso.

## A. Postes de servicio eléctrico

Los postes de servicio eléctrico cumplen varias funciones entre ellas para tender cables de electricidad, cables de sistemas de comunicación, para fijar elementos de iluminación, señales y otros. Los postes a veces requieren cables de anclaje para mantener su estabilidad y estos cables también presentan riesgos para los usuarios de la vía.

Para evitar que los postes de servicio eléctrico sean elementos de riesgo se pueden aplicar las siguientes soluciones:

- Enterrar el sistema de cableado eliminando la necesidad de postes.
- Emplear postes altamente colapsables ante impacto.
- Alejar los postes de los carriles de circulación.
- En curva, colocar los postes al interior de la curva.
- Colocar todos los postes en un solo lado de la vía.
- Escudar los postes con sistemas de contención certificados.
- Delinear los postes para aumentar su visibilidad nocturna.
- Aplicar con cautela cualquier cable de estabilización.

En el caso de líneas de suministro de alto voltaje normalmente se colocan a una distancia segura de los carriles de circulación. Si esto no fuera posible deberían instalarse elementos de contención certificados.

## B. Postes de iluminación

- Emplear postes altamente colapsables.
- Alejar los postes de los carriles de circulación empleando brazos largos para ubicar la fuente de luz en el lugar óptimo.
- En curva, colocar los postes al interior de la curva.
- Colocar todos los postes en un solo lado de la vía.
- Escudar los postes con sistemas de contención certificadas.
- Delinear los postes para aumentar su visibilidad nocturna.

## C. Postes y pedestales de semáforos

- Alejar los postes de los carriles de circulación empleando brazos largos.

## D. Postes de señales verticales

- Utilizar postes colapsables o quebradizos.
- Escudar los postes con sistemas de contención certificadas.

## E. Paraderos de transporte colectivo

- Hacer visible de día y de noche la infraestructura del paradero.
- Alejar en lo posible de los carriles de circulación.

## F. Paisajismo

- Seleccionar especies vegetales que cuando maduren no presenten riesgo, es decir, que tengan troncos que no vayan a superar los 10 cm de diámetro.

- Considerar la necesidad de irrigación, poda y despeje de hojas caídas (mantenimiento general). Ver Figura 2.

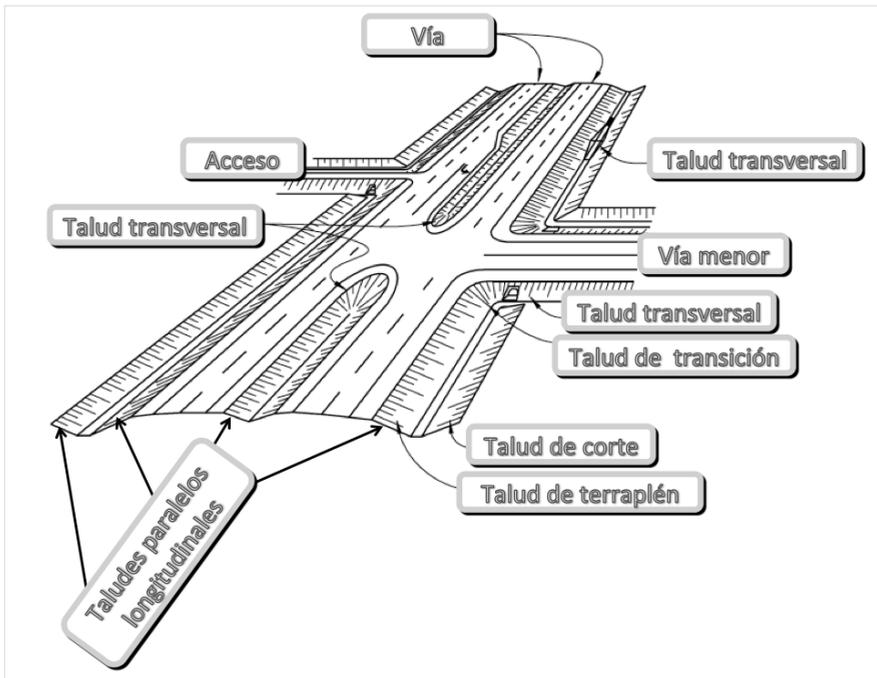
Figura 2: Consideración del Peatón al Podar los Arboles



#### A4.2.6 Diseño geométrico de los márgenes viales

De no tener un entorno vial totalmente plano, como el caso de un desierto, el diseño geométrico de una carretera o camino presentará una combinación de taludes de terraplén, de corte, transversales, de transición, y canaletas de drenaje como se muestran en la Figura 3. Éstos afectarán la trayectoria, estabilidad, control y el alcance del movimiento lateral de un vehículo errante.

Figura 3: Configuración de Taludes



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

#### A4.2.6.1 Taludes paralelos longitudinales

Los taludes paralelos al eje longitudinal de la vía tendrán como variable principal su pendiente perpendicular al eje de la vía. La estabilidad de un vehículo transitando por estos, sean taludes de terraplén o de corte, será afectado por su uniformidad de superficie y su pendiente, una pendiente más inclinada implica mayor inestabilidad del vehículo.

Las pendientes relativamente planas permitirán a un conductor de un vehículo que sale de la vía, transitar de manera segura, recuperar el control del vehículo, retomar su viaje, o detenerse por completo para luego volver a su carril de circulación en la carretera. Los taludes longitudinales paralelos al eje de la vía se clasifican como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de Taludes Paralelos Longitudinales

| Clasificación              | Pendiente (S)          |
|----------------------------|------------------------|
| Preferible                 | $S \leq 1V:6H$         |
| Transitable y recuperable  | $1V:6H < S \leq 1V:4H$ |
| Transitable no recuperable | $1V:4H < S \leq 1V:3H$ |
| Crítico no transitable     | $S > 1V:3H$            |

Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Si una pendiente se considera “transitable y recuperable” el proyectista deberá asegurar el cumplimiento del ancho de la zona despejada indicada en la Figura 4. Si por alguna razón no se puede obtener el ancho de la zona despejada en esas tablas se debe considerar el uso de un sistema de contención.

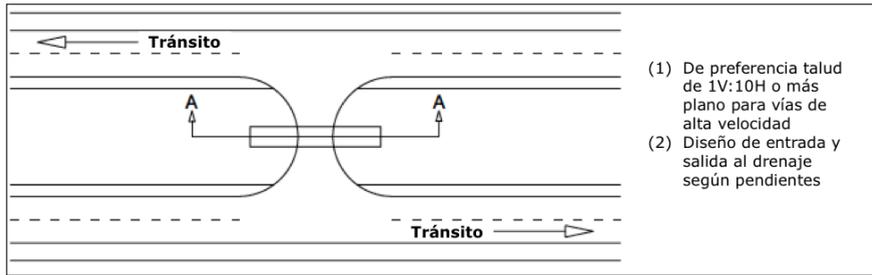
Si la pendiente del terreno se clasifica como “transitable no recuperable”, un vehículo que se salga de la vía probablemente no se vuelque al transitar sobre el talud, pero dependiendo de la velocidad, ángulo de salida y transitabilidad del talud, no le sería posible detenerse o cambiar de rumbo en esa zona y descendería hasta el final de esa pendiente. En ese punto colisionará con cualquier elemento que se encuentre en ese lugar. Se aclara que cuando un vehículo se encuentra descendiendo por una pendiente, tiene poca capacidad de frenar y casi nula capacidad de cambiar de rumbo.

Por otra parte, si la pendiente del talud se clasifica como “crítico no transitable” el vehículo correrá el riesgo de volcarse y para evitar este escenario se recomiendan sistemas de contención tomando como factor determinante la altura del talud.

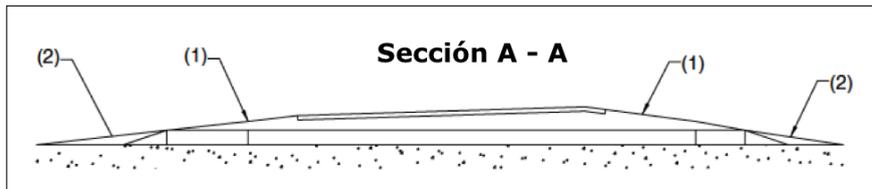
#### A4.2.6.2 Taludes transversales

Uno de los obstáculos más frecuentes en vías modernas son las pendientes transversales que son productos de cruces del separador central, accesos laterales, e intersecciones. Estos se vuelven más críticos cuando pueden ser impactados en ángulo recto. Lo ideal es que una pendiente transversal presente un perfil de máximo 1V:10H.

Figura 4: Diseño de Cruce de Separador Central con Alcantarilla

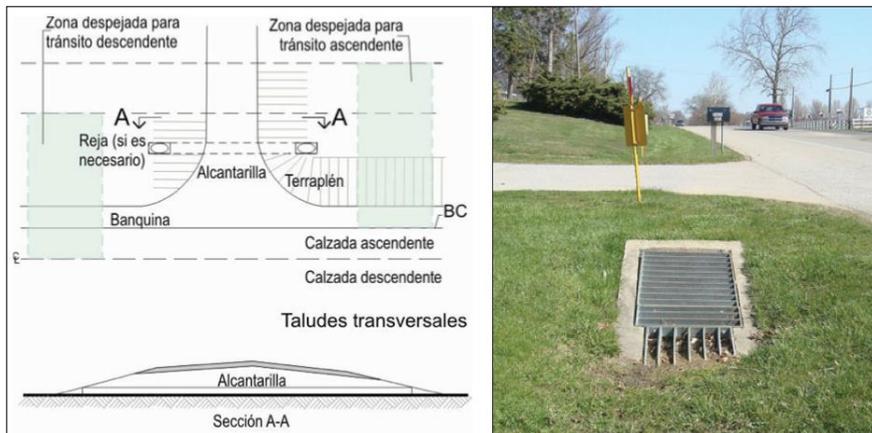


Continúa Figura 4



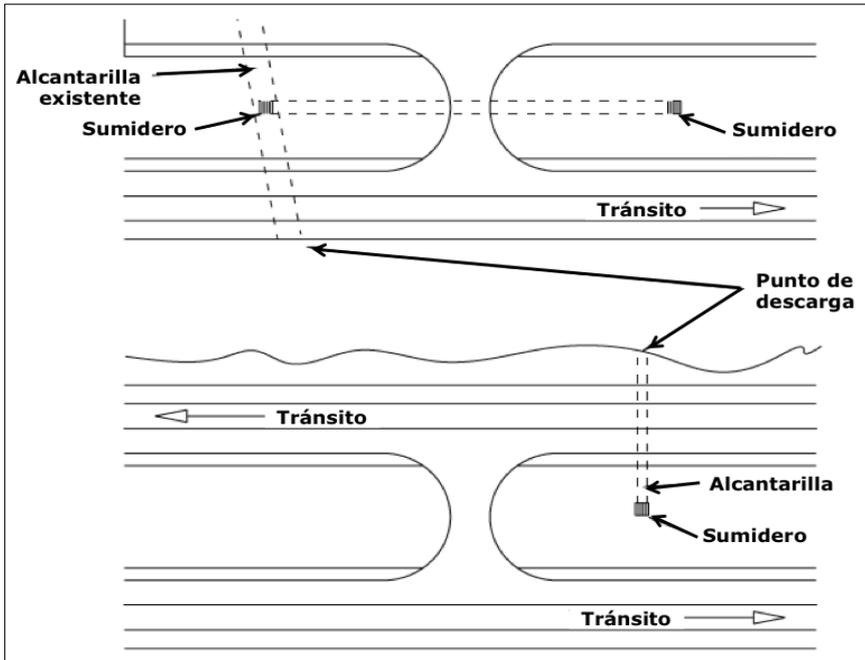
Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 5: Tratamiento Seguro del Drenaje con Pendiente Transversal en un Acceso Lateral



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 6: Diseño de Cruce de Separador Central con Sumideros



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 7: Ejemplo de Sumidero en el Separador Central



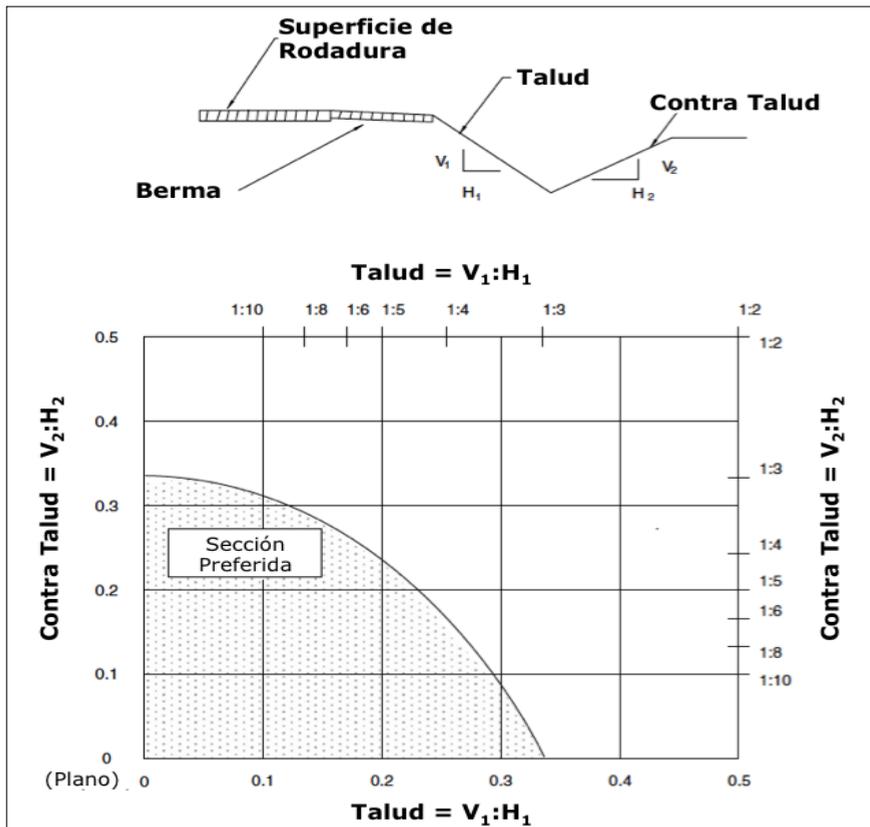
#### A4.2.6.3 Taludes de cunetas de drenaje

Las cunetas y los canales de drenaje usualmente son elementos abiertos paralelos a la carretera y ubicados en los márgenes de la vía, cuya función principal es la de recolectar el agua de lluvia superficial de la vía y llevarla a puntos adecuados de desagüe.

Las cunetas y canales deben diseñarse para que evacúen la escorrentía superficial de diseño y el agua adicional en lluvias excesivas, con el mínimo de inundación o daño de los carriles de circulación. Sin embargo, estos canales también deben ser diseñados, construidos y mantenidos considerando su efecto sobre la seguridad de la vía.

La Figura 8 presentan configuraciones de los taludes de las cunetas de perfil de cambio abrupto o "V" y las de cambio gradual o trapezoidal. El proyectista deberá siempre tratar de elegir combinaciones de talud y contra talud que estén en la zona sombreada ya que estas se consideran transitables.

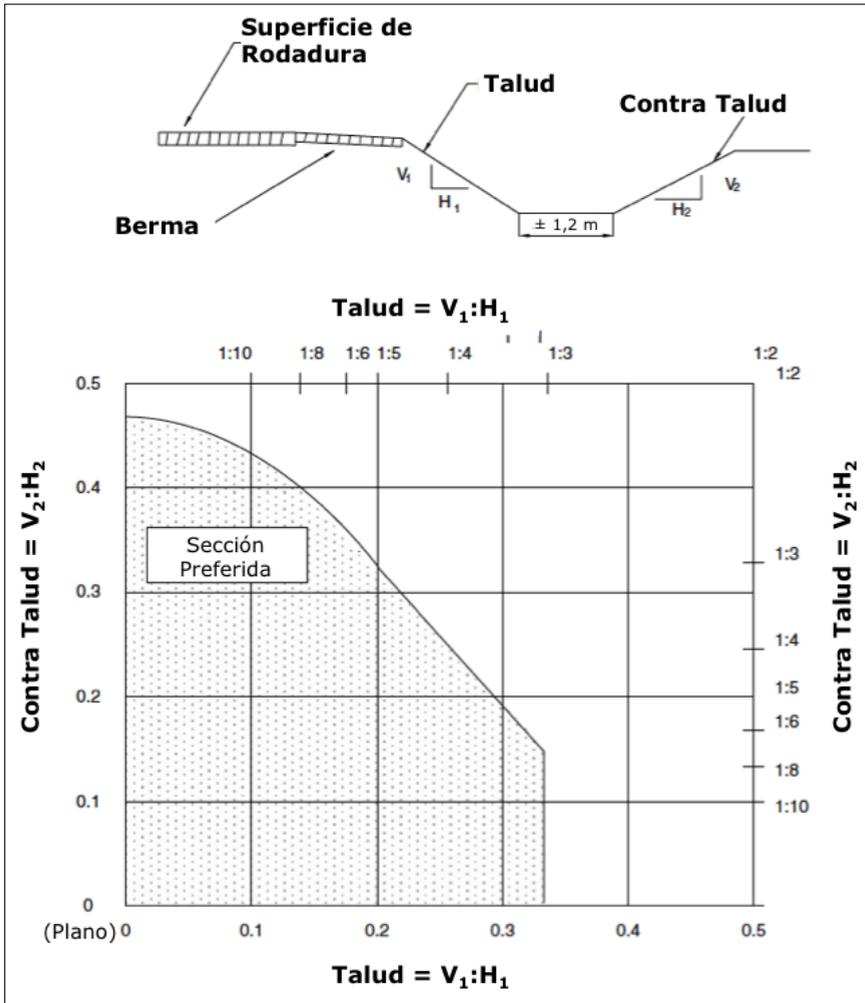
Figura 8: Configuración de Cunetas con Cambio de Talud Abrupto



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

La Figura 9 es aplicable a cunetas perfil "V" y canaletas redondeadas con un ancho de fondo menor a 2.4 m También es aplicable a cunetas trapezoidales con un ancho de fondo menor a 1.2 m. Es aplicable a cunetas redondeadas con un ancho de fondo mayor a 2.4 m y a cunetas trapezoidales con un ancho de fondo mayor a 1.2 m.

Figura 9: Configuración de Cunetas con Cambio de Talud Gradual



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Cuando sea práctico, las cunetas que se encuentren fuera de la sección preferida y en zonas de alto riesgo se deberían convertir en sistemas cerrados (ver Figura 10). De lo contrario se debería considerar el uso de un sistema de contención.

Figura 10: Ejemplo Sistema de Drenaje Cerrado con Entradas Laterales



#### A4.2.7 Elementos de drenaje

Esta sección compila los elementos de drenaje que conducen el agua de lluvias a las cunetas y canaletas que fueron presentados en la sección anterior. Entre ellos, sumideros, alcantarillas paralelas y transversales, sardineles y bordillos. Hay que buscar siempre un equilibrio entre un drenaje correcto y la seguridad vial del tramo.

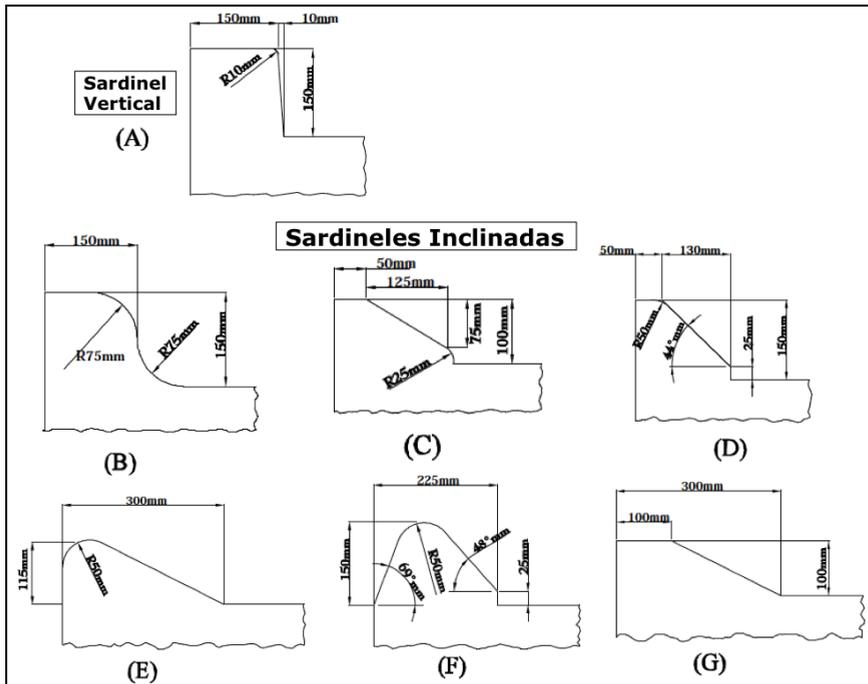
De este modo, en orden de preferencia se debe:

- Eliminar estructuras que no son esenciales.
- Diseñar y construir obras que son traspasables o que representen el mínimo riesgo ante un impacto.
- Si alguna estructura no puede construirse de manera segura o ser reubicada, considerar el uso de un sistema de contención para proteger a los usuarios del peligro que representan.

##### A4.2.7.1 Sardineles

Los sardineles tienen múltiples funciones: drenaje, delineación, control vehicular, separación de espacios peatonales o de ciclistas y apoyo estructural al pavimento. Pueden contar con caras inclinadas o verticales. Los sardineles con función de control vehicular pueden tener una altura de 15 cm o mayor. Los sardineles de 15 cm o menor con cara inclinada facilitarán maniobras vehiculares para pasar de un lado al otro. Sardineles con una altura menor o igual a 10 cm se consideran traspasables por la mayoría de vehículos, no obstante, podrían generar daños importantes al sistema de suspensión al ser atravesados por vehículos de menor altura. En la Figura 11 se puede apreciar la configuración de sardineles según AASHTO.

Figura 11: Configuración de Sardineles

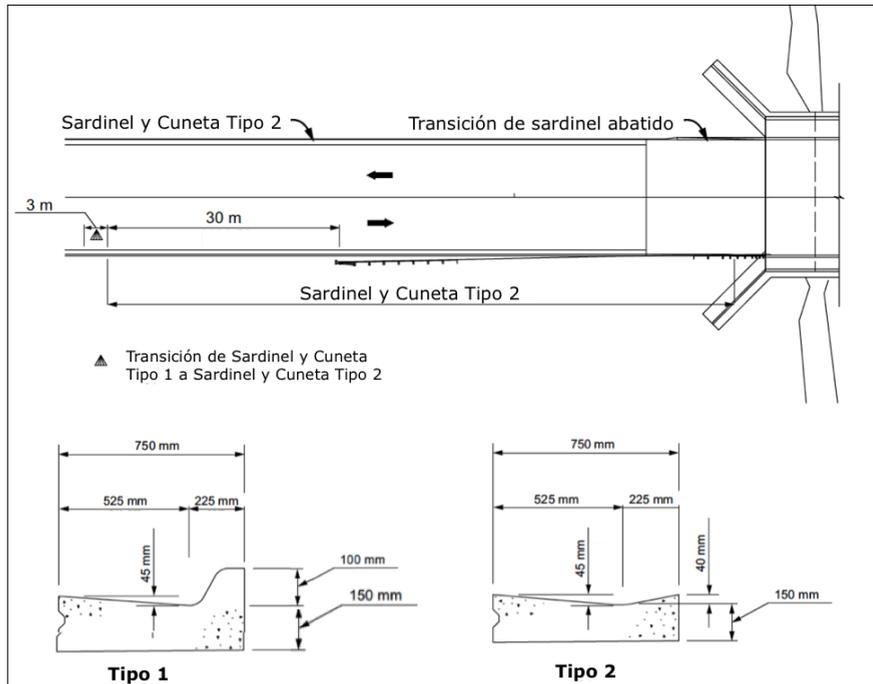


Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Como elemento básico, los sardineles no son deseables en vías de alta velocidad y nunca deben sobrepasar los 15 cm de altura.

En el caso de puentes con vías de alta velocidad se puede considerar el esquema de transición de sardinel y cuneta indicado en la Figura 12.

Figura 12: Transición de Sardinal con Cuneta en Caso de Puentes en Vías de Alta Velocidad

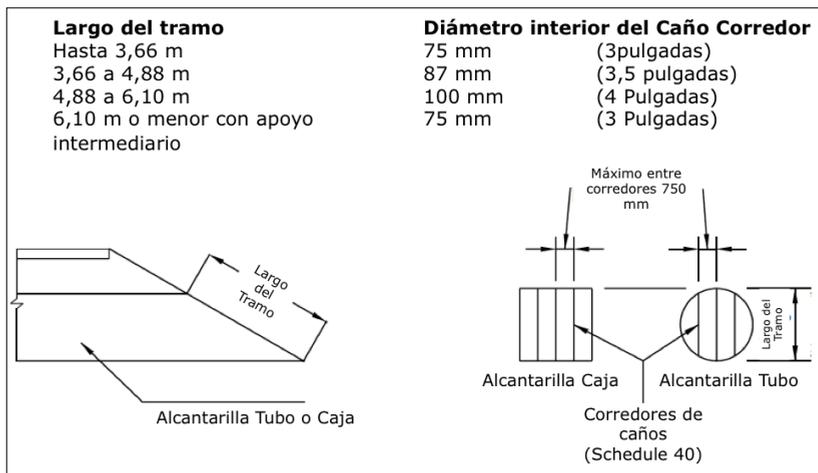


Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

#### A4.2.7.2 Tratamiento seguro de alcantarillas transversales

Las obras asociadas con las alcantarillas transversales tradicionalmente constan de muros verticales e interrupciones en la continuidad de los taludes paralelos laterales presentando situaciones de riesgo por caída. En las figuras que se muestran a continuación se describe conceptualmente como superar esta situación.

Figura 13: Configuración de Entradas y Salidas de Caños



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 14: Ejemplo de Tratamiento Seguro de Alcantarillas Transversales



Fuente: Roadside Design Guide, 2011 de AASHTO

#### A4.2.8 Segregación del tránsito no-motorizado

Para tránsito no-motorizado en zonas fuera de los núcleos urbanos y periferia en carreteras con una elevada intensidad de tránsito vehicular es adecuado plantear su segregación total o parcial. El transporte no motorizado o activo incluye caminar y andar en bicicleta, con variantes como patines, monopatines y sillas de ruedas. Algunos de estos medios son un fin en sí mismos y adicionalmente proporcionan tráfico. Las calles completas son diseñadas para acomodar a todos los tipos de transporte, incluyendo peatones y ciclistas.

El concepto clave para determinar la necesidad de segregación de tipos de tráfico será la diferencia de velocidades, así como la intensidad de peatones y/o bicicletas.

Los siguientes principios son la base para el correcto diseño de infraestructuras para el transporte no motorizado, en particular de las instalaciones peatonales.

- El sistema debe estar diseñado para minimizar los conflictos con otros modos de transporte y promover la percepción de seguridad personal
- El sistema debe ser accesible a todos, incluidos discapacitados.
- El sistema debe ofrecer conexiones directas y convenientes.
- El sistema debe proporcionar lugares cómodos para caminar.
- El sistema debe mejorar el espacio público de la ciudad.
- Las mejoras para el tránsito no motorizado deben ser rentables socialmente y sostenibles financieramente.

### A4.3 PISTAS DE EMERGENCIA

La combinación de vehículos de grandes dimensiones, como camiones y buses con vías con pendientes pronunciadas representan un gran riesgo para los usuarios de las rutas y para quienes habitan en propiedades colindantes a éstas.

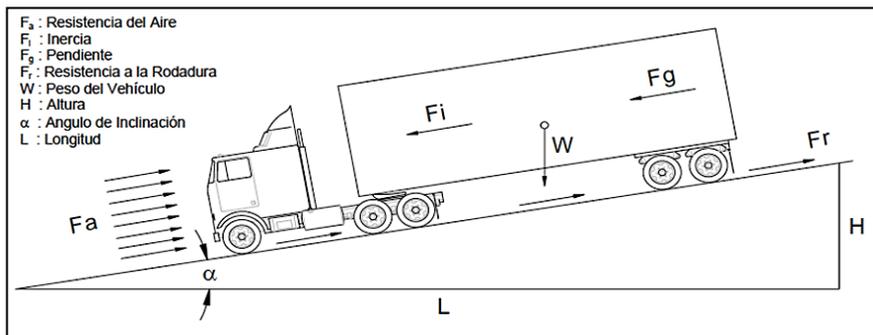
Estas características topográficas accidentadas de las vías, con continuos desniveles, generan rutas con pendientes pronunciadas, lo que se traduce en condiciones inseguras para la circulación de vehículos, debido a que se ven expuestos a constantes cambios de velocidad, utilización permanente de los frenos y acción retardante de los motores, al llevarlos enganchados continuamente. Los frenos y el efecto de enganche en ocasiones no son suficientes para mantener a los vehículos bajo control, derivando a menudo en accidentes de gravedad.

Las pistas de emergencia tienen su origen en la observación de la reacción permanente de los conductores frente a sucesos en la ruta. Obviamente, los operadores de camiones que experimentaban este problema sintieron que era preferible realizar una maniobra controlada de salir de la carretera en lugar de perder totalmente el control. Es por ello que antes de diseñarse las pistas de emergencia, los vehículos fuera de control, se estrellaban contra montículos de arena o grava (destinados al mantenimiento de los mismos) que se encontraban ubicados en la berma de las carreteras. En algunas ocasiones, los operadores de los vehículos fuera de control se salían de la carretera en dirección a las lomas ascendentes o hacia carreteras laterales para atenuar la velocidad del vehículo.

Algunas investigaciones aportaron datos relativos a las características y velocidad de los camiones que ingresaban a una pista de emergencia, midiendo así la distancia recorrida antes de ser detenidos. A partir de esa información, se elaboraron fórmulas para determinar la longitud de estas pistas, en función de la velocidad de ingreso de los vehículos, la inclinación de éstas y la resistencia a la rodadura de su superficie.

Las fuerzas que actúan en cada vehículo y que afectan la velocidad de éstos, incluyen al motor, frenos y la sumatoria de fuerzas presentes directamente sobre el móvil. En todo caso, la fuerza del motor y de los frenos debe ser ignorada en el diseño de las pistas de emergencia, puesto que éstas deberán ser proyectadas considerando el caso más desfavorable y asumiendo que los vehículos están fuera de control y con los frenos descompuestos.

Figura 15: Fuerzas que actúan sobre un vehículo en movimiento



Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2001, AASHTO

La sumatoria de fuerzas que actúa sobre el vehículo corresponde a la inercia, el aire, la resistencia a la rodadura y la pendiente.

La inercia, puede ser definida como una fuerza que se opone al movimiento del vehículo cuando está detenido, o a detenerse cuando está en movimiento, a menos que sobre el vehículo actúe una fuerza externa. La inercia podría ser superada por un incremento o una disminución de la velocidad del vehículo. La resistencia a la rodadura y la gradiente pueden contribuir a equiparar o superar la inercia de un vehículo.

La resistencia a la rodadura, es la resistencia al movimiento generado por el roce en área de contacto entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de la capa de rodadura y es aplicable solamente cuando el vehículo está en movimiento. Su influencia depende principalmente del tipo de superficie en el que el móvil se desplace.

La inclinación hace que se manifieste la fuerza de gravedad, pudiendo ser aquella positiva (gradiente o subida) o negativa (pendiente o bajada). Se expresa como la fuerza requerida para mover un vehículo venciendo un desnivel.

La última fuerza es la resistencia del aire, que es una fuerza negativa y que retarda el movimiento, debido a que está en contacto con diferentes superficies del vehículo. El aire causa una significativa resistencia para velocidades por encima de los 80 km/h y es despreciable para velocidades menores a los 30 km/h. Generalmente, el efecto de la resistencia del aire ha sido despreciable en la determinación de las longitudes de las pistas de emergencia, debido a que introduce un pequeño factor de seguridad en su diseño.

#### A4.3.1 Tipos de pistas de emergencia

Existen tres categorías para identificar los tipos de pistas de emergencia más utilizadas, estas son: rampas de escape gravitacionales, montículos de arena y lechos de frenado.

Las rampas de escape gravitacionales, tienen un pavimento o material granular compactado densamente en la superficie, confiando fundamentalmente en la fuerza de gravedad para disminuir y detener la carrera de los vehículos. Este tipo de rampa por lo general es de una gran longitud con una importante gradiente. El mayor inconveniente de este tipo de rampa, es que una vez que se ha logrado la detención del móvil, podría comenzar el descenso de éste, debido a que no cuenta con su sistema de frenos, generando una situación de riesgo para el conductor y para el resto de los vehículos que circulan por la vía. Por lo tanto, este tipo de pistas de emergencia sólo debe ser utilizado en rutas de poco tránsito y bajo condiciones controladas.

Las rampas de montículos de arena, están compuestas de arena suelta y seca, y su longitud normalmente no sobrepasa los 120 m. La influencia de la gravedad depende de la pendiente de la superficie. El incremento de la resistencia a la rodadura es suministrado por la arena suelta. Las desaceleraciones en los montículos de arena usualmente son muy severas y la arena puede ser afectada por el clima. Por sus características de deceleración brusca, este tipo de rampa presenta un importante riesgo para los conductores, por lo que no se recomienda en general.

Los lechos de frenado utilizan material granular suelto, de manera tal que aumente la resistencia a la rodadura a medida que avanza el vehículo, generando la detención final de éste.

Donde la topografía es adecuada, el lecho de frenado horizontal es una buena opción. Construido en una pendiente suave, este tipo de pistas de emergencia incrementa la resistencia a la rodadura a partir del agregado suelto, teniendo como resultado la disminución y detención del vehículo fuera de control.

El más común de los lechos de frenado es el de pendiente ascendente, ya que tiene la ventaja de utilizar la inclinación del terreno complementando los materiales granulares, reduciendo así su longitud.

Cada una de las pistas de emergencia descritas, son aplicables para ciertas situaciones particulares, relacionadas con la topografía y ubicación del lugar de emplazamiento. Los procedimientos usados para el análisis de estas pistas, son esencialmente los mismos para cada una de las categorías o tipos identificados. Lo que marca la diferencia en los diferentes procedimientos, es el tipo de material utilizado, ya que éste influirá directamente en el factor de resistencia a la rodadura requerido para disminuir y detener en forma segura a los vehículos. Acorde a lo descrito en las secciones precedentes y debidas a que ofrece mejores condiciones de seguridad para los usuarios, se dará preferencia a la instalación de lechos de frenado, los cuales se describen a continuación.

#### A4.3.2 Criterios de diseño de lechos de frenado

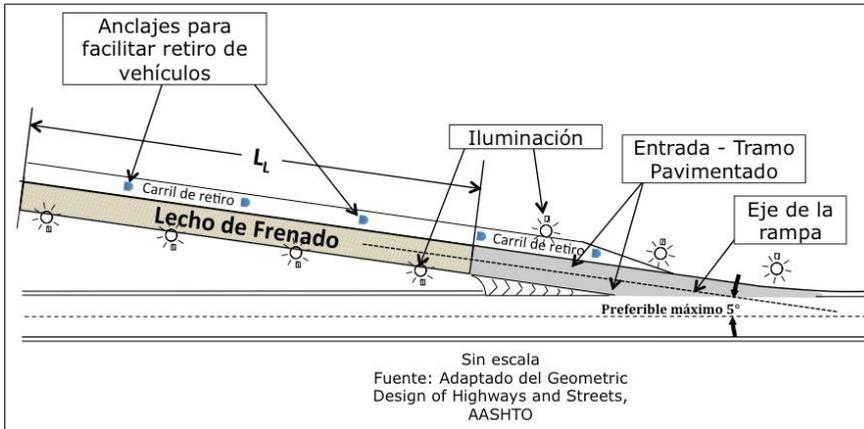
Existen fundamentos básicos en el diseño de las pistas de emergencia relacionados con las características físicas, pero también consideran la seguridad de los usuarios. El diseño de las pistas de emergencia está orientado a salvar vidas considerando que la persona que conduce un vehículo y que está completamente fuera de control, no se encuentra en condición de tomar decisiones o realizar maniobras complejas.

Por lo tanto, al diseñar un lecho de frenado, incluyendo su señalización, el proyectista debe generar las condiciones necesarias para que el conductor de un vehículo con averías, reconozca la existencia del lecho, entienda las maniobras que debe realizar y sienta la confianza suficiente de ingresar y no continuar por la ruta principal.

Las condiciones mínimas que se deben cumplir en el diseño de una pista de emergencia son:

- Contar con un acceso amplio y en un ángulo máximo de 15°.
- Tener buena visibilidad de toda la rampa, la mayor cantidad de tiempo posible (si el-conductor percibe discontinuidades, aunque éstas no sean importantes, no entrará en ella).
- Tener longitud recta suficiente.
- Tener materiales adecuados.
- Contar con una pista auxiliar para remover vehículos y permitir su mantenimiento.
- Contar con elementos que ofrezcan seguridad de las rampas de escape como iluminación nocturna. Algunas de estas características se pueden observar en la Figura 16.

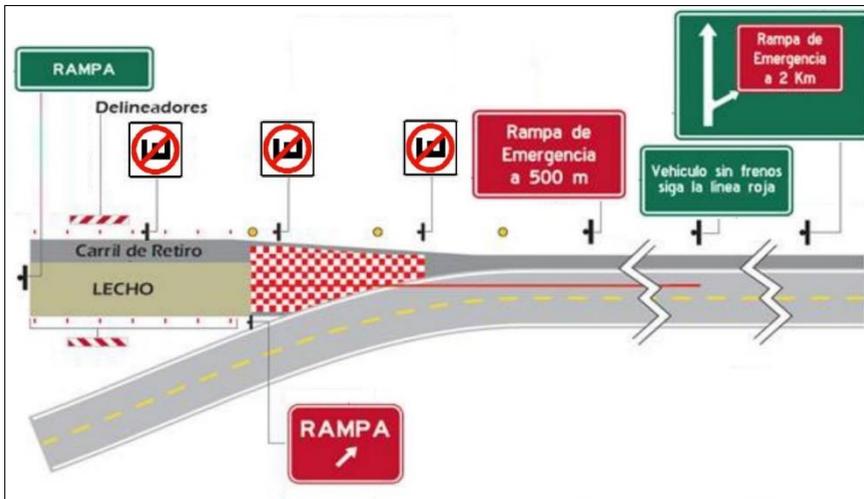
Figura 16: Elementos de Seguridad en Rampas



Fuente: Adapted of Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO

- La señalización típica se puede apreciar en la Figura 17.

Figura 17: Elementos de seguridad en rampas



Fuente: Adaptado del Manual of Uniform Traffic Control Devices

#### A4.3.2.1 Justificación de una pista de emergencia

En general, se justificará la instalación de una pista de emergencia en las siguientes situaciones:

- Lugares con estadística de accidentes, causados por vehículos pesados fuera de control, debido a averías en el sistema de frenos.
- El concepto de frenos humeantes, que tiene relación con la condición que presenta el sistema de frenos de un vehículo al ser constantemente utilizado; este concepto conlleva a un análisis visual en la ruta.
- El volumen total de tránsito y flujo de los vehículos pesados.

- Geometría horizontal. Determinar la existencia de curvas que generen que la mayoría de los vehículos pesados fuera de control, se salgan antes de llegar a una pista de emergencia.
- Geometría vertical. Analizar la longitud y dimensión de las pendientes.
- Zonas con alto volumen de vehículos pesados y con pendiente sostenida superior a 5%; donde además se cumpla que la longitud de la pendiente (km.) multiplicado por la pendiente (%) sea mayor a 60 ( $L * i2 > 60$ ), como se muestra en la siguiente relación:

$$L * i2 > 60. \text{ (Fuente: NCHRP Synthesis 178, Truck Escape Ramps)}$$

Donde:

L = Longitud en pendiente (km)

i = Pendiente (%)

Si después de la pendiente sostenida y antes de llegar a una curva restrictiva, continúa un tramo de pendiente nula o en contrapendiente, de longitud suficiente para detener el vehículo fuera de control, se deberá considerar no implementar la pista de emergencia.

Adicionalmente, se deberá analizar el riesgo para los habitantes aledaños a la ruta o para las diferentes actividades que se desarrollen adyacentes a la vía ya que, en algunos casos, son razones suficientes para la instalación de una pista de emergencia.

#### A4.3.2.2 Ubicación

Los factores comúnmente considerados a la hora de proyectar una pista de emergencia y que deben ser evaluados como mínimo son:

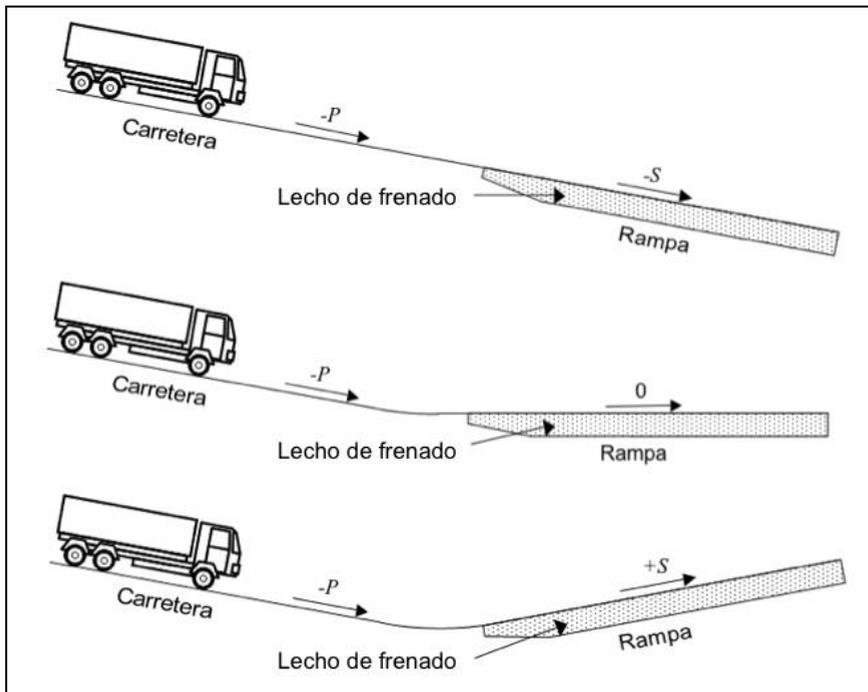
- Deberá estar ubicada en un punto de la pendiente que permita interceptar la mayor cantidad de vehículos fuera de control y antes del lugar donde se hayan registrado accidentes asociados.
- Deberán ser construidas antes de las curvas que no pueden ser enfrentadas en forma segura por un vehículo fuera de control. No es aconsejable colocar rampas en tramos con fuerte curvatura horizontal, puesto que lo más probable es que el vehículo saldrá fuera de la ruta antes de llegar a ésta.
- Deberán ser visibles desde una larga distancia, de manera que el conductor pueda preparar la maniobra de acceso con antelación. No es aconsejable colocar rampas luego de una curva vertical convexa.
- Deberán ubicarse siempre en el costado derecho de la vía y lo más tangente posible a ésta. Sólo en vías unidireccionales se podrá emplazar una rampa en el costado izquierdo, cuidando en todo caso, que el lugar tenga una adecuada visibilidad, tanto para el conductor del vehículo siniestrado, como para los otros usuarios de la vía.
- Deberán tener una adecuada pre-señalización y ser perfectamente distinguibles, especialmente de noche para evitar que un conductor las confunda con la vía principal. Disponer iluminación nocturna.

#### A4.3.2.3. Dimensiones de una pista de emergencia con lecho de frenado

El acceso a las pistas de emergencia debe ser perfectamente distinguible y estar completamente despejado. Se prefiere un ángulo del acceso respecto a la vía principal de 5°.

El ancho mínimo deseable de un lecho de frenado es de 5 m. Conviene tomar en cuenta que los lechos requieren de trabajos frecuentes de nivelación y por ende conviene que tengan 10 m de ancho o mayor de ser posible para poder trabajar en un lado y permitir el segundo lado para el uso que se presente. Cuando esté ubicada junto a un terraplén o una ladera, que involucre un peligro de caída del vehículo fuera de control, se recomienda la instalación de una barrera de hormigón tipo "F" o muro liso vertical en el costado de riesgo. Las pendientes pueden ser descendentes, a nivel o ascendentes como se ilustra en la siguiente figura. Según cada situación, la pendiente de la rampa resultará en un lecho de frenado de mayor o menor longitud.

Figura 18: Lecho de Frenado



Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 2001, AASHTO

#### A4.3.2.4 Longitud del lecho de frenado

La longitud del lecho de frenado, se puede determinar utilizando la siguiente ecuación desarrollada por la AASHTO:

Ecuación N° 1. Longitud de Emergencia

$$L = \frac{v^2}{254 \times (R \pm i)}$$

Donde:

$L$  = Distancia de detención (m).

- $V$  = Velocidad de entrada (km/hr). Se considera  $V = V_{\text{posteada}} + 20$  km/h.
- $i$  = Pendiente o gradiente de la pista de emergencia, dividida entre 100. Rangos entre +12% y -12%.
- $R$  = Resistencia a la rodadura del material de la pista de emergencia, expresado como un equivalente de la pendiente, dividido por 100.

La resistencia a la rodadura "R" se muestra en la Tabla 5, para algunos de los tipos de materiales con que se puede construir una pista de emergencia:

Tabla 5: Resistencia a la Rodadura (R)

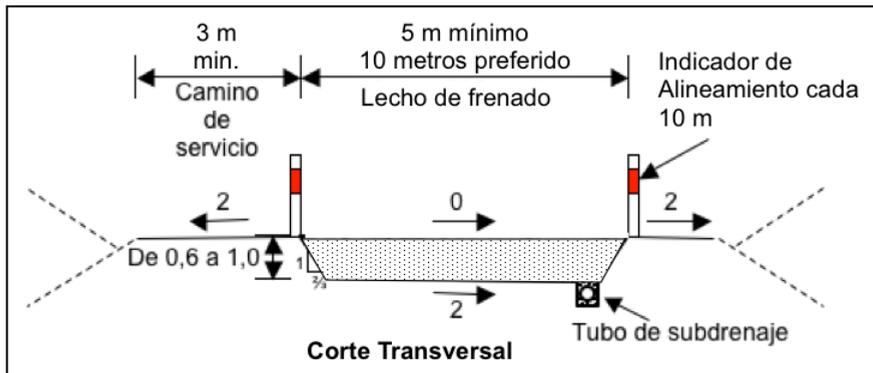
| Material                     | Resistencia a la rodadura | Grado equivalente |
|------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Concreto Cemento Portland    | 10                        | 0.010             |
| Concreto asfáltico           | 12                        | 0.012             |
| Grava compactada             | 15                        | 0.015             |
| Tierra arenosa suelta        | 37                        | 0.037             |
| Agregado molido suelto       | 50                        | 0.050             |
| Grava suelta                 | 100                       | 0.100             |
| Arena                        | 150                       | 0.150             |
| Gravilla redonda mono-tamaño | 250                       | 0.250             |

#### A4.3.2.5 Profundidad del lecho de frenado

El lecho de frenado debe ser construido con profundidades variables para evitar desaceleraciones excesivas. Es recomendable comenzar con una profundidad de 75 a 100 mm en la entrada, hasta llegar paulatinamente a la profundidad total, considerando una pendiente relativa del fondo entre 1 y 2%. La profundidad total debiera ser mínimo 0,5 m, pudiendo llegar a 1,0 m o más en lechos diseñados con grava de río.

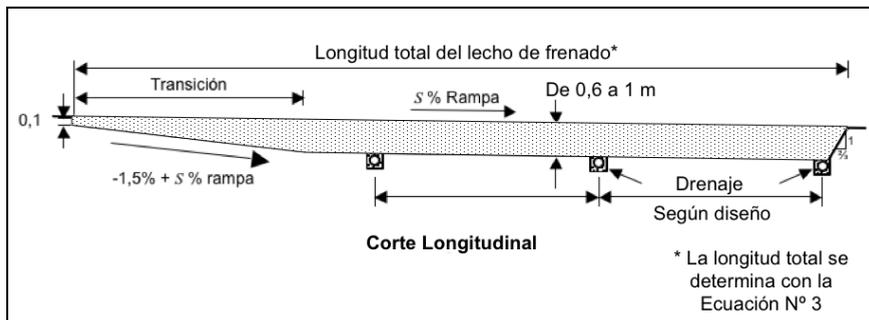
La siguiente Figura 19 muestra un corte transversal típico de un lecho de frenado.

Figura 19: Corte Transversal de un Lecho de Frenado



La siguiente Figura 20 muestra un corte longitudinal típico de un lecho de frenado.

Figura 20: Corte Longitudinal de un Lecho de Frenado



#### A4.3.3 Tipos de materiales

Los materiales a ser utilizados en los lechos de frenado deben estar limpios, no deben ser fáciles de compactar.

Cuando se utilicen materiales áridos, éstos deben estar compuestos de elementos redondeados, predominantemente de un mismo tamaño, libre de partículas y contaminación. El uso de un tipo de material grande y de tamaño regular, minimizará los problemas derivados de la retención de humedad y congelamiento, así como también disminuirá el mantenimiento requerido.

El material que se recomienda es la gravilla de tamaño uniforme, suave, redondeada y no compactada, cuyo tamaño ideal debe estar comprendido dentro del rango de  $\frac{1}{4}''$  a  $1\frac{1}{2}''$ , con un promedio de las mismas entre  $\frac{1}{2}''$  y  $\frac{3}{4}''$ . No obstante, también puede utilizarse grava suelta o arena.

Para asegurar la durabilidad y resistencia al desgaste del material tipo grava o gravilla en las pistas de emergencia, se debe realizar el ensayo de desgaste de Los Ángeles, considerándose 30% como un valor máximo.

##### A4.3.3.1 Drenaje

El drenaje es un factor fundamental en la vida útil de los lechos de frenado, principalmente por dos razones. La primera es que el congelamiento anula la eficiencia de este tipo de pistas de emergencia en climas fríos; y segundo, el saneamiento inadecuado puede llevar a la acumulación de partículas que llenen los huecos, compacte los áridos y finalmente reduzca el rendimiento de los lechos de frenado.

Una de las medidas para contrarrestar lo anterior, consiste en diseñar el fondo del lecho de frenado con pendiente con un dren longitudinal que intercepte y desvíe las aguas que entren a la pista de emergencia. En zonas de alta pluviometría se recomienda adicionalmente incorporar un sistema interceptor consistente en drenes transversales.

Para evitar la colmatación de los drenes y la contaminación del material del lecho de frenado, se debe impedir la infiltración de material fino desde el suelo natural, para lo cual se recomienda utilizar geotextiles o pavimento en la sub-rasante.

Cuando exista una probabilidad de contaminación por petróleo u otro tipo de material, es conveniente pavimentar la base del lecho de frenado y colocar estanques

de almacenamiento para retener los contaminantes que eventualmente puedan caer de los vehículos en emergencia.

#### A4.3.3.2 Rescate de vehículos

El diseño adecuado de una pista de emergencia, no sólo debe estar orientado a mitigar las consecuencias de los vehículos fuera de control, sino que además debe considerar disposiciones para facilitar la remoción de éstos por medio de grúas u otros equipos de rescate. Para ello, es indispensable proveer un carril de retiro con sistemas de anclaje para facilitar la remoción de vehículos del lecho de frenado. Deben tener un ancho mínimo de 3,0 m. adyacente al lecho. El carril de rescate debe permitir el acceso a camiones de remolque que acudan a retirar los vehículos atrapados y provea una superficie dura, alejada de la ruta principal, hacia la cual se puedan arrastrar los vehículos rescatados. Este carril de retiro puede estar diseñado con una capa granular de rodadura y especialmente en zonas de lluvia se preferirá pavimentado.

Ahora bien, estos elementos adicionales deben estar diseñados de tal forma que el conductor que viene en un vehículo fuera de control, no los confunda con la pista de emergencia. Esta distinción tiene especial relevancia sobretodo en una situación nocturna.

Los anclajes deberán estar ubicados a distancias regulares de 50 a 100 m. entre sí, emplazados en el camino auxiliar, alejados del lecho de frenado, pero, partiendo desde el inicio de la pista de emergencia, lo que facilitará el rescate de los vehículos que sólo hayan entrado una corta distancia en el lecho de frenado.

Donde las condiciones topográficas lo permitan, se deberá diseñar el camino auxiliar con un retorno al camino principal. Esto facilitará el reingreso a la ruta, tanto a la grúa como al vehículo rescatado.

#### A4.3.3.3 Mantenimiento de los lechos de frenado

El buen funcionamiento de un lecho de frenado depende de contar con una superficie uniforme lo cual implica la necesidad de realizar una reconformación y nivelación del material granular después de cada uso.

Por otro lado es imperativo evitar el establecimiento de cualquier tipo de plantas o malezas y asegurar que el material granular no sea contaminado por finos. Es natural que el lecho se vaya compactando con el tiempo por el efecto de gravedad y por lo tanto conviene escarificar los materiales periódicamente.

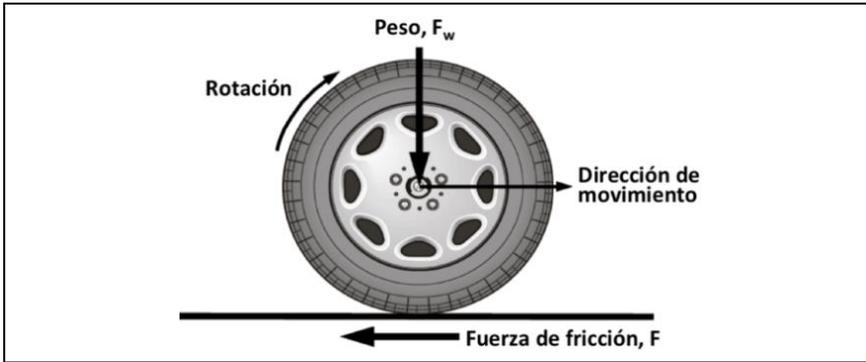
### A4.4 SUPERFICIES DE RODADURA

Este capítulo describe e ilustra la fricción del pavimento (según la definición de micro - textura y macro - textura) y presenta la importancia de la fricción del pavimento en la seguridad vial.

#### A4.4.1 Introducción

El "diseño" de la fricción de un pavimento es uno de los elementos clave para garantizar la seguridad vial, ya que la evidencia empírica sugiere que los siniestros están altamente correlacionados con la cantidad de fricción disponible en la interfaz de pavimento-neumáticos-pavimento. Las fuerzas actuando en un neumático en movimiento se muestran en la Figura 21.

Figura 21: Diagrama Básico de las Fuerzas en una Rueda en Rotación.



Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

El coeficiente de fricción se puede calcular por la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Ecuación N° 2. Coeficiente de fricción

$$\mu = \frac{F}{F_w}$$

El coeficiente de fricción entre un neumático y el pavimento cambia de nivel en función de la fuerza de frenado y el nivel de patinaje como muestra la 0. El coeficiente de fricción aumenta rápidamente al aumentar el deslizamiento a un valor máximo que normalmente se produce entre 10% y 20% de deslizamiento (crítico resbalón). La fricción luego disminuye a un valor conocido como el coeficiente de fricción de deslizamiento, que se produce a 100% de deslizamiento. La diferencia entre el pico y los coeficientes de deslizamiento de fricción puede ser igual hasta el 50% del valor de deslizamiento y es mucho mayor sobre pavimentos húmedos.

En la siguiente figura se muestran algunos de los equipos que se pueden usar para medir el coeficiente de fricción.

Figura 22: Ejemplo de Relación de Coeficiente de Fricción – Patinaje de Neumático

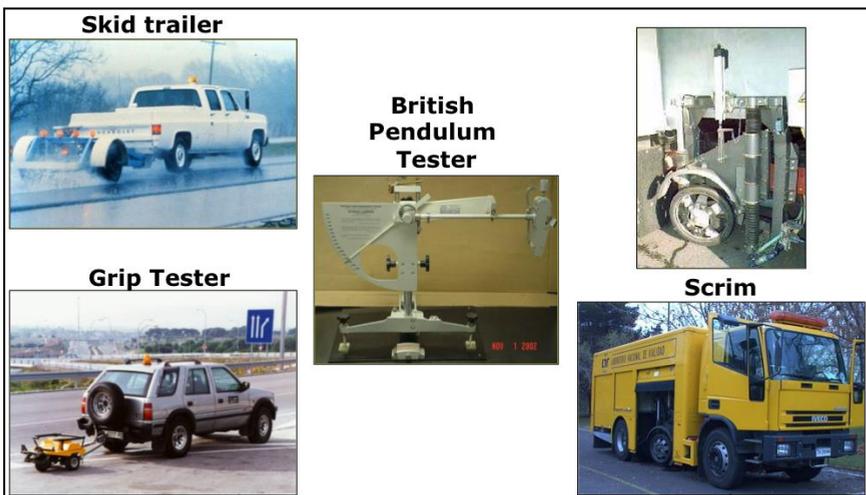
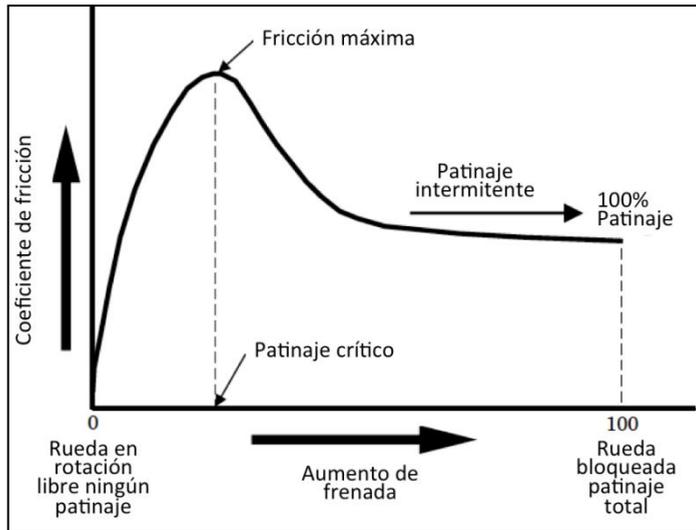


Figura 23: Relación de Coeficiente de Fricción – Patinaje de Neumático



Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

#### A4.4.2 Durante el diseño de un pavimento

El diseño de la fricción de un pavimento es básicamente un proceso de selección de la combinación correcta del micro-textura y macro-textura de la superficie del pavimento para optimizar la fricción del pavimento disponible. Se debe aplicar por igual para superficies de asfalto como de hormigón. El micro-textura es definido por las propiedades del agregado de la superficie. Las propiedades críticas que influyen a corto y largo plazo son:

- Propiedades mineralógicas y petrográficas: composición, estructura y dureza mineral.
- Propiedades físicas y geométricas: Angulosidad, forma y textura.
- Propiedades mecánicas: Resistencia a la abrasión/desgaste y resistencia al pulimiento.
- Propiedades de durabilidad.
- En las curvas de volteó es necesario desarrollar el reforzamiento de sobrecanchos ya que genera desprendimientos.

En cada caso, el proyectista debería considerar lo anterior y documentar sus decisiones para el diseño del pavimento superficial.

#### A4.4.3 Durante el período de la ejecución y operación de un pavimento

Aunque la mayoría de los siniestros viales involucran múltiples factores causales, investigaciones han mostrado consistentemente una relación entre los siniestros y las condiciones de la superficie del pavimento tales como la fricción y la textura. Es necesario entender la relación entre estos dos para que los ingenieros puedan desarrollar soluciones efectivas frente a situaciones potencialmente peligrosas.

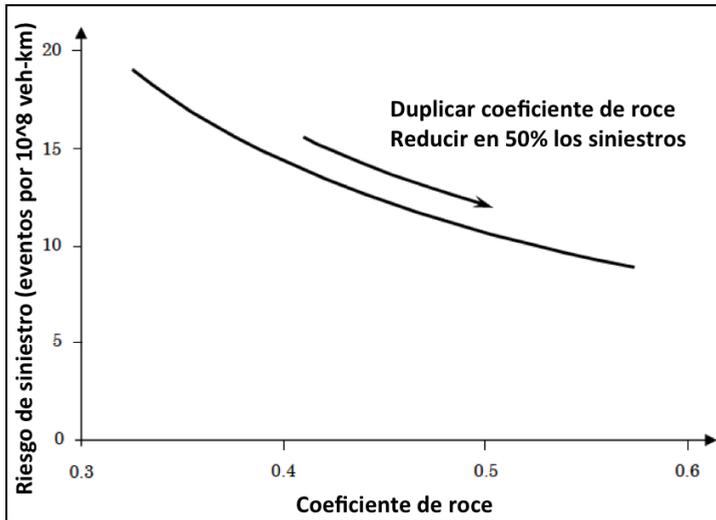
#### A4.4.4 Siniestros con condiciones climáticas húmedas y fricción del pavimento

La relación exacta de siniestros en pavimento mojado y la fricción del pavimento en esa condición es difícil de cuantificar; sin embargo, la investigación empírica muestra

que el número de siniestros con pavimento mojado aumenta a medida que disminuye la fricción del pavimento (manteniendo constante los otros factores tales como la velocidad, volumen y composición vehicular).

La relación entre el coeficiente de roce y los siniestros viales se muestra en la Figura 24.

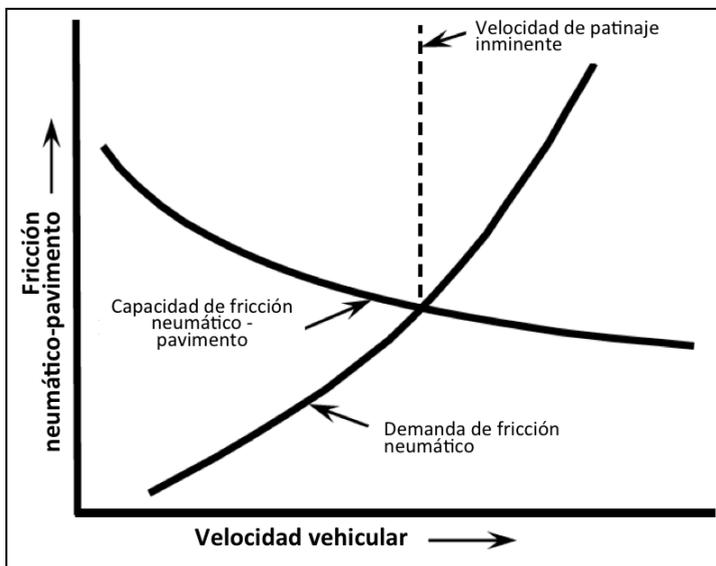
Figura 24: Relación Riesgo de Siniestro – Coeficiente de Roce



Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

La muestra la relación entre la fricción del neumático con el pavimento, la demanda de fricción según la velocidad vehicular.

Figura 25: Relación Fricción Neumático – Pavimento con Velocidad Vehicular

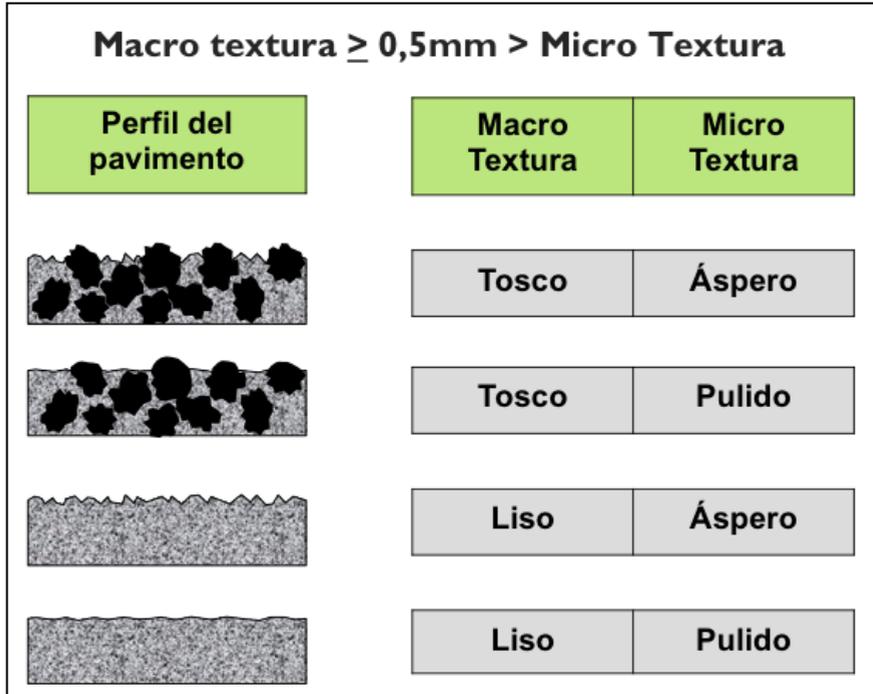


Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

#### A4.4.5 Perfil de la superficie

Existe una relación directa entre el perfil de la superficie, el potencial de ser cubierto por agua generando hidroplaneo y el potencial de fricción entre superficie y neumático. Estos se pueden graficar en la siguiente Figura 26.

Figura 26: Relación Fricción Neumático – Pavimento con Velocidad Vehicular



Una superficie tosca y áspera tendrá buen drenaje y buena fricción. Una superficie lisa y áspera tendrá buena fricción por menor drenaje. En el caso de usar áridos susceptibles al pulimiento, las superficies toscas y lisas perderán su capacidad de fricción.

#### A4.4.6 Tratamientos para aumentar el coeficiente de fricción

Las estadísticas indican que un porcentaje importante de todas las muertes en carreteras ocurren en o cerca de las curvas horizontales. La detención y el viraje de vehículos son funciones críticas en dichas curvas y la seguridad vial depende de la capacidad del conductor para controlar su vehículo y mantenerlo en el carril apropiado.

La trayectoria en una curva presenta retos para conductores de todos los niveles de experiencia. La combinación de: 1) la tarea de maniobrar por la curva, 2) el desgaste de la superficie y 3) la mayor demanda de fricción al tomar la curva resulta en un incremento potencial de accidentes.

La preservación del coeficiente de roce (fricción) del pavimento es esencial para una vía segura. Las condiciones de un diseño geométrico complicado por curvas y pendientes pueden presentar una demanda de mayor fricción superficial en comparación con una sección plana y recta. Además, en determinados lugares donde los vehículos a menudo frenan abruptamente, la superficie normal puede desgastarse

prematuramente provocando una superficie pulida, reduciendo así el coeficiente de roce disponible.

Es entonces necesario abordar sistémicamente los lugares de alto índice de accidentes por pérdida de control vehicular, en curvas e intersecciones y por carencia de coeficiente de roce.

Varios factores geométricos pueden ser considerados junto con los datos de siniestro para identificar las curvas específicas en las que un tratamiento es apropiado. Aunque el costo de aplicación no es bajo, la durabilidad y eficacia hacen de estas soluciones una opción económica, ya que sólo se aplica cuando es necesario y el costo del ciclo de vida es excelente.

Obviamente, si el pavimento es pulido el problema se extiende incluso a un mayor número de conductores prudentes, particularmente cuando el pavimento está mojado.

Proyectos realizados en el pasado han producido muy buenas relaciones de costo-beneficio, porque las reducciones de siniestros continúan durante muchos años. Todo tiene sus límites, pero los estudios han mostrado, que la duplicación del coeficiente de fricción podría reducir los accidentes a la mitad.

Una superficie mejorada debe ser el tratamiento a aplicar cuando los tratamientos de delineación no están reduciendo los siniestros. En general, las señales verticales y horizontales son efectivas para los conductores prudentes que están tratando de conducir con cuidado. No obstante, si el lugar cuenta con vehículos que siguen entrando en la curva con exceso de velocidad (deliberadamente o por distracción), puede que estos dispositivos sean insuficientes; la velocidad es un factor importante que contribuye a las accidentes en las curvas. Varios estudios han demostrado que un pavimento con una alta coeficiente de fricción puede dar a los conductores una ventaja oculta y ayudarlos a sobrevivir sus errores.

Por otro lado, si al tratamiento se puede incorporar un color, el mismo pavimento se convierte en una señal de prevención lo cual será en cada caso muy visible para los conductores.

#### A4.4.6.1 Capas de polímeros con agregado duradero

Los recientes avances en el conocimiento de la fricción de una superficie, la formulación de polímeros y la producción de agregado durable se han traducido en una mayor conciencia y aplicación adecuada de intervención. Estos tratamientos superficiales de alta fricción consideran la colocación de una capa fina de diseño especial la cual es más duradera y se logra con agregados incorporados en un aglutinante de resina de polímero termoestable (generalmente epoxi, poliéster modificado o uretano). Las propiedades de los ligantes de alto rendimiento cementan los agregados firmemente en su lugar, generan una superficie excepcionalmente duradera y capaz de soportar las demandas de fricción de situaciones extremas, como: fuertes frenadas, fuerzas de desgaste en las curvas horizontales graves y pendientes pronunciadas, sobre todo cuando existe pendiente y curva en el mismo lugar.

De esta manera, la aplicación de capas de polímero con agregado duradero puede generar un coeficiente de roce superior a la situación original y así compensar por diseños geométricos inadecuados tales como curvas cerradas y peraltes deficientes o variables.

El tratamiento consiste en aplicar agregados de alta calidad que proporcionen y mantengan un alto nivel de fricción y durabilidad antes del desgaste. Esto permitirá mantener los vehículos en su carril en las curvas y que los vehículos se detengan en distancias más cortas en las intersecciones.

#### A4.4.6.2 Uniformidad de superficie

Uno de los factores más importantes de la seguridad de una superficie es la uniformidad de fricción. De realizar una reparación parcial de una superficie conviene que dicha reparación tenga un coeficiente de fricción similar a la superficie original. De esta manera, la fricción generada en una frenada o al tomar una curva, ejercerá igual reacción a todas las ruedas del vehículo y así se evita pérdidas de control que generen patinaje parcial.

#### A4.4.6.3 Desniveles por recapado

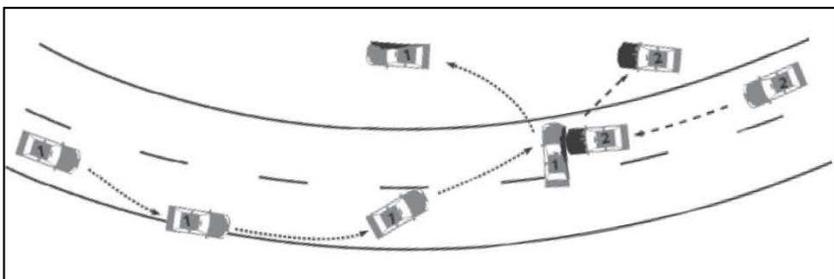
La aplicación de un recapado encima de un pavimento existente puede generar desniveles importantes en el borde exterior de la nueva superficie. Esta condición se muestra en la siguiente Figura 27.

Figura 27: Ejemplo de Desniveles por Recapado



Cualquier desnivel mayor a 6 cm de alto podrá generar complicaciones de control a los conductores, especialmente, los menos experimentados. Estos tratarán de realizar una maniobra para recuperar la superficie, la maniobra será resistida inicialmente por el desnivel y cuando por fin el neumático sube, el alineamiento de los neumáticos provocará una pérdida de control parcial o total del vehículo. La siguiente figura muestra esta posible cadena de eventos.

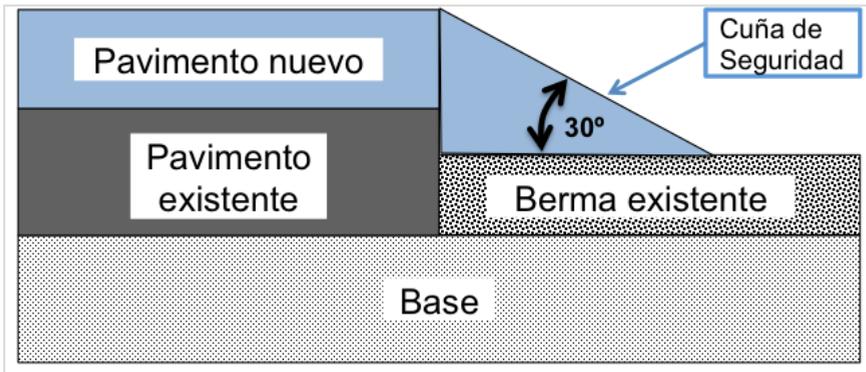
Figura 28: Cadena de Eventos



Fuente: AAA Foundation for Highway Safety

Para contrarrestar el efecto se debería generar una cuña de asfalto como se muestra en la siguiente figura con una inclinación de 30°.

Figura 29: Cuña de Asfalto



Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

La siguiente figura muestra una aplicación típica.

Figura 30: Aplicación Típica



Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

#### A4.4.7 Usos operacionales de las superficies

Se pueden emplear varios elementos para convertir la superficie de una vía en un elemento de señalización. Algunos se indican a continuación:

- Bandas rugosas transversales
- Bandas rugosas longitudinales
- Superficie de rodadura diferenciada
- Reductores de velocidad

Para los usos y operaciones de las superficies se puede revisar el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, aprobado por Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC /15.02.

#### A4.5 BERMAS

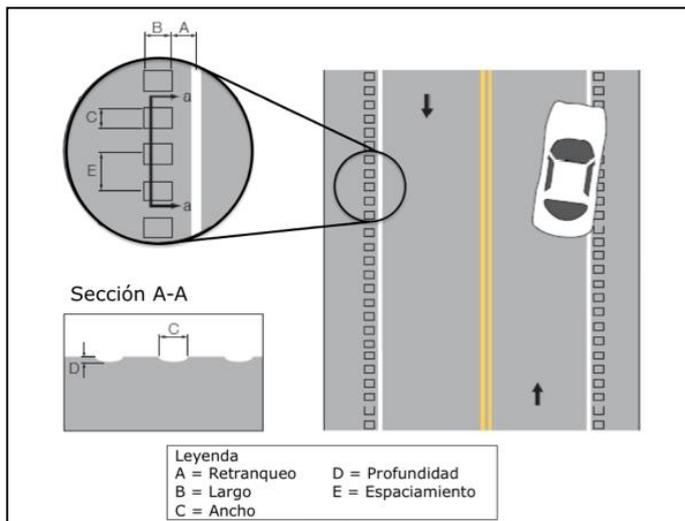
La berma de una vía tiene función de acomodar vehículos detenidos por cualquier razón, son de uso de emergencia, y entregan soporte lateral a las capas de pavimento de la vía. Suelen ser usados por peatones y ciclistas. Pueden ser pavimentados, de ripio o de suelos compactados. El ancho de la berma determinará cuan bien podrá cumplir sus funciones, normalmente, mientras más anchas, mejor.

Con un ancho mínimo de 0,6 m servirá para vías de mínima categoría pero de preferencia se diseñan las vías con bermas de 1,8 a 2,4 m. En cada caso, el ancho debería ser consistente a lo largo de la vía, incluyendo los puentes y túneles.

La seguridad vial de un tramo se puede mejorar cuando existe una diferencia de color o de textura entre la superficie de rodado y la berma. Estos darán indicación clara en cuanto a cuál es la berma y al transitar por la berma, la diferencia en sonido producido por los neumáticos podrá despertar a un conductor dormido.

En el Manual de Señalización de Perú se comentan diferentes manera de construir bandas alertadoras ubicadas en las bermas para disuadir el uso intencional de la berma y para alerta al conductor que ha entrado en la berma que está fuera de la superficie de rodadura. La siguiente figura muestra las bandas sonoras tanto en la berma como también entre carriles de dirección contraria.

Figura 31: Bandas Sonoras



Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

#### A4.6 CONTROL DE ACCESO

La gestión o control de acceso es un conjunto de técnicas que se aplican para controlar el acceso a las autopistas, las arterias principales, y otras carreteras. Los beneficios del control de acceso incluyen el movimiento más fluido del tráfico, la reducción de accidentes, y menos puntos de conflicto. Los principios de control de acceso son aplicables a las carreteras de todo tipo y van desde instalaciones con

control total de acceso como las autopistas, a instalaciones que tienen poco control o ningún control, tales como calles locales.

El acceso de peatones y ciclistas debe prohibirse completamente en las autopistas de alta velocidad. Normalmente se trata de prohibir el acceso con cercas de diferentes diseños pero con el objetivo de eliminar por completo el conflicto peatón/vehículo. En la siguiente figura se muestra un ejemplo empleado para controlar personas e inclusive animales.

Figura 32: Ejemplo de Control de Acceso en Autopista



Cualquier intersección a nivel por más pequeña que sea tiene el potencial de generar conflictos entre vehículos motorizados, peatones, bicicletas y animales. En general, el número y tipo de puntos de conflicto influyen en el funcionamiento de la seguridad de una vía. Cuando existen mayores puntos de acceso a una vía, se generan más intersecciones y por ende más accidentes.

La gestión de acceso se refiere al diseño, implementación y control de los puntos de entrada y salida (acceso) a lo largo de una carretera. Esto incluye las intersecciones con otras carreteras y caminos que sirven a las propiedades adyacentes. Estos puntos de entrada y salida pueden ser gestionados adecuadamente por la planificación cuidadosa de su ubicación, su complejidad, su número, y su extensión. Según el Highway Safety Manual de AASHTO, la implementación de un programa de control de acceso resultó en:

- Una reducción del 5 a 23 % en todos los accidentes en las carreteras rurales de dos carriles y
- una reducción del 25 a 31 % en accidentes y choques con fallecidos o lesionados a lo largo de arterias urbanas / suburbanas.

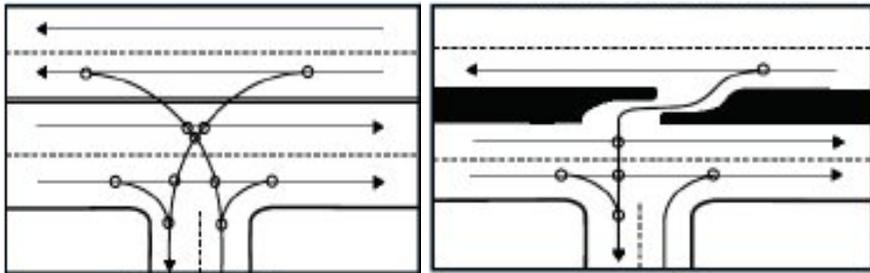
Las técnicas de gestión de acceso están diseñados para administrar la frecuencia y magnitud de los puntos de conflicto en las intersecciones y vías de acceso mediante la alteración de los patrones de acceso. Varios de los tratamientos más comunes de administración de acceso incluyen:

- Cierre de la calzada, consolidación o re ubicación,

- Diseño que contemple solo el ingreso a un predio adyacente a la vía, prohibiendo la salida.
- Diseño que contemple prohibición de giros a la izquierda de salida de un predio adyacente a la vía.
- Diseño que contemple una vía auxiliar.
- Movimiento restringido y diseños alternativos para las intersecciones.
- Uso de rotondas.

La siguiente figura muestra una intersección antes y después de la aplicación de medidas para controlar el acceso. Se aprecia que se pasa de tener 11 puntos de conflicto a solo 6 puntos de conflicto con la aplicación de medidas.

Figura 33: Ejemplo de Control de Acceso Restringiendo Salidas a la Izquierda



En carreteras, un aspecto particular es el control de animales domésticos o silvestres. El proyectista debería considerar la posible presencia de animales en la vía e incluir según su juicio una cerca de control si fuera necesario. En algunos casos es necesario crear un cruce a desnivel para el movimiento de animales silvestres, especialmente cuando estos se encuentran en peligro de extinción.

A continuación se muestra un cruce a desnivel conocido como el "Red Earth Wildlife Overpass" ubicado en el Parque Nacional BANFF de Canadá.

Figura 34: Ejemplo de Cruce para Animales



## A4.7 INTERSECCIONES

### A4.7.1 Introducción

El enfoque de esta sección es demostrar algunas herramientas prácticas que mejorarán la seguridad de las intersecciones y la operación segura de estas tomando en cuenta todos los usuarios.

### A4.7.2 La Seguridad Vial en Intersecciones

Los diseños específicos de intersecciones individuales pueden variar significativamente de un lugar a otro basado en la alineación y clasificación funcional de las vías que se cruzan, el tipo y cantidad de tráfico en las vías y las características de uso del suelo en las proximidades de la intersección. El diseño de intersecciones debe permitir a todos los usuarios clara visibilidad, comprensión oportuna de los sentidos de marcha y derechos de paso, y tener claridad de los peligros inesperados. A pesar del número de factores que pueden influir en el diseño de una intersección, el objetivo del diseño es siempre el mismo: maximizar la eficiencia y la seguridad de las operaciones de tráfico dentro de la intersección para todos los usuarios.

#### Vehículos Motorizados

La frecuencia, tipo y severidad de los accidentes de tráfico que ocurren en las intersecciones pueden variar según la ubicación. Los tipos más comunes son: accidentes en ángulo, accidentes por alcance, accidentes frontales y accidentes laterales por cambios de carril indebidos. Factores tales como el volumen de tráfico y la velocidad, porcentaje de vehículos que giran, diseño geométrico, el clima, condiciones de iluminación y control de tráfico, juegan un papel importante en las condiciones de seguridad en una intersección.

#### Peatones

Los accidentes en las intersecciones que involucran a peatones son una preocupación significativa. Un alto porcentaje de accidentes con heridos graves y muertes que involucran a peatones se producen en intersecciones. La edad de la población, tanto del peatón como del conductor, juega un rol importante en la ocurrencia de accidentes.

#### Ciclistas

Accidentes con bicicletas en las intersecciones constituyen otro elemento de alto riesgo ya que se generan con facilidad fatalidades o heridos de gravedad. Un problema con tratar de entender la naturaleza de los accidentes relacionados con el ciclismo es que sólo un bajo porcentaje es reportado. Estos incidentes por lo general implican vehículos motorizados, pero también pueden incluir encuentros con otros ciclistas, peatones y objetos en el suelo. Entre otros, los factores más comunes relacionados con los accidentes de ciclistas involucran:

- No ceder el derecho de paso
- Maniobras de cruce inadecuadas
- El incumplimiento de los dispositivos de control de tráfico
- Realización de virajes indebidos
- Falta de luces y/o elementos retrorreflectivos en la noche
- Geometría deficiente y elementos de control de tráfico inadecuados

### A4.7.3 Diseño de intersecciones

El diseño de intersecciones deberá tomar en consideración la compatibilidad entre:

- 1) El diseño geométrico de la intersección y
- 2) La operación de la intersección (semaforización vehicular, peatonal, prioritaria, etc.)

Una intersección que contiene un diseño determinado que no es compatible con la semaforización o tipo de control instalado puede generar serios riesgos de seguridad vial tanto para los vehículos como para los peatones. Lineamientos básicos del tipo de semaforización que se instala para diferentes geometrías se encuentran en el Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) de Estados Unidos. Este documento detalla a profundidad el tipo de semáforos, uso de carriles, tiempos mínimos de cruce entre otros que se requieren para la operación adecuada de intersecciones.

#### A4.7.4 Consideraciones funcionales y de seguridad

El objetivo principal del diseño de intersecciones es maximizar la seguridad y la movilidad. Al igual que muchas características de la vía, el flujo de tránsito seguro y eficiente no se puede lograr solo con el diseño, se requiere compatibilidad entre el diseño, dispositivo de control de tráfico, tráfico, uso del suelo, y operación del transporte público. Adicionalmente es fundamental la educación y cultura vial para que buenos diseños sean correctamente utilizados por los usuarios.

Existen cinco áreas temáticas deben ser consideradas durante el proceso de diseño de una intersección:

- Factores humanos, hábitos de conductor y peatón, tiempo de acción y reacción;
- Usuarios de la vía, incluyendo volúmenes y características de todos los usuarios de la intersección;
- Elementos físicos, tales como la topografía, características geométricas en las proximidades de la intersección, el ángulo de intersección entre las vías y otros factores ambientales;
- Factores económicos, incluyendo el costo de la construcción, el efecto sobre las propiedades residenciales y comerciales adyacentes y el consumo de energía; y
- Área funcional de la intersección, incluyendo áreas de aproximación y salida se extienden antes y después de la intersección en estudio y que están influenciadas por diversas maniobras operacionales.

El diseño de una intersección debe gestionar las maniobras conflictivas de tal manera que se puedan realizar los cruces de manera segura y eficiente. Esto se puede lograr:

- Reduciendo al mínimo el número de puntos de conflicto.
- Simplificando las zonas de conflicto.
- Limitando la frecuencia de conflictos.
- Limitando la gravedad de los conflictos.

Debe tenerse en consideración que algunos elementos que resultan en mayor movilidad vehicular pueden generar mayor riesgo para otros usuarios. Por ejemplo, las siguientes acciones podrían tener este efecto: (1) mejoras para despejar triángulos de visibilidad que a su vez permiten y fomenten una velocidad mayor de vehículos, (2) la adición de carriles de giro en las intersecciones que alargan las

distancias de cruce de peatones, lo que aumenta el tiempo de exposición de los peatones o (3) tiempos de verde para peatones demasiado cortos con el afán de incrementar la capacidad vehicular de una intersección. El diseño de una intersección debe tomar en consideración lo siguiente:

#### **A. Cercano a la intersección**

- Drenaje y acumulación de agua en la superficie
- Efecto de intersecciones cercanas
- Tratamiento de cruce ferroviario cercano
- Coordinación de semáforos

#### **B. En la intersección**

- Tipo de intersección
- Ángulo
- Pendientes
- Curvas horizontales
- Zona despejada
- Accesos
- Veredas y rampas
- Distancia de visibilidad
- Paisajismo
- Iluminación

#### **C. Usuarios**

- Camiones
- Buses
- Personas con movilidad reducida
- Bicicletas

#### **D. Accesos en la intersección**

- Ordenamiento de carriles
- Bahías de viraje
- Radio de giro
- Separador central
- Espacio de refugio peatonal
- Elementos de canalización
- Espacio de almacenamiento
- Señalización y ubicación óptima de señales
- Demarcaciones y tipo de material

#### **E. Semáforos**

- Ubicación de la caja de control
- Ubicación de los postes y/o pedestales y su fundación

- Ménsulas/cables
- Método de activación por peatones
- Detección vehicular
- Posicionamiento óptimo de los cabezales
- Interconexión con otras intersecciones

#### A4.7.5 Características y Necesidades de los Usuarios de Intersecciones

Cada persona que cruza a través de una intersección debe alojarse en un nivel razonable de seguridad y eficiencia, es decir, buscar un camino corto sin exponerse a elementos de riesgo. Por lo tanto, un diseño eficiente y seguro de una intersección contempla las características, requisitos y necesidades de todos los usuarios de la misma. Directrices de diseño que proporcionan la fórmula para el cumplimiento de este mandato se actualizan periódicamente. Existen ejemplos recientes de cómo las consideraciones de diseño, tales como: el control de velocidad de los vehículos (que reduce la exposición a puntos de conflicto), el aumento de la visibilidad (que reduce la demanda de atención y separa los modos de transporte), el adecuado diseño de la semaforización, carriles de giro, cruces peatonales, entre otros, han dado lugar a prácticas de diseño exitosas. Estas experiencias continúan demostrando que los automovilistas, peatones, ciclistas y otros usuarios pueden coexistir de manera eficiente y segura siempre que el diseño de la intersección se haga con criterios de movilidad para todos los usuarios.

En esta sección se presenta una muestra de las características de los usuarios que deben ser tomados en cuenta. Estas características incluyen atributos físicos (por ejemplo, la agudeza visual o la velocidad al caminar) y capacidad cognitiva (comprensión de las indicaciones de señales de tráfico). También se proporcionan recursos para una comprensión más completa de las características del usuario.

##### A4.7.5.1 Automovilistas

Las normas de diseño y operación dan cabida implícitamente a las características físicas y capacidades cognitivas de los automovilistas. Adicionalmente, el conocimiento de las características explícitas de los conductores puede ayudar en el desarrollo de diseños eficaces y seguros de una intersección. A continuación, se presenta algunas características importantes:

#### F. Características físicas

La capacidad física y la probabilidad de un automovilista para ver los dispositivos de control de tráfico y los posibles conflictos se abordan como parte del proceso de diseño de intersecciones.

Conducir es una "tarea visomotora dinámica". La escena visual y la información están cambiando continuamente a medida que se procede a lo largo de la vía. A altas velocidades, la información que necesita el conductor es visual y se debe procesar con gran rapidez. Por lo tanto, la colocación adecuada de los dispositivos de control de tráfico es un componente necesario para lograr transmitir el mensaje adecuado a un automovilista.

Por ejemplo, cuando el ojo está en una posición fija, el área de visión más aguda es un cono con un ángulo aproximado de 3° a la izquierda y derecha. La visión es bastante satisfactoria dentro de un cono de 5° a 6° y adecuada hasta aproximadamente 20°. Es deseable que una indicación de la señal de tráfico está ubicada directamente en línea con el tráfico que se aproxima y dentro del rango

de visión satisfactoria. Indicaciones y señales que están más lejos del cono del conductor de la visión aguda son menos notorios.

## **G. Capacidades cognitivas**

Una vez que una indicación de la señal de tráfico se ha visto, el automovilista debe interpretar su significado y tomar decisiones sobre cómo responder. Aunque las indicaciones de la señal de color rojo, amarillo y verde son entendidos por los automovilistas, el conductor todavía se enfrenta con decisiones complejas cuando se responde a la señal. Por ejemplo, en el inicio del intervalo de cambio de amarillo, los conductores deben evaluar rápidamente la velocidad y la distancia de la intersección y decidir si es mejor frenar hasta detenerse o continuar a través de la intersección. Esta decisión debe ser tomada con sólo una estimación de la distancia que se necesitaría para detener, el tiempo que se necesitaría para continuar a través de la intersección y la longitud del intervalo de cambio de fase. Diferentes conductores con diferentes niveles de experiencia, juicio y tolerancia al riesgo toman decisiones diferentes. Muchas veces, el problema con la capacidad cognitiva es que el motorista no entienda el dispositivo de control de tráfico. Por ejemplo, los semáforos de tráfico son a veces operados en el modo intermitente durante los períodos de bajo volumen o como resultado de un mal funcionamiento de la señal y esta operación es a menudo mal entendida.

### **A4.7.5.2 Peatones**

Todas las personas son peatones en algún momento de su viaje diario, ya que casi todos los viajes tienen un componente peatonal: caminar hacia/desde un vehículo estacionado, caminar a un destino específico, caminar para la transferencia entre los distintos modos de transporte, caminar para la recreación y el ejercicio, entre otros. La seguridad y eficiencia del tráfico peatonal es fundamental en el sistema de transporte.

El término peatón incluye a alguien que empuja a un bebé en un cochecito, las personas de edad avanzada con los bastones o andadores, los adultos usando una silla de ruedas, personas con discapacidad visual con perros guía, los niños en camino a la escuela, o incluso corredores recreativos. Los cambios en los modos de recreación de los viajes también han ampliado el uso del término peatonal.

## **H. Características Físicas de los Peatones**

Una de las características físicas más importantes de un peatón en relación con la seguridad y el diseño de intersecciones es su velocidad. La velocidad al caminar para la mayoría de las normas de diseño se considera 1,2 m/seg. Sin embargo, varios documentos han recomendado el uso de velocidades más bajas:

- Un grupo de trabajo de la Comisión Nacional de Dispositivos Uniformes de Control de Tráfico y una publicación ITE recomiendan que la velocidad de la marcha de diseño se reduzca a 1 metro por segundo (m/s). donde se conoce que las velocidades son menores debido al volumen significativo de adultos mayores, peatones con capacidad restringida o niños.
- Una velocidad de marcha de 0.9 m/s ha sido recomendada cuando el porcentaje de peatones de edad avanzada (mayores de 65 años de edad) supera el 20%.

La velocidades de peatones, en general, suelen oscilar entre 0, ,8 y 1.8 m/s; sin embargo, se puede observar que velocidades fuera de este rango son frecuentes. Por

ejemplo, la velocidad de los adultos mayores, personas con capacidad restringida o de los peatones en un paseo, a menudo puede caer por debajo de 0.8 m por segundo. Del mismo modo, caminantes recreativos y entusiastas del ejercicio a menudo caminan o corren a velocidades superiores a 1.8 m por segundo.

Se debe hacer todo lo posible para satisfacer las necesidades de todos los peatones, pero acomodar las velocidades de todos puede no ser prudente o práctico.

### **I. Capacidades Cognitivas de los Peadones**

En ocasiones las indicaciones de señales de peatones tienden a ser mal interpretadas. Estas deberán diseñarse para ser sencillas y de fácil interpretación con un mínimo de texto e indicaciones gráficas.

### **J. Peadones con Movilidad Reducida**

Una consideración importante en el diseño de las intersecciones es el tratamiento de personas con movilidad reducida. La capacidad restringida puede abarcar desde problemas ambulatorios que requieren varios dispositivos o sillas de ruedas de apoyo, a alteraciones del desarrollo visual, entre otros. Velocidades de marcha promedio reportados para peatones con diversas condiciones físicas se enumeran en la Tabla 6.

Tabla 6: Velocidad Promedio Peatonal Según Limitación

| <b>Condición</b>     | <b>Velocidad Promedio</b> |
|----------------------|---------------------------|
| Bastón o muleta      | 0.8 m/s                   |
| Andador              | 0.63 m/s                  |
| Silla de Rueda       | 1 m/s                     |
| Rodilla inmovilizada | 1 m/s                     |
| Artritis de cadera   | 0.7 a 1.1 m/s             |

Fuente: Toolbox on Intersection Safety and Design, ITE, FHWA

La consideración de personas con movilidad reducida durante el diseño de una intersección es requerida por ley y mejora la movilidad y seguridad de todos los peatones. Diseños que no incluyen acceso adecuado a todos los usuarios, incluyendo el acceso temporal de las condiciones a corto plazo, no son aceptables.

#### **A4.7.5.3 Ciclistas**

Los ciclistas requieren la misma seguridad y movilidad que se ofrece a otros usuarios de una intersección. Por lo general, los ciclistas se acomodan dentro de la vía y comparten espacio con vehículos motorizados. Sólo en casos singulares, se promueve que los ciclistas operen dentro de las instalaciones peatonales debido a los efectos indeseables que estos pueden ocasionar.

Para los ciclistas, un espacio operativo designado es una de las características de diseño más importantes y requiere un ancho de viajes de al menos 1 m. para proporcionar una operación cómoda. Anchos mayores a 1.5 m son deseables cuando los volúmenes de tráfico, la velocidad del vehículo o ciclista, y/o el porcentaje de camiones y autobuses se incrementa.

Las habilidades, la confianza y las preferencias de los ciclistas varían drásticamente de un corredor a otro. La mayoría de ciclistas adultos tienen niveles moderados de confianza y prefieren utilizar las instalaciones, tales como carriles para bicicletas

dedicados o caminos de uso compartido, con una cantidad considerable de espacio de operación fuera de los vehículos motorizados. Los niños suelen ser confiados y poseen muy buenas habilidades de manejo de la bicicleta; sin embargo, por lo general no poseen el conocimiento y la experiencia de los ciclistas adultos. Pocos ciclistas se sienten seguros en vías transitadas, de alta velocidad y junto con el tráfico motorizado, que en pocos casos tiene alojamiento especial para ciclistas.

La Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA) clasifica los tipos de usuarios de bicicletas para ayudar a los diseñadores de vías a determinar el impacto de los diferentes tipos de instalaciones y condiciones de las carreteras en los ciclistas:

### **K. Avanzado (A) o experimentados**

Ciclistas que montan generalmente por conveniencia, velocidad y desean acceso directo a destinos específicos con mínimo desvío o demora. Son usuarios que se sienten cómodos con el tráfico de vehículos motorizados; sin embargo, requieren espacio operativo en la vía o berma lateral para realizar maniobras de manejo con la bicicleta.

### **L. Básico (B) o menos confiados**

Ciclistas que prefieren evitar vías con altos volúmenes de tráfico vehicular a menos que haya un amplio ancho de calzada que facilite el adelantamiento de vehículos motorizados más rápidos. Por lo tanto, los ciclistas básicos se sienten más cómodos en las calles del barrio, caminos de uso compartido y prefieren instalaciones exclusivas (ciclo vías) o bermas laterales amplias cuando se viaja con vehículos motorizados.

### **M. Niños (C):**

Ciclistas niños, solos o acompañados por adultos que no pueden viajar más rápido que ciclistas adultos, requieren el acceso a destinos claves dentro de una comunidad, como escuelas, tiendas de conveniencia e instalaciones recreativas. Calles residenciales con velocidades vehiculares bajas, unidas entre sí por caminos de uso compartido y vías más concurridas con marcas bien definidas en el pavimento para bicicletas y vehículos motorizados, pueden acomodar a los niños y estimularlos a no montar en vías principales de circulación arterial. Un objetivo común para la planificación de las instalaciones de la bicicleta es el enfoque de ciclistas A y C, que probablemente requiere instalaciones tanto dentro como fuera de la vía.

#### **A4.7.5.4 Otros Usuarios**

Existen otros usuarios del sistema de transporte que son demasiado variables para clasificar en un solo grupo. Algunas de estas personas utilizan motocicletas de bajo cilindraje, patines (en línea y rodillo), e incluso transportadores personales (segways). Una duda surge al considerar el diseño de instalaciones y operaciones: ¿estos usuarios deben ser clasificados como peatones o ciclistas? Debido a que no existen normas específicas y muy poca investigación se ha realizado, respuestas universalmente aceptadas a esta pregunta no están disponibles y se requiere mayor investigación.

#### **A4.7.6 Elementos de una Intersección**

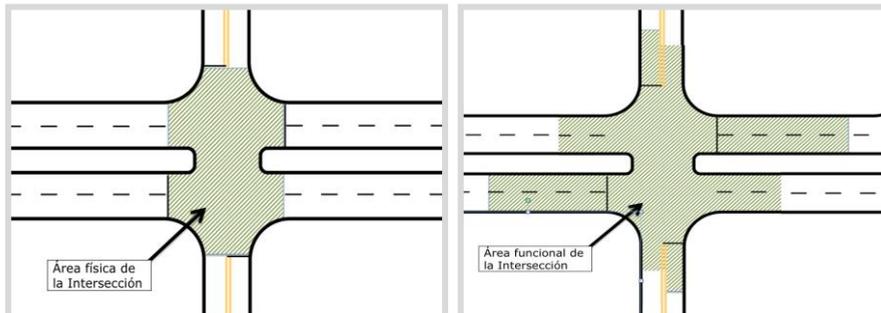
Cada intersección es única en términos de cantidad y tipo, volumen y composición del tráfico, ángulos horizontales y verticales, desarrollo adyacente de uso del suelo, distancias visuales disponibles y usuarios de diseño seleccionados. Los elementos

críticos y la manera en la que guían el diseño de la intersección se resumen a continuación.

#### A4.7.6.1 Área

Las intersecciones se definen en términos de áreas físicas y funcionales. El área física de una intersección, que se muestra en la Figura 35, se define como el área donde se cruzan las vías. Es limitado por los bordes de radio de pavimento y se conoce comúnmente como el umbral de intersección. El área funcional de una intersección se extiende a cierta distancia previa los umbrales de aproximación, como se muestra en las figuras siguientes.

Figura 35: Ejemplo de Área física de una intersección



En general, el área funcional antes de llegar a la intersección se compone de tres partes constitutivas: la distancia recorrida durante el proceso de percepción-reacción,  $d_1$ ; la distancia necesaria para desacelerar mientras que conductor realiza a una parada,  $d_2$ ; y la distancia necesaria para el almacenamiento de colas,  $d_3$ .

La distancia percepción-reacción ( $d_1$ ) es la distancia recorrida durante un intervalo de a 1.5 seg. (2.5 seg. en condiciones rurales.) Mientras se mueve a la velocidad de diseño de la carretera. La longitud de almacenamiento de desaceleración/distancia para maniobra y la cola puede variar significativamente entre zonas urbanas, suburbanas y rurales. En zonas rurales, donde las velocidades son generalmente altas y volúmenes típicamente bajos, la distancia funcional está dada por  $d_2$ . En las zonas urbanas y suburbanas, donde ocurre lo opuesto a zonas rurales, la mayor parte de la distancia funcional está dada por  $d_3$ .

Tabla 7: Distancias Funcionales para Combinaciones de Tipos de Área y Velocidad

| Ubicación         | Velocidad km/h  | Distancia recorrida durante Tiempo de Percepción-Reacción (d <sub>1</sub> ) metros | Distancia de Maniobra (d <sub>2</sub> ) metros | Percepción-Reacción más la distancia de maniobra (d <sub>1</sub> +d <sub>2</sub> ) metros | Longitud de cola <sup>a</sup> (d <sub>3</sub> ) metros | Distancia funcional antes de la intersección (d <sub>1</sub> +d <sub>2</sub> +d <sub>3</sub> ) metros |
|-------------------|---|--|--|---|--|---|
| <b>Rural</b>      | 80  | 56   | 130  | 186   | 15 <sup>b</sup>  | 201   |
|                   | 95  | 67   | 184  | 251   | 15   | 267   |
|                   | 115   | 78   | 250  | 318   | 15   | 333   |
| <b>Sub-Urbano</b> | 48-50   | 34   | 49   | 83  | 114 <sup>c</sup>                                       | 197   |
|                   | 65  | 44   | 83   | 127   | 76 <sup>d</sup>  | 203   |
|                   | 80  | 56   | 130  | 186   | 38 <sup>e</sup>  | 224   |
| <b>Urbano</b>     | 32  | 13   | 21   | 34  | 152 <sup>f-g</sup>                                     | 186   |
|                   | 48  | 20   | 49   | 69  | 152 <sup>f-g</sup>                                     | 221   |
| <b>a</b>          | La longitud de cola debe ser determinada para cada acceso/entrada a la intersección |  |  |   |  |   |
| <b>b</b>          | Mínimo almacenamiento de dos automóviles o un camión                                |  |  |   |  |   |
| <b>c</b>          | Ejemplo de almacenamiento para 15 automóviles                                       |  |  |   |  |   |
| <b>d</b>          | Ejemplo de almacenamiento para 10 automóviles                                       |  |  |   |  |   |
| <b>e</b>          | Ejemplo de almacenamiento para 5 automóviles  |  |  |   |  |   |
| <b>f</b>          | Ejemplo de almacenamiento para 20 automóviles                                       |  |  |   |  |   |
| <b>g</b>          | Carriles de giro-izquierda pueden reducir la duración de almacenamiento de colas    |  |  |   |  |   |

Fuente: Toolbox on Intersection Safety and Design, ITE, FHWA

Esta área permite que un conductor pase a través de una intersección sin considerar los posibles conflictos en la intersección venidera de aguas abajo.

El reconocimiento de estas áreas es importante en el análisis de distancias de visibilidad, ubicación de rampas en aceras, cruces peatonales, áreas de estacionamiento en la vía, paradas de autobús y de acceso/puntos de salidas adyacentes.

#### A4.7.6.2 Llegadas

Cada vía que entra en una intersección forma una llegada. Las intersecciones que se producen en la unión de dos vías incorporan cuatro brazos de aproximación o tres brazos (Intersección T). En ocasiones, más de dos vías se cortan en un único punto para formar una intersección más compleja (multitramo). AASHTO recomienda evitar la creación de intersecciones multitramo siempre que sea posible.

A menudo, se producen intersecciones entre carreteras de diferentes clasificaciones funcionales; por ejemplo en la intersección de vías arteriales y colectoras-distribuidoras. Cuando esto ocurre, la clasificación más alta o camino principal, típicamente recibe un trato preferencial en el diseño y control. Esto es lógico dado que la carretera principal también suele tener velocidades y volumen más altos que la carretera secundaria. La diferencia de clasificación de las vías es importante en el diseño, ya que puede determinar la necesidad de dispositivos de canalización.

#### A4.7.6.3 Control

El diseño de una intersección debe tener en cuenta el tipo de control que se utilizará. La mayoría de las intersecciones son controlados por una señal de PARE o semáforo.

El propósito principal de estos dispositivos es asignar derecho de paso a los movimientos preferidos de vehículos y peatones.

En ciertas condiciones de bajo volumen, tales como los relacionados con calles de vecindarios locales o caminos rurales, el movimiento del tráfico en una intersección puede ser auto-controlado. El derecho de paso se rige por las "reglas del camino", que requieren que el vehículo de la izquierda pare y ceda el paso al vehículo de la derecha si llegan aproximadamente al mismo tiempo.

Las consideraciones de diseño geométrico para cada una de estas condiciones de control varían, afectando a los requisitos de visibilidad en cada uno de los cuadrantes adyacentes a la intersección.

#### A4.7.6.4 Espaciado

Otra consideración que puede afectar el movimiento seguro y eficiente de vehículos motorizados es la separación de las intersecciones. El espacio apropiado es fundamental para proporcionar sincronización de la señal coordinada. En las zonas urbanas, la necesidad de facilitar el acceso a las propiedades adyacentes y calles transversales conduce a intersecciones señalizadas estrechamente espaciadas. Esto también puede ser el caso corredores suburbanos. Las paradas frecuentes en las señales de tráfico y las colas en intersecciones en intersecciones venideras pueden resultar en demora de viaje y frustración del conductor. En términos generales, para el tránsito vehicular, es deseable un espaciamiento de intersección mínimo de 150 m.

#### A4.7.6.5 Otros tipos de intersección

Los diseños de intersección varían en función del volumen y combinación de tráfico en el cruce. En una intersección de dos carreteras, de alto volumen o de alta velocidad, una intersección a desnivel puede ser justificable. Intersecciones a desnivel pueden ser simples como puentes y túneles o complejos como intercambios que incorporan vías separadas exclusivas para dividir el tráfico. Las intersecciones a desnivel son altamente efectivas para el movimiento de volúmenes de tráfico elevados. Sin embargo, también son limitadas porque no permiten movimientos de giro directos a la vía. Los principales inconvenientes de los intercambios son los gastos de construcción y la necesidad de adquisición de derecho de vía.

La pavimentación también crea intersecciones. Aunque el propósito de un camino de entrada es proporcionar la entrada y salida a las propiedades adyacentes a la carretera, todavía puede contener importantes volúmenes de tráfico y con frecuencia está diseñado con características geométricas y controles similares a las de intersecciones de carretera-carretera.

Otro tipo de intersección se crea en pasos a nivel carretera-ferrocarril. Debido a los peligros y obvios conflictos creados por vehículo-tren, estas intersecciones merecen consideración especial, diseño en términos de distancia de visibilidad, control de tráfico y alineaciones verticales y horizontales. Los requerimientos para el diseño de pasos a nivel carretera-ferrocarril están fuera del alcance de este capítulo. Mayor referencia se puede encontrar en el "Libro Verde" de AASHTO y el Grade Crossing Handbook.

## A4.8 CRUCES FERROVIARIOS

### A4.8.1 Introducción

Los pasos a nivel con líneas ferroviarias son intersecciones donde los vehículos y/o peatones cruzan las vías del tren en la misma elevación. En estos lugares el tren siempre tiene el derecho de paso. Por definición una intersección es un área de conflicto potencial, es decir, dos usuarios no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo. El término, usuarios o conductores motorizados, denotan todo tipo de conductores de vehículos (automóviles, autobuses, camiones, motocicletas, etc.). El término usuarios no motorizados incluye peatones típicos, personas con movilidad reducida, ocupantes de sillas de ruedas y ciclistas.

El diseño de un paso a nivel se compone de tres elementos esenciales: seguridad, accesibilidad y funcionalidad. A fin de lograr estos, el paso a nivel requiere una vía claramente definida y fácilmente transitada, tanto para el conductor de un vehículo motorizado como para los usuarios no-motorizados. Además de la vía definida, los límites del cruce a nivel deben ser claramente delineados. Es decir, hay que dejar claro aquellas áreas donde un peatón o automovilista pueden esperar de manera segura el paso del tren y aquellas áreas donde un peatón o automovilista ha entrado en una zona de conflicto potencial.

Los siguientes elementos deben formar parte de una política general de los pasos ferroviarios a nivel:

- Clausura de cruces con utilización nula.
- Mejora de seguridad, accesibilidad y comodidad de cruces existentes.
- Conversión de cruces existentes a desnivel.
- Adaptación de tecnología innovadora.
- Uso de barreras de seguridad.

### A4.8.2 Diseño de cruces ferroviarios

Existen 3 grupos de usuarios: trenes, vehículos motorizados y usuarios no motorizados. Cada uno de éstos tiene características y limitaciones distintas en el comportamiento del cruce; incluso entre los usuarios del mismo grupo se observan diferencias importantes. El diseño del sistema debe abordar las necesidades y capacidades de cada uno de estos grupos de usuarios.

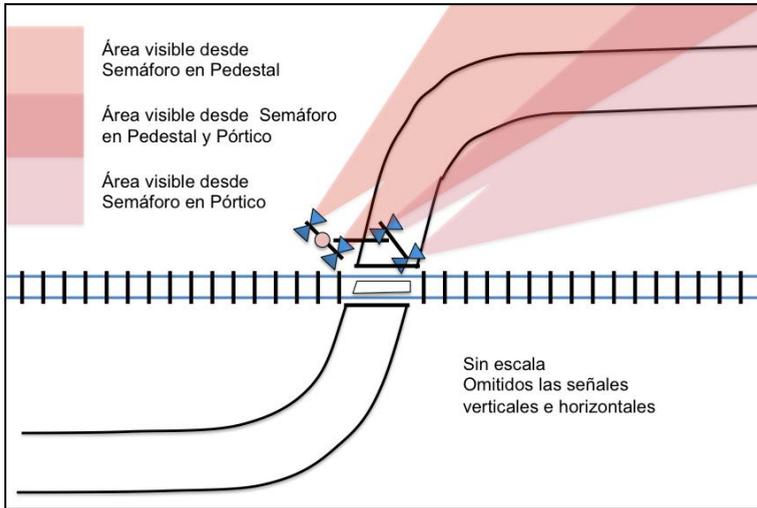
El principio fundamental de seguridad de paso a nivel es proporcionar un camino definido para el paso seguro a través de las pistas de manera rápida y eficiente. La seguridad será reforzada con dispositivos de advertencia adecuados para los diferentes usuarios.

Cada cruce debe ser diseñado para proporcionar la integración necesaria entre el paso a nivel peatonal y de la vereda o camino que conduce a los peatones al cruce. Idealmente, habrá un acceso adecuado en ancho para acomodar sillas de ruedas. Además, el cruce deberá facilitar la integración de la red de senderos y la infraestructura vial circundante. El diseño deberá estar libre de obstáculos y proporcionar espacio de maniobra adecuada de manera consistente para sillas de ruedas, cochecitos de niños y bicicletas.



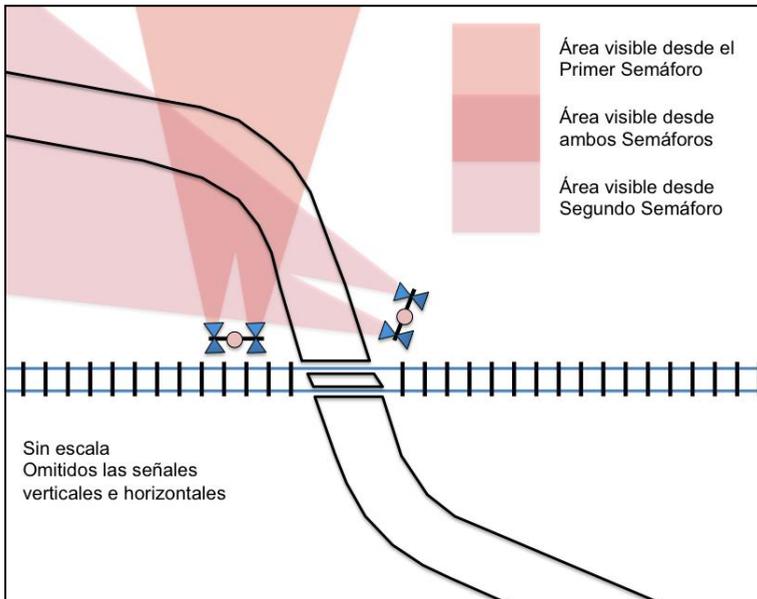
No obstante, se encuentran situaciones donde las curvas verticales de la vía previas al cruce pueden limitar la visibilidad de la intersección. Es preferible que las curvas verticales tengan longitud suficiente para garantizar una visión adecuada de toda la travesía. En los casos que no sea posible, se pueden modificar la ubicación y ángulo de los semáforos como se muestra en las siguientes dos figuras.

Figura 37: Modificación de Ubicación y Ángulo de Semáforos



Fuente: Railroad-Highway Crossing Handbook, FHWA, Second Edition, 2007

Figura 38: Modificación de Ubicación y Ángulo de Semáforos



Fuente: Railroad-Highway Crossing Handbook, FHWA, Second Edition, 2007

Idealmente, la calzada vial deberá intersectar las pistas del ferrocarril en un ángulo recto. No debe haber intersecciones u otras calzadas cercanas. Cuando el ángulo

recto no es posible, el ángulo de la calzada debe reducirse tanto como sea posible para facilitar el cruce. Para los automovilistas, una disposición tal mejora la visibilidad de la travesía y de las pistas. En la medida de lo posible, los pasos no deben presentar vialidad o vías férreas en curvas.

Cruces en ángulo son potenciales peligros para los peatones. Alargan la distancia del cruce peatonal y aumentan los riesgos para los peatones, especialmente las personas en sillas de ruedas y coches, así como a las personas con capacidad visual restringida.

#### A4.8.6 Iluminación de los Cruces Ferroviarios

Un cruce bien iluminado ayudará a los automovilistas, peatones y ciclistas a evaluar las condiciones de los cruces, los dispositivos de advertencia de cruce y las condiciones de la carretera.

#### A4.8.7 Superficie del cruce

Los requisitos de superficie de un cruce son dictados por: drenaje, acceso para mantenimiento, seguridad a los usuarios, accesibilidad y comodidad. La aplicación de placas de paso (prefabricado y desmontable) u otros elementos prefabricados (goma o material plástico) pueden ayudar a cubrir los requerimientos mencionados.

Las placas de paso deben extenderse por un mínimo de 2.5 m. por cada lado de la vía resultando en una extensión de 2.5 m. de acera.

Las pendientes transversales de cada cruce deben seguir la pendiente de la pista ferroviaria, ver Figura 39.

Figura 39: Ejemplo de Superficie de Cruce de un Ferrocarril



En algunos casos puede convenir demarcar el espacio que podría requerir un tren con carga ancha. Se demuestra esta técnica en la Figura 40. Estas demarcaciones servirán para alertar a los conductores en cuanto hasta donde pueden llegar y estar seguros.

Figura 40: Ejemplo de Demarcaciones ferroviarias



El espacio de la pestaña de la rueda de ferrocarril (entre el riel y las placas de paso) debe ser tratado con relleno de goma para reducir la posibilidad de atrapamiento de sillas de ruedas, bicicletas, pies y coches.

Para eliminar riesgos de tropiezos, cualquier punto de levante de las placas de paso debe ser cubierto al ras con un relleno recomendado por el fabricante. La sección de concreto asfáltico en caliente mixto entre las placas de paso, los paneles y la acera deben tener una superficie uniforme para eliminar o minimizar las grietas, superficie irregular, pavimento roto y baches. Esto es fundamental, especialmente para personas con movilidad reducida, personas mayores y personas con coches.

#### A4.8.8 Intersecciones Adyacentes

Las intersecciones adyacentes incluyen vías paralelas cerca de los cruces y caminos laterales adyacentes a las vías. Idealmente, debería haber suficiente distancia entre las pistas del ferrocarril y las intersecciones viales adyacentes para permitir un desplazamiento rápido en la vía. En lugares donde el cruce ferroviario está igual o menos de 30 metros de distancia de una intersección, lo siguiente debe ser considerado:

- Interconexión mediante semaforización prioritaria o preventiva de los semáforos de tráfico con los sistemas de control del cruce para que los vehículos puedan despejar el paso a nivel antes de la presencia de trenes y antes de que bajen las barreras de protección.
- Empleo de una señalización "No detenerse en los rieles" o similar.
- Implementación de los requerimientos del MUTCD de Estados Unidos o el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito vigente.

Cuando una intersección se encuentra cerca de un paso a nivel, algunas consideraciones de diseño geométrico son:

- Se requiere un espacio mínimo de 20 m. entre la barrera del paso a nivel y la intersección para evitar que grandes camiones queden atrapados entre las barreras y la intersección.

- Se requiere espacio necesario para que los vehículos puedan alejarse de las rieles y eviten estar atrapados en el cruce cuando un tren se acerca.
- Se deberían usar veredas elevadas o cunetas para evitar que los automovilistas intenten pasar alrededor de las barreras de paso.
- Se debería realizar una evaluación de la longitud apropiada de los carriles de giro a la izquierda y derecha para almacenar los vehículos que giran durante el paso del tren.

#### A4.8.8.1 Entradas adyacentes

Las entradas de vehículos comerciales o privados en las proximidades de un paso a nivel son motivos de riesgo. Vehículos grandes que entran o salen de la calzada tienen el potencial de "atrapar" a otros vehículos en el cruce de ferrocarril. Además, el ingreso y los vehículos que salen pueden distraer a los conductores los cuales dejan de prestar atención al cruce por delante. Nuevas entradas desde vías adyacentes a los cruces deberían ser prohibidas y si esto no es posible, la separación entre estas y las rieles será un mínimo de 20 m.

#### A4.8.8.2 Estacionamiento

El estacionamiento dentro de 20 m al cruce ferroviario será prohibido. Vehículos estacionados restringen la visibilidad del motorista a los dispositivos de advertencia de cruce.

#### A4.8.8.3 Factores humanos

Los estudios indican que los usuarios a veces optan por ignorar las señales de cruce o los semáforos, tal vez para minimizar los retrasos o inconvenientes. Este "riesgo deliberado" conlleva a situaciones peligrosas, sobre todo cuando se trate de vehículos pesados, largos o lentos. Los automovilistas y los peatones no siempre son capaces de estimar con precisión la distancia y/o velocidad de un tren que se aproxima a un paso a nivel, y por lo general los usuarios de la vía no son conscientes de la distancia que requiere un tren para detenerse.

Cuando los tiempos de advertencia de cruce son largos o inconsistentes, los automovilistas y peatones son más propensos a involucrarse en conductas de riesgo. La Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA) indica en un informe que después de 40 a 50 segundos, los conductores tienden a ser impacientes y tratarán de conducir alrededor de las barreras. La misma cantidad de tiempo puede ser atribuida a los peatones. Por este motivo el tiempo de advertencia deberá ser diseñado en base a la demanda peatonal, vehicular, velocidad del tren entre otros elementos por un ingeniero civil competente.

#### A4.8.9 Dispositivos de control de tránsito

Los dispositivos de control de tránsito son elementos que están destinados a proporcionar la integración del sistema requerido para que el paso a nivel funcione de manera segura para todos los usuarios. En otras palabras, los dispositivos regulan, guían o advierten a los usuarios. Estos dispositivos de control se dividen en dispositivos de control de tránsito activos y dispositivos de control de tránsito pasivos. La instalación y uso de dispositivos de control de tránsito deberán regirse a al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito vigente o en su defecto al Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) de Estados Unidos.

##### A4.8.9.1 Dispositivos Activos

Los dispositivos activos proporcionan información sobre el movimiento de los trenes a los conductores y peatones y tienen las siguientes características:

- Barreras vehiculares y peatonales
- Luces en las barreras y luces intermitentes en el mástil de señales
- Dispositivos audibles de control (campanas) en el mástil de señales

Si hay intersecciones viales adyacentes, el dispositivo de aviso activo debe estar interconectado con el controlador de tránsito vial.

Todo cruce en zonas urbanas deberá contar con dispositivos activos, salvo un estudio de tráfico realizado por un ingeniero civil competente demuestre lo contrario.

#### A4.8.9.2 Dispositivos Pasivos

Los dispositivos de control de tráfico pasivos son aquellos no activados por los trenes que se aproximan. Tienen la finalidad de proporcionar alertas, guía, canalización y control de paso a través de los cruces. El control de tráfico pasivo consiste en lo siguiente:

- Señalización vertical incluyendo señalización ferroviaria
- Demarcaciones
- Textura de Pavimento
- Canalización
- Otros

Cualquier señalización deberá cumplir con los requisitos definidos en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito vigente o en su defecto el Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) de Estados Unidos.

### A4.9 ILUMINACIÓN

#### A4.9.1 Introducción

Es menos seguro conducir en o a través de una carretera en la oscuridad en comparación a un lugar iluminado. Esto se debe a la reducida visibilidad de los peligros e incluyendo la presencia de peatones.

La tarea de conducir es en gran parte una tarea visual. Poder ver la carretera/calle adecuadamente, observar el flujo de tránsito que a veces está en conflicto y el comportamiento de otros usuarios de la vía es parte integral de la tarea. La iluminación mejora significativamente la visibilidad, aumenta la distancia de visión y hace que los obstáculos viales sean más perceptibles para el conductor y por lo tanto estos se pueden evadir. La iluminación vial es una contramedida de seguridad comprobada.

#### A4.9.2 Definición de términos

- Altura de montaje: la distancia vertical entre la superficie de la carretera y el centro de la fuente aparente de la luz de la luminaria.
- Candela, cd: Es la unidad de intensidad luminosa. Una candela es un lumen por estereorradián.
- Candela por metro cuadrado, Cd/m<sup>2</sup>: es la unidad de luminancia. Es igual a la luminancia uniforme de una superficie perfectamente difusora emitiendo o reflejando la luz en la tasa de un lumen por metro cuadrado o la luminancia promedio de cualquier superficie emitiendo o reflejando la luz a esa tasa.

- Encandilamiento: la sensación producida por luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos del observador se han adaptado y la cual causa molestia, malestar o pérdida en el rendimiento visual y de visibilidad.
- Iluminación de alto mástil: Es la iluminación de un área por medio de un grupo de luminarias que están diseñados para montarse en la parte superior de un soporte alto (generalmente de 20 metros o superior).
- Iluminancia: Cantidad de luz que cae sobre una superficie; se mide como la cantidad de lúmenes por unidad de superficie en lux (lúmenes/m<sup>2</sup>). La iluminación es variable por el cuadrado de la distancia de la fuente.
- Intensidad luminosa: el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido en una dirección específica. Por lo tanto, es el flujo luminoso sobre una superficie pequeña normal a esa dirección, dividida por el ángulo sólido (en estereorradianes) que cubre la superficie desde la fuente.
- Lámpara: un término genérico para una fuente artificial de luz.
- Lumen (lm): Unidad de medida de la cantidad total de luz emitida por una fuente.
- Luminancia es la cantidad de luz que se refleja de una superficie en la dirección del observador. Se refiere a menudo al "brillo" de la superficie, aunque el brillo evidente tiene un número de otros factores a tener en cuenta. Es, sin embargo, una medida más completa de iluminación porque considera no sólo la cantidad de luz que llega a una superficie, sino también cuánto de esa luz se refleja hacia el conductor. En la Figura 41, la carretera tiene los mismos valores de iluminancia en ambos carriles; los valores de luminancia, sin embargo, son dos veces mayor para el carril derecho, y eso es lo que parece el camino a un observador.

Figura 41: Iluminancia de un Pavimento



- Luminaria: una unidad completa de iluminación que consiste en una lámpara o lámparas junto con las partes diseñadas para distribuir la luz, colocar y

proteger las lámparas y conectar las lámparas a la fuente de alimentación. A veces incluye balastos y fotocélulas.

- Lux, lx: Unidad de iluminancia. Es la iluminancia de una superficie de un metro cuadrado de área en la que hay un flujo uniformemente distribuido de una luz o la iluminancia producida en una superficie donde todos los puntos están a una distancia de un metro de una fuente puntual uniforme de una candela.
- Medidor de luminancia: Instrumento para medir la luminancia de un objeto o superficie. Instrumentos que responden con precisión a más de una distribución espectral (color), son de color corregido. El instrumento se compone de un sistema de lentes y diafragma creando una imagen en una foto-detector, generando una lectura análoga o digital.
- Poste de la lámpara: un soporte o columna provista de los accesorios internos necesarios para el cableado y accesorios externos para el soporte de una luminaria.
- Relación de uniformidad: La relación entre el nivel de Iluminancia Promedio Mantenido al nivel Mínimo de Iluminancia mantenida en una zona iluminada. La relación de uniformidad se utiliza como verificación de un diseño de iluminación funcional.
- Vida efectiva de una lámpara: Vida media de una lámpara que se define como el total de horas en que 50% de cualquier grupo de lámparas sigue en funcionamiento.
- Visibilidad: la calidad o estado de ser perceptible por el ojo. En muchas aplicaciones al aire libre, la visibilidad a veces se define en términos de la distancia a la que un objeto puede ser apenas percibido por el ojo.
- Voladizo: la distancia horizontal entre una línea vertical que pasa por el centro de luz de luminaria y la acera o borde de la carretera transitada.

#### A4.9.3 Tipos de lámpara

Existen cuatro tipos de lámpara: incandescente, fluorescente, carga de alta intensidad y LED (por sus siglas en inglés - Light emitting diode).

Los de carga de altas intensidad incluyen:

- Vapor de mercurio.
- Árido de metal.
- Sodio de alta presión.
- Sodio de baja presión.

Dadas las preocupaciones recientes a nivel internacional por consumo de energía, se está prefiriendo el uso de lámparas LED. Éstas tienen mejor rendición de color y mayor vida útil pero aún tienen un costo mayor que las lámparas tradicionales de carga de alta intensidad.

#### A4.9.4 Distribución lateral de la luz de una lámpara

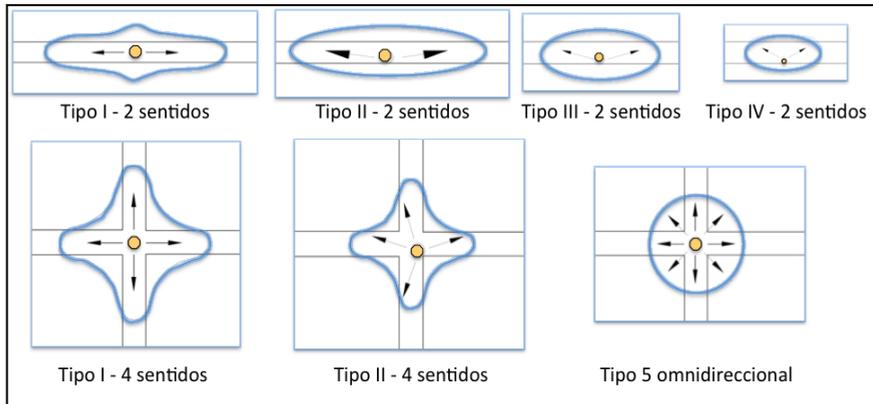
La sociedad de ingeniería de iluminación (Illuminating Engineering Society) estableció una serie de patrones de distribución lateral señalados como tipos I, II, III, IV y V. Estos se muestran en la Figura 42. En general, podemos describir tipos I y V como luminarias montadas sobre el centro del área a ser iluminado. Tipo I se aplica a patrones rectangulares en calles estrechas, mientras que el tipo V se aplica a áreas donde la luz debe distribuirse uniformemente en todas las direcciones. Tipo V y un

tipo modificado generalmente son la clase de luminaria que se aplica en sistemas de iluminación de mástil alto.

Tipos II, III y IV son clases de luminarias a instalarse cerca del borde del área a ser iluminado. Tipo II se aplica a calles estrechas, tipo III para calles de ancho medio, mientras que el tipo IV se aplica a calles amplias.

La distribución de luz lateral y vertical depende de las características de la luminaria y se deben considerar temprano en el proceso de diseño.

Figura 42: Distribución de Luz Típica de Lámparas



Fuente: Illuminating Engineering Society

#### A4.9.5 Justificación de iluminación longitudinal

Siempre que sea factible, la iluminación longitudinal se recomienda:

- Donde el juicio de ingeniería o experiencia de siniestros indica un elevado potencial de maniobras erradas.
- En lugares con volúmenes peatonales altos en horas de visibilidad reducida.
- Donde el diseño geométrico cercano a una intersección presenta singularidades complicadas como un cambio de alineación de carril, una transición de ancho de pavimento o un paradero de bus.

#### A4.9.6 Aplicaciones Típicas de Iluminación

##### A4.9.6.1 Iluminación Continua

Ésta situación requiere la colocación de luminarias a lo largo de una vía, sus intersecciones e intercambiadores, sus ramales de entrada y salida, sus puentes peatonales y situaciones especiales. La Figura 43 muestra una vía de alta velocidad con iluminación continua basado en lámparas tipo LED.

Figura 43: Iluminación Continua con Lámparas LED

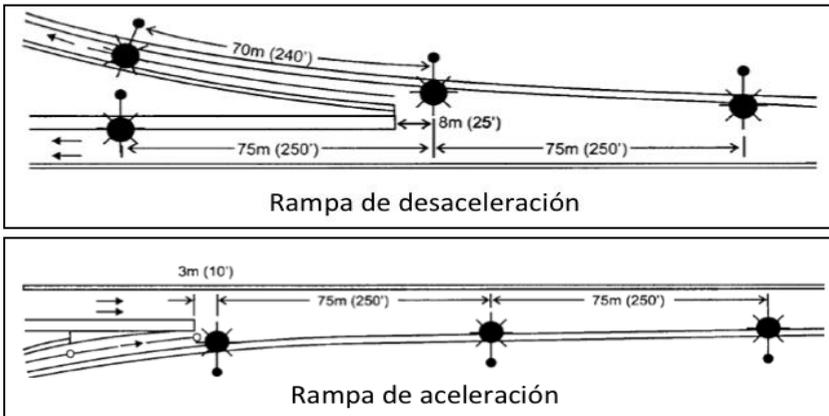


#### A4.9.6.2 Iluminación de intercambiadores

De preferencia, se trata de iluminar totalmente un intercambio vial, pero en el caso que no sea posible se debería enfocar la iluminación en las entradas y bifurcaciones de salida y en el caso de contar con ramales con un diseño geométrico complicado, estos se deberían iluminar.

En la Figura 44 se pueden observar distribuciones típicas para ramales de desaceleración y aceleración.

Figura 44: Ubicación Típica de Luminarias en Rampas de Desaceleración y Aceleración



FUENTE: MN/DOT Roadway Lighting Design Manual

#### A4.9.6.3 Pasos a nivel del ferrocarril

La iluminación en un cruce es un factor clave en la reducción de siniestros nocturnos. La iluminación es recomendable las siguientes condiciones:

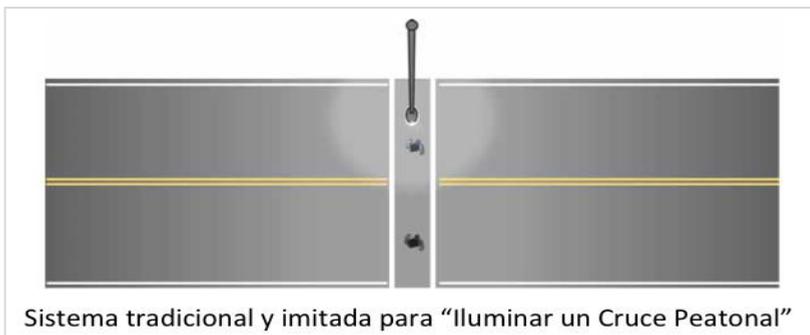
- Operaciones nocturnas de tren.
- Trenes de baja velocidad.
- Bloqueo de cruces durante largos periodos por la noche.

- Evidencia, por informes de accidentes, que indica que los conductores a menudo no logran detectar trenes o dispositivos de control de tráfico en la noche.
- Alineación horizontal o vertical de la carretera que dificulta la visibilidad oportuna de tren.
- Trenes largos y oscuros.
- Visibilidad restringida o distancia de frenado reducido en zonas rurales.

#### A4.9.6.4 Iluminación de cruce peatonal

Muchas entidades han instalado históricamente una sola luminaria directamente sobre el paso de peatones como se muestra en la figura que sigue. Si bien esto proporciona luminosidad alta al pavimento en el cruce de peatones, no ilumina adecuadamente al peatón.

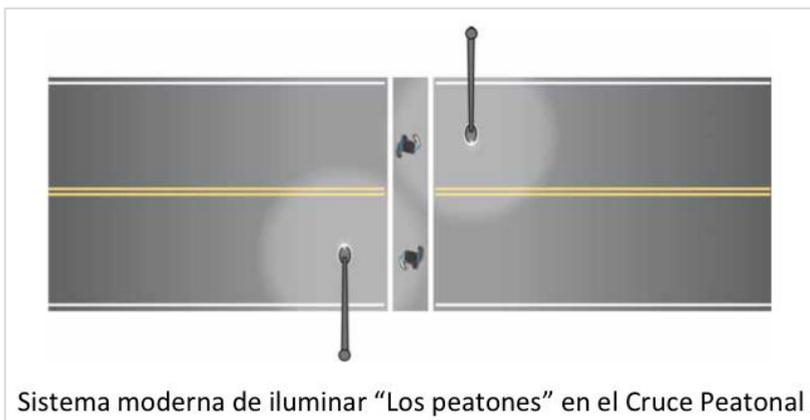
Figura 45: Diseño Peligroso de la Iluminación de un Cruce Peadonal



Fuente: FHWA-HRT-08-053, an Informational Report on Lighting Design for Midblock Crosswalks

Las luminarias deben estar ubicadas de tal manera que la iluminancia vertical del cruce peatonal haga que la persona que cruza sea visible a una distancia adecuada. La luminaria debe estar por lo menos 3 m del paso de peatones. Esto se muestra en la Figura 46. Se debe tener en cuenta que, para vías con tráfico en dos sentidos, especialmente los que no tienen separador central o refugio peatonal central, se requieren dos luminarias.

Figura 46: Diseño Preferido de la Iluminación de un Cruce Peadonal



Fuente: FHWA-HRT-08-053, an Informational Report on Lighting Design for Midblock Crosswalks

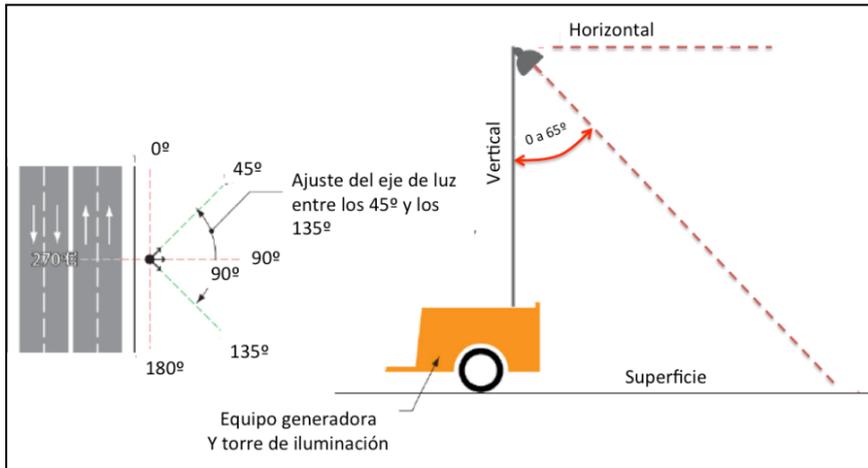
#### A4.9.6.5 Iluminación de túneles

Los túneles deberían ser siempre iluminadas con la excepción de aquellos que tienen muy bajo nivel de tránsito. El emplazamiento de las luminarias, en el techo centrado sobre la calzada o en los muros del túnel, debería considerar donde mejor ilumina y la tarea de su eventual mantención y reemplazo.

#### A4.9.6.6 Iluminación en zonas de trabajo

Los equipos portátiles de iluminación pueden generar encandilamiento de los usuarios viales y por ende se debería orientar su haz de luz tal como se muestra en la Figura 47.

Figura 47: Orientación Preferida de Torres de Iluminación en Zonas de Trabajo



Fuente: FHWA Lighting Handbook, 2012

#### A4.9.6.7 Iluminación de áreas especiales

Generalmente las áreas de peaje, pesaje y descanso deberían ser iluminadas. La selección de luminarias laterales o luminarias de mástil alto dependerán del área que se necesita iluminar.

#### A4.9.7 Mantenimiento de los sistemas de iluminación

La efectividad de una luminaria está comprometida por la suciedad y por ende se debe programar una limpieza regular.

La reposición de lámparas "quemadas" requiere la movilización de un equipo de trabajo y cuando estos se encuentran alejados del taller, puede ser conveniente reemplazar todas las lámparas de una intersección de una vez.

#### A4.9.8 Escala y diseño inter-relacional

Durante el proceso de selección de postes, tipo de lámpara y su distribución de luz, potencias de luminaria, y otros factores, el diseñador debe considerar la utilización del suelo (residencial, urbana, centro, comercial, industrial, etc.) preferencia por ser un espacio de interés turístico o histórico, y el ancho del camino, puente o túnel. La altura de los postes también puede ser limitada por el alcance de los vehículos de servicio para mantener las luces.



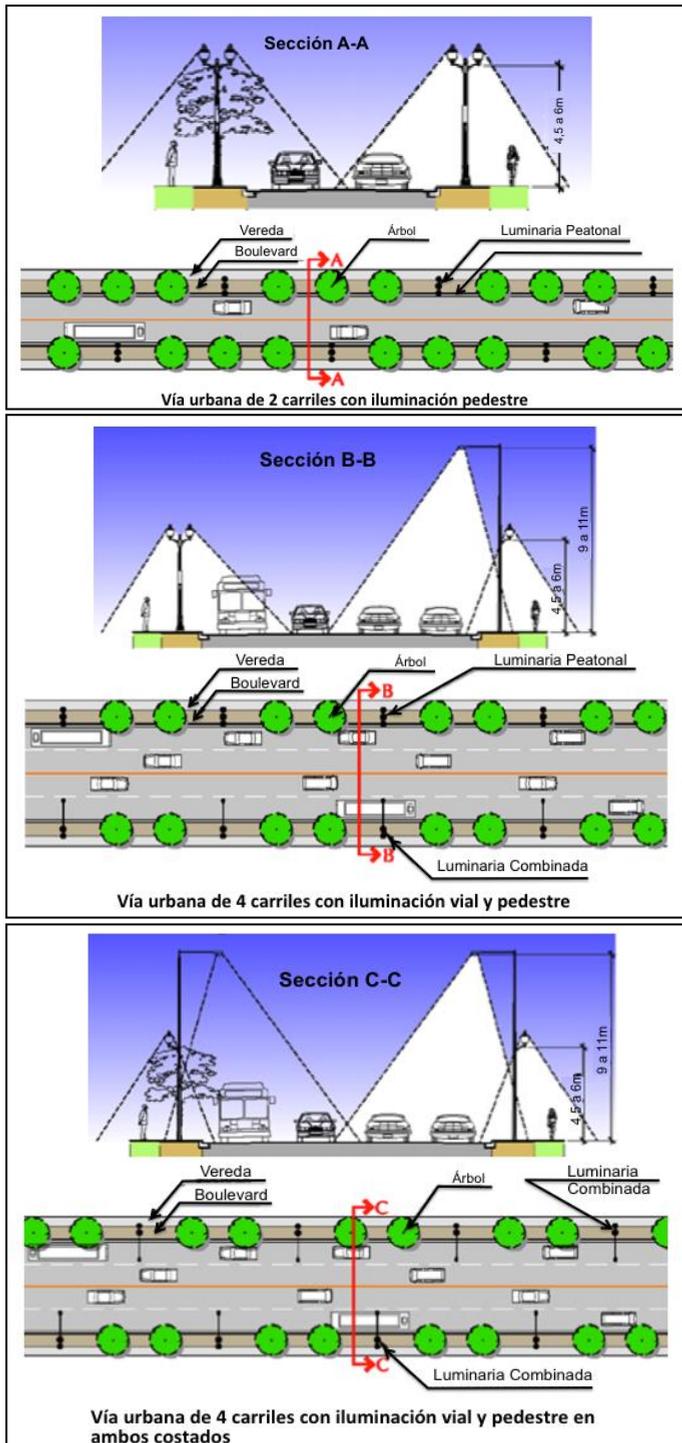
#### A4.9.9 Relación entre luminarias y su entorno

Árboles y otros elementos del paisaje pueden ser incluidos como parte de un diseño de paisaje urbano. El diseñador de iluminación debe consultar con el arquitecto en cuanto a la ubicación de plantas y árboles que pueden bloquear la iluminación en el camino o raíces de árboles que puedan interferir con canalizaciones subterráneas u otros aparatos eléctricos. Coordinación también se requerirá respecto a otros elementos arquitectónicos tales como bancos, jardineras, edificio marquesinas, toldos y otro mobiliario urbano, así como puestos y señalización de estacionamiento. Requisitos arquitectónicos nunca deben tomar precedencia sobre requisitos de la iluminación segura.

Los proyectos urbanos deben estar diseñados para satisfacer los requisitos de visibilidad de los conductores, las consideraciones más subjetivas de seguridad así como la comodidad de los peatones, ciclistas y otros usuarios. Para las calles o avenidas más amplias con vegetación de mayor altura se deben considerar postes de mayor altura o ménsulas de mayor alcance.

Para calles de dos carriles, la iluminación peatonal podrá proporcionar el nivel requerido de iluminación para la calle y la acera. Sin embargo, si esto no produce los resultados requeridos o si las vías son más amplias (4 o más carriles), la iluminación peatonal usualmente tendrá que complementarse con postes altos o brazos largos. El objetivo principal de la iluminación es de colocar las luminarias en los brazos del mástil extendidos sobre la vía más allá de los ramales del árbol cuando estos maduran totalmente.

Figura 48: Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial



Fuente: FHWA Lighting Handbook, 2012

## A4.10 PEATONES Y CICLISTAS

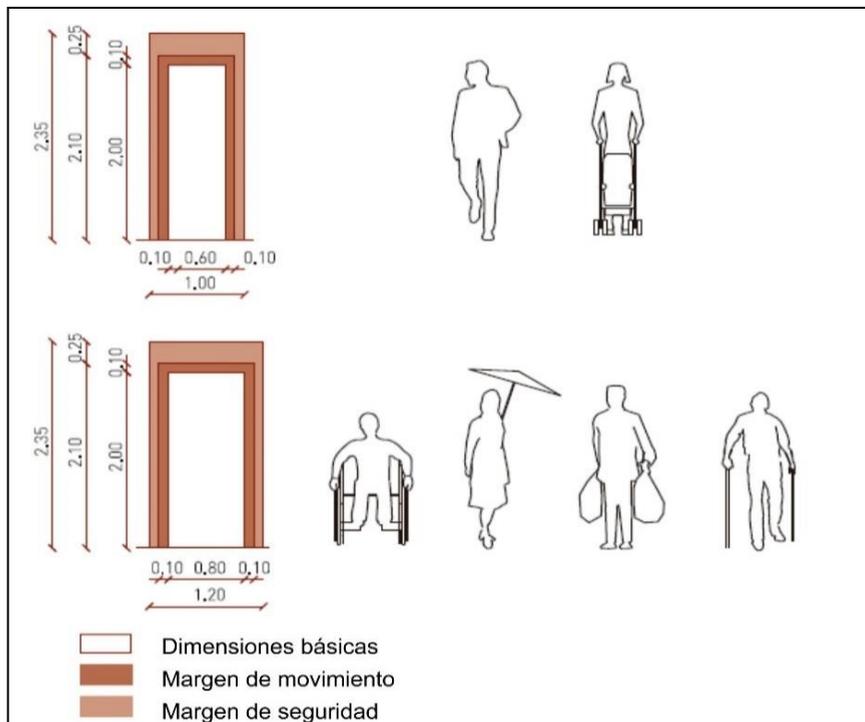
### A4.10.1 PEATONES

#### A. DIMENSIONES BÁSICAS DEL PEATÓN

El diseño del espacio destinado a los peatones debe asegurar la accesibilidad para todos, a fin de que las personas con movilidad reducida, los ancianos, los padres con coches para bebés, etc. puedan moverse. Es necesario, también, dedicar una atención especial al grupo de edad de los niños y personas mayores.

Los peatones presentan unas características antropométricas que establecen un gálibo y unas velocidades de recorrido que dependen principalmente de la pendiente y del grupo de edad al que pertenecen. En condiciones normales, la velocidad de los adultos es 4-5 km/h, la de los niños y de las personas mayores de 2-3 km/h y la de las personas en silla de ruedas de 2 km/h.

Figura 49: Dimensiones Básicas para Peatones



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

El proyectista, a la hora de planificar y diseñar el espacio destinado a los peatones, debe considerar las características básicas de su comportamiento:

- El peatón busca siempre la distancia más corta y reducir los tiempos de espera.
- El peatón tiende a infravalorar los tiempos para cruzar la calzada.
- El peatón es sensible al confort del desplazamiento y las condiciones meteorológicas.

- El peatón es indisciplinado: casi inconscientemente, intenta reducir el esfuerzo físico y el tiempo de recorrido, lo que conlleva que no siempre respete la señalización y el espacio específico que se le reserva.

Teniendo en cuenta que la seguridad es la prioridad absoluta, el confort de los desplazamientos a pie debe ser primordial respecto a otras consideraciones. Por este motivo, en los casos de falta de espacio disponible que no permita implantar veredas suficientemente anchas, habrá que prever medidas de protección y moderación del tráfico para asegurar condiciones de seguridad y confort a los peatones. Por lo tanto, el principio básico que debe aplicar el proyectista es atribuir a los peatones el máximo espacio posible para asegurar el máximo confort.

En este contexto, se fija la anchura libre mínima de vereda recomendable en 200 cm, una anchura que permite el cruce de dos sillas de ruedas y la instalación de los servicios urbanos bajo las veredas.

## B. DIMENSIONAMIENTO EN FUNCIÓN DEL GÁLIBO

La anchura libre de la vereda ( $A_v$ ) es definida por la fórmula siguiente, partiendo de los 200 cm como mínimo recomendado.

Anchura Libre de la Vereda

$$A_v = D_b + M_m + M_s + S_i \text{ (cm)}$$

Tabla 8: Factores para Determinar la Anchura Libre de la Vereda

| Peatón determinante                     | Anchura $D_b$ (cm) | Margen de movimiento $M_m$ (cm) | Margen de seguridad $M_s$ (cm) |
|---|--------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Peatón con coche de bebé o sin          | 60                 | 10                              | 10                             |
| Peatón con bolsas o con silla de ruedas | 80                 | 10                              | 10                             |

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

El suplemento de anchura libre ( $S_i$ ) considera las condiciones del entorno. Si diferentes condiciones se presentan simultáneamente, habrá que sumar los valores de la tabla siguiente:

Tabla 9: Suplemento de Anchura Libre

| Condiciones  | Suplemento de anchura libre $S_i$ (cm) |
|--|--|
| Delimitaciones verticales (muros, fachadas, etc)   | 25                                     |
| Calle con fuerte tránsito                          | 50                                     |
| Escaparates de comercios                           | 100                                    |
| Equipamientos con fuerte concentración de peatones | 200                                    |
| Paradero de bus                                    | 100                                    |
| Cruce entre peatones                               | 40                                     |
| Aparcamiento de 2 ruedas sobre la vereda           | 200                                    |
| Aparcamiento de vehículos en batería o semibatería | 50                                     |

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España.

### C. DIMENSIONAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD

Este método de dimensionamiento considera la calidad de servicio deseada para los desplazamientos a pie a partir de los datos sobre las intensidades de peatones y se aplica en calles con intensidades de peatones elevadas.

La anchura libre de la vereda ( $A_v$ ) es definida con la fórmula siguiente:

Anchura Libre de la Vereda

$$A_v = \left( \frac{I_p}{D_p} \right) * V_m(m)$$

Donde:

$I_p$  = Intensidad de peatones expresada en peatones/segundo

$D_p$  = Densidad de peatones en peatones/m<sup>2</sup>, y define la calidad de servicio deseada (ver la tabla siguiente)

$V_m$  = Velocidad media en metros/segundo

Tabla 10: Densidad de Peatones

| Calidad de servicio                                     | $D_p$ (peatones/m <sup>2</sup> ) |
|---|----------------------------------|
| Circulación libre                                       | < 0.3                            |
| Circulación media, adelantamientos posibles             | 0.3 – 0.4                        |
| Circulación media, conflictos con circulación contraria | 0.4 – 0.7                        |
| Circulación densa, perturbación de los flujos           | 0.7 – 1.0                        |
| Circulación muy densa, conflictiva y muy dificultosa    | 1.0 – 1.2                        |

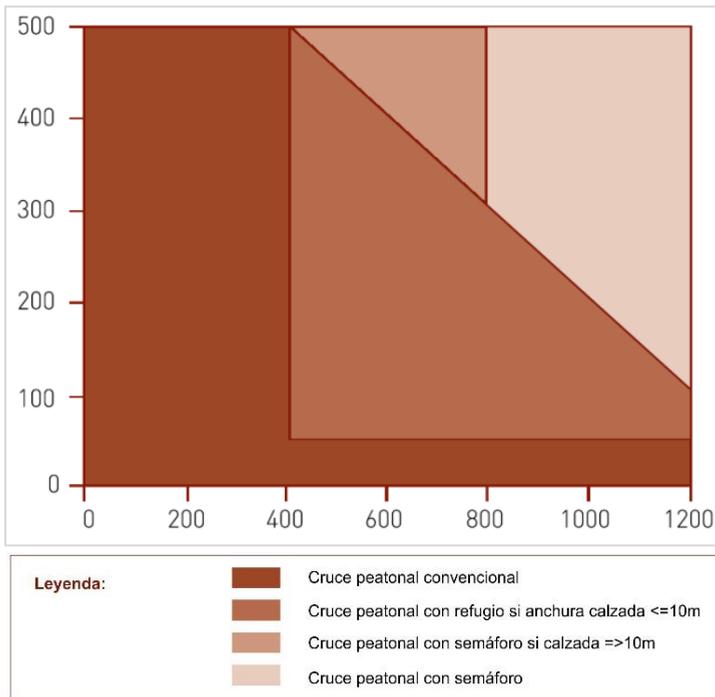
Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

En los capítulos anteriores se han presentado unas metodologías para dimensionar la anchura libre de las veredas. Sin embargo, la variedad de actividades que los peatones pueden desarrollar en calles y, más en general, en el espacio público, hace necesario dar las siguientes indicaciones sobre las dimensiones necesarias en función de las diferentes modalidades de uso del espacio público.

### D. CRUCES PEATONALES

Los cruces de calzada son los principales puntos de accidentalidad los peatones. Es necesario, pues, considerar seriamente las características del comportamiento de los peatones expuestas al principio de este capítulo. La elección del tipo de cruce depende principalmente de las intensidades de tráfico de la calle y del volumen de peatones que se dispone a cruzar. La siguiente figura muestra una propuesta de tipo de cruce en función de estos parámetros.

Figura 50: Tipos de Cruce Recomendado en Función de las Intensidades de Tránsito Vehicular y Peatonal



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

Sin embargo, otros parámetros importantes intervienen en la elección del tipo de cruce más conveniente para los peatones:

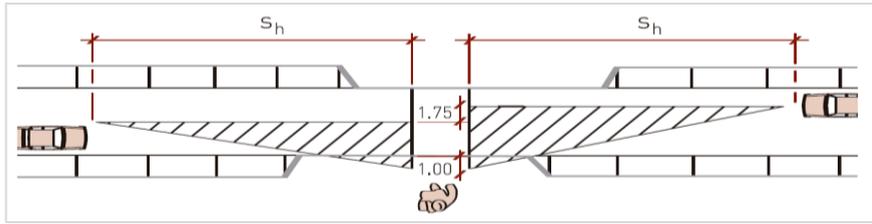
- Velocidad de los vehículos, condiciones de visibilidad
- Proximidad de equipamientos sensibles: escuelas, hogares de ancianos, hospitales, etc.

En cuanto a los pasos de peatones convencionales, se dispondrán en la máxima continuidad posible a lo largo de los itinerarios de peatones, y para aumentar la percepción pueden incluir:

- Marcas viales suplementarias (bandas transversales, pictogramas de peligro, etc.)
- Alfombra con pintura roja o pavimento en adoquines
- Pintura reflectante para mejorar la percepción nocturna y antideslizante para evitar los resbalones, en particular la de los vehículos de dos ruedas

Asegurar unas buenas condiciones de visibilidad del peatón es un objetivo capital para su seguridad. En este sentido, la anchura de su campo de visión es proporcional a la velocidad practicada por los vehículos, de ahí el interés de instalar elementos reductores de velocidad del tráfico en las calles con una función de accesibilidad y social elevada.

Figura 51: Cálculo de la Distancia de Visibilidad de los Peatones

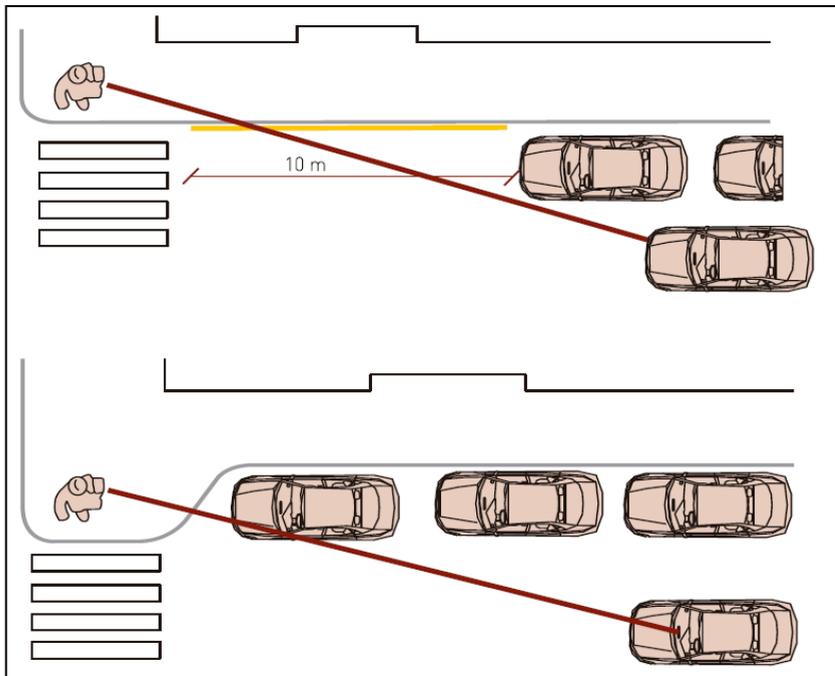


|          |    |    |    |    |    |    |
|----------|----|----|----|----|----|----|
| V (km/h) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Sh (m)   | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

Hay que tratar de liberar el campo de visión cercano en los cruces, evitando en ellos elementos que obstruyan la visibilidad, tales como mobiliario, arbustos, contenedores de basura y aparcamientos. En cuanto al aparcamiento, se recomienda no disponer plazas de aparcamiento en los 10 m anteriores a paso de peatones y, si es posible, prever en ella un ensanchamiento de la vereda con la finalidad de evitar el aparcamiento ilegal.

Figura 52: Mejora de la Visibilidad en Cruces



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

## E. ZONAS PEATONALES

Las zonas peatonales son los espacios destinados a la circulación exclusiva de los peatones y las actividades relacionadas con ellos. La reserva de este espacio puede ser de una calle, una plaza o una zona. Las peatonalizaciones se realizan principalmente en los centros tradicionales y zonas comerciales. También existen

zonas peatonales que no se encuentran en el centro histórico extendiéndose al resto de la ciudad, que deben integrarse en una malla peatonal.

Existen diferentes tipos de zonas peatonales, calles, plazas, peatonalizaciones en malla y en área. Las acciones aisladas en una calle o plaza no soportan la generalización del tráfico y uso peatonal, siendo recomendable las peatonalizaciones en áreas amplias, como en una zona de un barrio o en malla.

La señalización a implantar varía dependiendo de si se trata de una vía o zona peatonal, o de una vía o zona de prioridad para peatones. En el caso de zonas peatonales, la señal más utilizada es la de circulación prohibida que puede ser excesivamente restrictiva. Por ello, exceptuando zonas con una intensidad peatonal muy elevada, debe optarse por la que únicamente restringe el paso a los vehículos motorizados. Por otro lado, en la mayoría de casos se establecen excepciones en las que se permite la circulación de vehículos: de servicios, de residentes y de carga/descarga (en determinados periodos). Para ello se aplicarán otras medidas complementarias con velocidad máxima (generalmente 10 km/h), restricciones de tipo de vehículo o prohibición de estacionamiento.

A diferencia de las vías convencionales, donde predomina el asfalto de la calzada, en el pavimento de zonas peatonales acostumbran a utilizar materiales pétreos o cerámicos (adoquinados, baldosas) por coherencia con el entorno urbano histórico o para incrementar la calidad urbana de ese espacio público. Además, la textura y coloración de estos materiales también puede ser aprovechada para la función de pacificación y ordenación de la movilidad interna que se pretenda conseguir. El ruido generado por la rugosidad del adoquinado al paso de un vehículo a poca velocidad advierte a los peatones e induce a los conductores a reducir la velocidad al percibir que se encuentran en un espacio de vía no habitual.

La coloración de estos materiales puede ser aprovechada para crear un pavimento estético que, a su vez, está advirtiendo subliminalmente de que toda la plataforma puede ser utilizada para la movilidad de peatones, de modo que los vehículos deben circular por ella con velocidades muy reducidas.

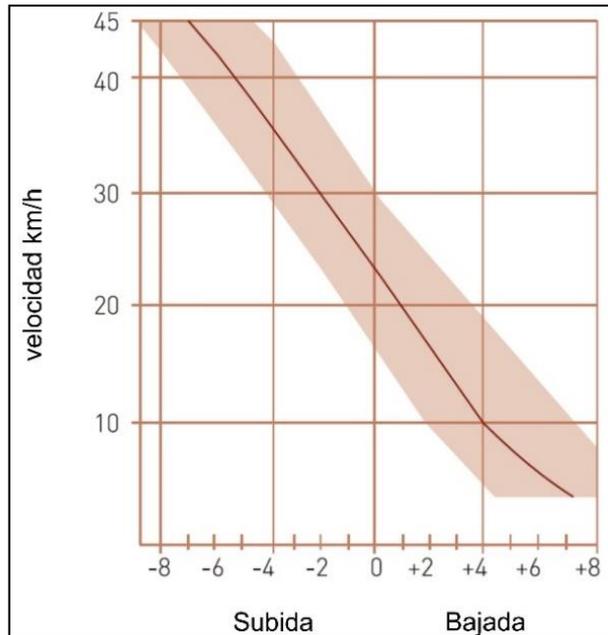
#### A4.10.2 BICICLETAS

La incorporación de bicicletas al tráfico vehicular, causa moderación de la velocidad vehicular pues modifica el comportamiento de los conductores de vehículos motorizados. También puede ser un instrumento de gran utilidad a la hora de plantear cambios en la sección vial que podrían contribuir con la amortiguación del tráfico.

##### **A. DIMENSIONES BÁSICAS PARA BICICLETAS**

La principal limitación de este medio es la pendiente, que se traduce en una reducción de la velocidad y en un incremento del esfuerzo físico.

Figura 53: Relación entre Pendiente y Velocidad



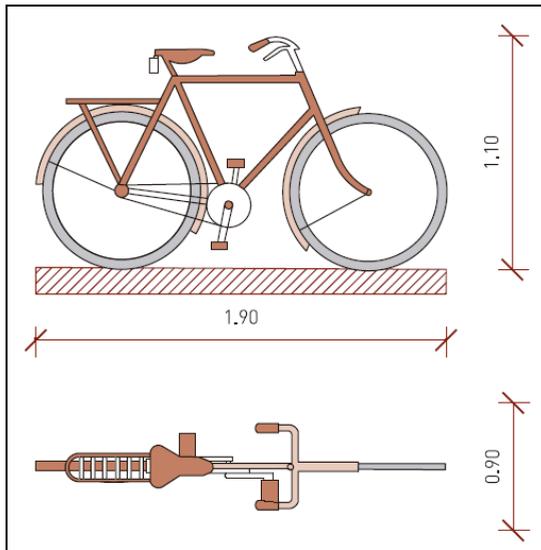
Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

A continuación se presentan las principales características del comportamiento de los ciclistas que son similares a las de los peatones:

- El ciclista busca siempre la distancia más corta y reducir el esfuerzo y el tiempo de espera.
- El ciclista necesita itinerarios continuos y confortables. Las interrupciones o ausencia de infraestructuras específicas (ciclovías o similares) para bicicletas no le deben representar una limitación de la movilidad y de la seguridad.
- El ciclista necesita opciones de estacionamiento seguro cerca del destino final. De hecho, el servicio puerta a puerta que ofrece la bicicleta es uno de sus principales puntos fuertes, que hay que preservar.

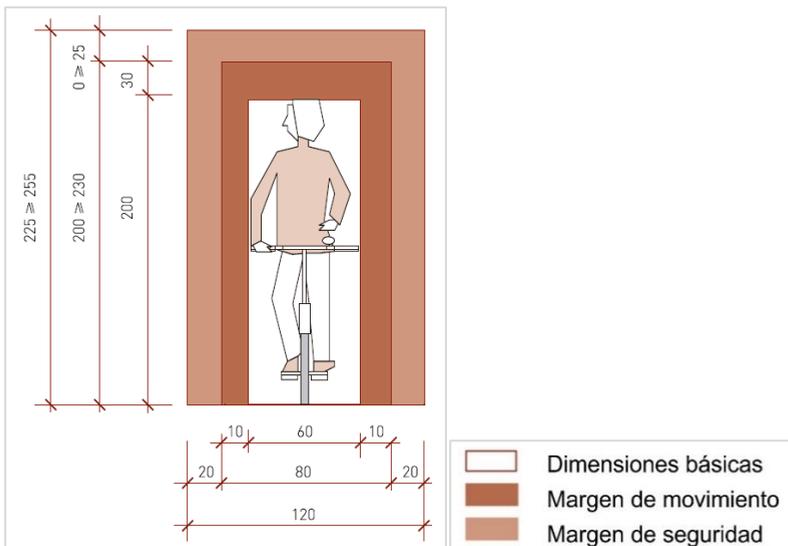
Las dimensiones básicas de la bicicleta pueden variar en función del manillar y de eventuales equipamientos adicionales. Seguidamente se presentan las dimensiones del vehículo estándar:

Figura 54: Dimensiones Básicas de una Bicicleta



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

Figura 55: Dimensiones Básicas para un Ciclista



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

## B. DIMENSIONAMIENTO DEL GÁLIBO

La principal limitación de este medio es la pendiente, que se traduce en una reducción de la velocidad y en un incremento del esfuerzo físico.

El método que se presenta seguidamente se basa en las dimensiones básicas de un ciclista, considerando también los márgenes de movimiento y seguridad y el

suplemento de anchura libre. La anchura de la vía ciclista ( $A_c$ ) es definida por la fórmula siguiente:

Ecuación N° 1. Anchura de la Vía Ciclista

$$A_v = D_b + M_m + M_s + S_i \text{ (cm)}$$

Tabla 11: Factores para Determinar la Anchura de la Vía Ciclista

| Anchura $D_b$ (cm) | Margen de movimiento $M_m$ (cm) |                      | Margen de seguridad $M_s$ (cm) |
|--------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|
|                    | Normal $\leq 4\%$               | Pendiente $\geq 5\%$ |                                |
| 60                 | 20                              | ver tabla            | 20                             |

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

El margen de movimiento varía con la pendiente y cubre los balanceos del ciclista. La tabla siguiente presenta los valores:

Tabla 12: Factores de Margen de Movimiento en Relación a la Pendiente

| Pendiente | Margen de movimiento $M_m$ (cm) |
|-----------|---------------------------------|
| 5%        | 25                              |
| 6%        | 30                              |
| 7%        | 35                              |
| 8%        | 40                              |

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

El suplemento de anchura libre ( $S_i$ ) considera las condiciones del entorno. Si diferentes condiciones se presentan simultáneamente, habrá que sumar los valores de la tabla siguiente:

Tabla 13: Suplemento de Anchura Libre

| Condiciones                                       | Suplemento de anchura libre $S_i$ (cm) |
|---|--|
| Borde de la vereda $< 12\text{cm}$                | 20                                     |
| Delimitaciones verticales (muros, fachadas, etc.) | 30                                     |
| Sentido contrario al de la circulación general    | 50                                     |
| Elementos separadores y protectores               | 50                                     |
| Aparcamiento (apertura puerta vehículo)           | 70                                     |

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de España

## **ANEXO A5 SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BARRERAS DE SEGURIDAD PARA CARRETERA Y AMORTIGUADORES DE IMPACTO**

### **SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BARRERAS DE SEGURIDAD PARA CARRETERAS**

#### **A5.1 DISPISICIONES GENERALES**

Tiene como objeto normar el diseño, uso, instalación y mantenimiento de los sistemas de contención de vehículos del tipo barreras de seguridad.

##### **A5.1.1 Ámbito de Aplicación**

La presente directiva es de obligatorio cumplimiento por las dependencias que ejercen competencia en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

##### **A5.1.2 Definiciones**

Para efectos de la presente directiva se adoptarán las definiciones contenidas en el "Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial" – vigente.

##### **A5.1.3 Referencias Normativas**

La presente Norma tiene las siguientes referencias:

- ✓ Comité Europeo de Normalización, Norma UNE-EN 1317 Sistemas de Contención para Carreteras.
- ✓ Norma NCHRP Report 350 Recommend Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features.
- ✓ Norma MASH, Manual for Assessing Safety Hardware.

##### **A5.1.4 Base Legal**

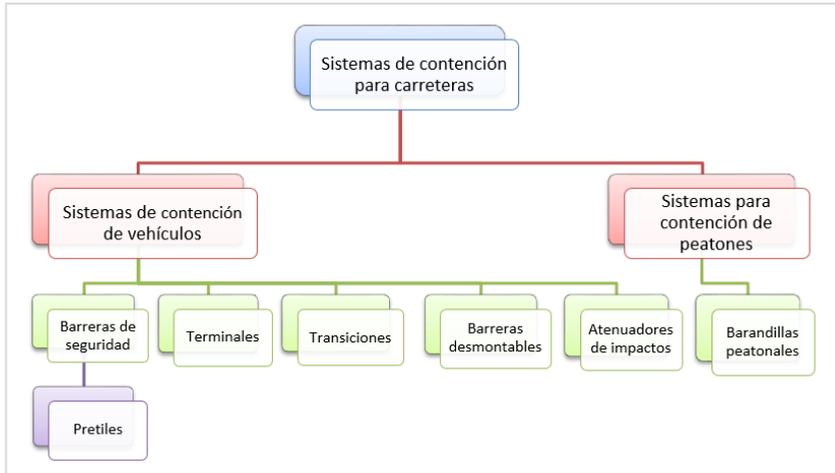
- ✓ Constitución Política del Perú.
- ✓ Ley de Organización y Funciones del MTC, Ley N° 27791
- ✓ Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, Ley N° 27181
- ✓ Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, Ley N° 27867 y sus modificatorias.
- ✓ Ley Orgánica de Gobiernos Locales, Ley N° 27972 y sus modificatorias.
- ✓ Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial D.S. N° 034-2008-MTC
- ✓ Reglamento de Jerarquización Vial, D.S. N° 017-2007-MTC y Modificatoria
- ✓ Actualización del Clasificador de Rutas del SINAC, D.S. N° 011-2016-MTC.

#### **A5.2 SISTEMAS DE CONTENCIÓN PARA CARRETERAS**

##### **A5.2.1 Definición**

Los sistemas de contención para carreteras están conformados por los sistemas de contención de vehículos y sistemas de contención de peatones, son dispositivos que deben usarse para obtener los más altos niveles de seguridad vial en las carreteras.

Figura 1: Tipos de Sistema de Contención



Fuente: Norma UNE-EN 1317-1, Sistemas de Contención para Carreteras.

### A5.2.2 Sistemas de contención para peatones

Los sistemas de contención para peatones está conformado por:

**Barandillas peatonales:** Son sistemas para contención de peatones u otros usuarios (ciclista, ganado, entre otros) instalado en el margen de un camino o senda peatonal con objeto de impedir que estos usuarios crucen una carretera u otra área potencialmente peligrosa.

### A5.2.3 Sistema de contención para vehículos

#### A5.2. 3.1 Definición

Son sistemas instalados en una carretera para proporcionar un nivel de contención a un vehículo incontrolado o fuera de control.

Los sistemas de contención para vehículos están conformados por:

**Las barreras de seguridad:** Son sistemas de contención de vehículos, ubicados e instalados en los márgenes o en los separadores centrales de la carretera y en los bordes de los puentes (pretilos), y otros.

**Pretilos (barrera de seguridad en puentes):** Barrera de seguridad instalada en el lateral de un puente, muro de contención o estructura similar en el que hay una caída vertical, que puede incluir contención y protección adicional para peatones u otros usuarios de la carretera (sistema mixto para vehículos y peatones).

**Terminales:** Tratamiento de los extremos de una barrera de seguridad.

**Transiciones:** Conexión de dos barreras de seguridad de diferentes diseños y/o comportamientos.

**Barreras desmontables:** Son sistemas de contención provisionales ubicados e instalados en zonas de trabajo, separación de carriles, entre otros.

**Atenuadores de impacto:** Dispositivo con capacidad para absorber la energía del vehículo, instalado delante de uno o más obstáculos para reducir la severidad de impacto.

#### A5.2.4 Sistema de contención para vehículos

**Sistemas para protección de motociclistas:** Son aquellos específicamente diseñados para reducir las consecuencias del impacto del motociclista contra la barrera de seguridad certificada, con el fin de evitar su paso a través de ellos, estos sistemas forman parte de las barreras de seguridad y serán instalados en aquellos tramos donde lo determine el proyectista.

#### A5.3. LAS BARRERAS DE SEGURIDAD

Son sistemas de contención de vehículos ubicados e instalados en los márgenes o en los separadores centrales de la carretera y en los bordes de los puentes (pretilos).

Los sistemas de contención vehículos son dispositivos que se instalan en ciertos tramos y en determinadas localizaciones de las carreteras, estos sistemas están diseñados con un determinado nivel de comportamiento a fin de redireccionar un vehículo fuera de control que abandone la calzada o puedan invadir otras vías.

Su función es mitigar las consecuencias de los accidentes o sucesos para los ocupantes del vehículo, otros usuarios y objetos fijos (puentes, pilares, postes, entre otros) situados en las proximidades.

Los sistemas de contención deben cumplir funciones básicas como:

- El vehículo se mantenga dentro de la calzada.
- Redireccionar al vehículo tras el impacto.
- Mitigar la severidad del accidente a los ocupantes del vehículo.

#### A5.4. TIPOS DE BARRERAS DE SEGURIDAD

Estos sistemas pueden ser de los siguientes tipos:

- Barreras de seguridad certificadas o Barreras de seguridad (incluyendo pretilos)
- Barreras de seguridad no certificadas

Estas barreras pueden ser; flexibles, semirrígidas y rígidas.

Figura 2: Ejemplo de barreras flexibles



Figura 3: Ejemplo de barreras semirrígidas



Figura 4: Ejemplo de barreras rígidas



#### **AS.5. BARRERAS DE SEGURIDAD (INCLUYENDO PRETILES)**

Una barrera de seguridad certificada es aquella que ha pasado ensayos de Impacto de acuerdo a las normas internacionales, NCHRP REPORT 350 y MASH, de los Estados Unidos de Norteamérica o por la EN 1317 de la Comunidad Europea.

Los ensayos de impacto son realizados en un laboratorio autorizado autenticada por el organismo normativo del país en donde se desarrolló la prueba, estas pruebas sirven para determinar los diferentes niveles de comportamiento de las barras de seguridad.

Los ensayos de impacto contienen grabaciones de video y la cobertura fotográfica que debe ser suficiente para describir claramente el comportamiento de la barrera (incluyendo pretiles) y el movimiento del vehículo durante y después del impacto, así como todos los planos y la documentación solicitada que deben estar contenidas en una planilla detallada en el informe de ensayo emitido de acuerdo a la normativas internacionales, NCHRP REPORT 350 y MASH, de los Estados Unidos de Norteamérica o por la EN 1317 de la Comunidad Europea.

Las normas internacionales definen varios niveles de comportamiento para los tres principales criterios relativos de la contención de un vehículo:

- ✓ Nivel de contención
- ✓ Niveles de severidad del impacto
- ✓ Deformación expresa mediante la anchura de trabajo, deflexión dinámica y la

intrusión del vehículo (incluyendo pretiles).

Los diferentes niveles de comportamiento de las barreas de seguridad (incluyendo pretiles) permitirán a los diseñadores (especialistas en ingeniería vial) y entidades públicas a determinar las clases de comportamiento para los sistemas que se implanten en las carreteras.

#### **A5.5.1. Clases de comportamiento**

Las barreras de seguridad (incluyendo pretiles) deben cumplir los requisitos de nivel de contención, severidad de impacto y deformación del sistema, estos cuando se realice el ensayo de impacto.

##### **A5.5.1.1 Nivel de contención**

El nivel de contención es la capacidad de la barrera de seguridad de absorber la energía de impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, deceleración y capacidad de redireccionamiento del vehículo.

Los niveles de contención se determinarán por las condiciones y criterios de aceptación de ensayos realizados a las barreras de seguridad con pruebas de impacto de vehículos diferente configuración o tipos, masa, velocidades y un ángulo determinado.

Según la procedencia de origen de los ensayos, las clases de niveles de contención pueden ser:

- ✓ Comunidad Europea, norma EN 1317, niveles de contención, baja, normal, alta y muy alta, de acuerdo a los ensayos de aceptación., Ver en el Anexo 03
- ✓ Estados Unidos de Norteamérica, normas NCHRP Report 350 y MASH, básicos TL 1 hasta TL 3 y de mayor contención TL 4 hasta TL 6, de acuerdo a los factores y criterios de evaluación, ver en el Anexo 04 y Anexo 05.

##### **A5.5.1.2 Nivel de severidad del impacto**

El nivel de severidad del impacto mide los daños que sufrirán los ocupantes del vehículo al impactar en una barrera de seguridad, estas lesiones se miden mediante indicadores de los siguientes parámetros:

- ✓ ASI - Índice de severidad de la aceleración.
- ✓ THIV - Velocidad teórica de choque de la cabeza.
- ✓ OIV - Velocidad de choque del ocupante
- ✓ ORA - Deceleración del ocupante.
- ✓ PHD - Deceleración de la cabeza tras el choque.
- ✓ VCDI - Índice de la deformación de la cabina del vehículo.

Estos parámetros son registrados en todos los ensayos, tienen el objetivo de indicarnos que la barrera de seguridad mientras mayor sea el nivel de contención no constituye obstáculo de causal de daño.

El ASI y PHD corresponde a las deceleraciones que se producen al interior del vehículo, si las deceleraciones son excesivas estas producen daños y desprendimiento de órganos internos que pueden causar la muerte de los ocupantes del vehículo, por lo que sus valores deben ser limitados.

De acuerdo al índice de severidad del impacto, en el siguiente cuadro se muestran los valores permisibles de ASI, THIV y PHD.

Tabla 1: Valores Permisibles de ASI, THIV y PHD

| Índice de Severidad |           | Valor de los Índices |                             |
|---------------------|-----------|----------------------|-----------------------------|
| <b>A</b>            | ASI ≤ 1.0 | y                    | THIV ≤ 33 km/h<br>PHD ≤ 20g |
| <b>B</b>            | ASI ≤ 1.4 |                      |                             |
| <b>C</b>            | ASI ≤ 1.9 |                      |                             |

Fuente: EN 1317 NCHRP REPORT 350 y MASH

**NOTA:**

- ✓ El índice de severidad A proporciona mayor nivel de seguridad a los ocupantes de un vehículo que el nivel B y el nivel B mayor seguridad que el nivel C.
- ✓ En localizaciones especialmente peligrosas, donde la contención del vehículo incontrolado (por ejemplo vehículos pesados) es un condicionante primordial, puede ser necesario instalar un sistema de contención sin un índice específico de severidad del impacto. Sin embargo, el valor de los índices determinado en las pruebas debe quedar reflejado en el informe de los mismos.

Los valores del OIV y ORA se realizan para el vehículo ligero y deben cumplir lo siguiente:

Tabla 2: Valores del OIV

| OIV – Velocidad de choque del ocupante (m/s) |          |        |
|--|----------|--------|
| Componente                                   | Deseable | Máxima |
| Longitudinal y lateral                       | 9        | 12     |
| Longitudinal                                 | 3        | 5      |

Fuente: NCHRP REPORT 350 y MASH

Tabla 3: Valores del ORA

| ORA – Deceleración del ocupante (G's) |          |        |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Componente                            | Deseable | Máxima |
| Longitudinal y lateral                | 15       | 20     |

Fuente: NCHRP REPORT 350 y MASH

### A5.5.1.3 Deformación del sistema contención.

La absorción de energía se realiza en gran parte por la deformación del conjunto de elementos que componen la barrera de seguridad y el vehículo, estas deformaciones deben ser limitadas y deben ser compatibles con el lugar y el entorno en el que estas instaladas. Las deformaciones de las barreras de seguridad durante la prueba de impacto vienen caracterizadas por la deflexión dinámica, ancho de trabajo y la intrusión del vehículo.

#### El ancho de trabajo ( $W_m$ )

Es la máxima distancia lateral entre cualquier parte de la cara al tráfico de la barrera sin deformar y la máxima posición dinámica alcanzada por cualquier parte de la barrera. Si el vehículo se deforma alrededor de la barrera, de forma que esta no pueda usar para medir la anchura del trabajo, debe emplearse como alternativa la

máxima posición lateral de cualquier parte del vehículo, ver Figura 5.

### La deflexión dinámica ( $D_m$ )

Es el máximo desplazamiento dinámico lateral de cualquier punto de la cara al tráfico de la barrera, ver Figura 5.

### La intrusión del vehículo ( $VIm$ )

Para los vehículos pesados es el máximo desplazamiento lateral dinámico de la cara al tráfico de la barrera sin deformar, se debe evaluar mediante grabaciones fotográficas o de videos a alta velocidad, considerando una carga hipotética de anchura y longitud iguales a la de la plataforma del vehículo, y una altura total de 4 m. la  $VIm$  debe evaluarse midiendo la posición y el ángulo de la plataforma del vehículo y considerando que la carga hipotética permanece sin deformar y rectangular respecto de dicha plataforma, o bien empleando vehículos de ensayo con la carga hipotética, ver Figura 5.

Los valores ( $D_m$ ), ( $W_m$ ) y ( $VIm$ ), están registrados en el informe de ensayo de impacto y los valores o indicadores dependen de la estructura del sistema, así como de las características de la prueba.

Tabla 4: Niveles de Anchura de Trabajo Normalizada

| Clases de niveles de anchura normalizada | Niveles de anchura de trabajo normalizada (m) |
|--|---|
| W1                                       | $W_N \leq 0,6$                                |
| W2                                       | $W_N \leq 0,8$                                |
| W3                                       | $W_N \leq 1,0$                                |
| W4                                       | $W_N \leq 1,3$                                |
| W5                                       | $W_N \leq 1,7$                                |
| W6                                       | $W_N \leq 2,1$                                |
| W7                                       | $W_N \leq 2,5$                                |
| W8                                       | $W_N \leq 3,5$                                |

Fuente: Tabla Nº 4 EN 1317-2

**NOTA 1:** En determinados casos se puede definir una clase de anchura de trabajo menor que W1.

**NOTA 2:** La deflexión dinámica, la anchura de trabajo y la intrusión del vehículo permiten establecer las condiciones de instalación de cada barrera de seguridad, y también definir las distancias que es necesario dejar delante de los obstáculos para permitir que el sistema funcione satisfactoriamente.

**NOTA 3:** La deformación depende tanto del tipo de sistema como de las condiciones de ensayo.

Tabla 5 - Niveles de Intrusión del Vehículo Normalizada

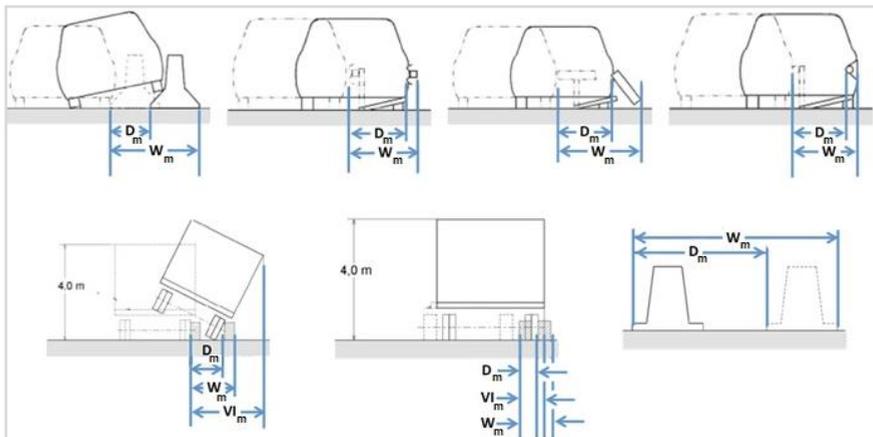
| Clases de niveles de anchura normalizada | Niveles de anchura de trabajo normalizada (m) |
|--|---|
| VI1                                      | $VI_N \leq 0,6$                               |
| VI2                                      | $VI_N \leq 0,8$                               |
| VI3                                      | $VI_N \leq 1,0$                               |
| VI4                                      | $VI_N \leq 1,3$                               |
| VI5                                      | $VI_N \leq 1,7$                               |
| VI6                                      | $VI_N \leq 2,1$                               |
| VI7                                      | $VI_N \leq 2,5$                               |
| VI8                                      | $VI_N \leq 3,5$                               |
| VI9                                      | $VI_N > 3,5$                                  |

Fuente: Tabla Nº 5 EN 1317-2

**NOTA 1:** En determinados casos se puede definir una clase de intrusión de vehículo menor que VI1

**NOTA 2:** La deflexión dinámica, la anchura de trabajo y la intrusión del vehículo permiten establecer las condiciones de instalación de cada barrera de seguridad, y también definir las distancias que es necesario dejar delante de los obstáculos.

Figura 5: Valores Medidos de la Deflexión Dinámica ( $D_m$ ), la Anchura de Trabajo ( $W_m$ ) y la Intrusión del Vehículo ( $VI_m$ )



Fuente: Figura 1 - EN1317-2

### AS.6. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DEL ENSAYO DE IMPACTO

Una vez llevado a cabo los ensayos de impacto según los criterios definidos de masa, velocidad y ángulo de impacto, las barreras de seguridad (incluyendo pretilos) deben cumplir los requisitos de severidad de impacto (**artículo 3.1.2.2**), deformación del sistema (**artículo 3.1.2.3**), comportamiento de la barrera de seguridad (incluyendo pretilos) y deformación de la barrera de seguridad y los vehículos de ensayo deben cumplir los requisitos de comportamiento del vehículo en el ensayo, índice de severidad y deformación del vehículo de ensayo.

### A5.6.1. Comportamiento de la barrera de seguridad (incluyendo pretiles)

La barrera de seguridad (incluyendo pretiles) debe contener al vehículo sin rotura completa de ninguno de los principales elementos longitudinales del sistema.

Todas las partes desprendidas de la barrera de seguridad con masa a 2.0 kg deben identificarse, localizarse y registrarse en el informe de ensayo, especificando su tamaño. Esta información se puede usar para definir tramos donde las barreras con partes desprendidas no se deben instalar, con el objeto de proteger a las personas que estén detrás de la barrera.

- ✓ Ningún elemento de la barrera de seguridad debe penetrar el habitáculo (zona de vivencia de los ocupantes del vehículo).
- ✓ No se deben admitir deformaciones o intrusiones en el habitáculo que puedan causar daños graves.
- ✓ Las cimentaciones, anclajes al terreno y fijaciones se deben comportar de acuerdo a la barrera de seguridad (incluyendo pretiles).

**NOTA:** El comportamiento de las barreras (incluyendo pretiles) puede verse fuertemente afectado por el comportamiento de sus cimentaciones, anclajes y fijaciones. Si los anclajes están enterrados, la muestra de ensayo se debería instalar en un terreno de acuerdo con las especificaciones de diseño de la barrera. Si la barrera está diseñada para ser instalada en un puente o muro de contención, la capacidad resistente de superficie de soporte y la resistencia de los anclajes no debería ser inferior a los requisitos de diseño.

### A5.6.2. comportamiento del vehículo de ensayo

Durante y después del choque, no más de una de las ruedas del vehículo debe sobrepasar completamente la barrera de seguridad por encima o por debajo.

El vehículo no debe volcar durante o después del choque (incluyendo vuelco sobre su costado).

Para ensayos con camiones o autobuses, no puede desprenderse durante el ensayo más del 5 % de la masa del lastre (carga) hasta el momento en que las trayectorias de las ruedas del vehículo superen la línea de reducción.

El vehículo debe ser reconducido por la barrera de seguridad de tal forma que, tras el impacto, la trayectoria de las ruedas no atraviese una línea paralela a la posición inicial de la cara de la barrera de seguridad más próxima al tráfico, situada a una distancia A y sobre una distancia B medida desde la intersección final (ruptura) de la trayectoria de las ruedas del vehículo con la cara de la barrera de seguridad más próxima al tráfico.

Tabla 6: Criterios para las Distancias de Salida (Caja de Salida)

| TIPO DE VEHÍCULO | DISTANCIA DE SALIDA (m) |      |
|------------------|-------------------------|------|
|                  | A                       | B    |
| Vehículo Ligero  | $2,2 + V_A + 0.16 V_L$  | 10,0 |
| Otros Vehículos  | $4,4 + V_A + 0.16 V_L$  | 20,0 |

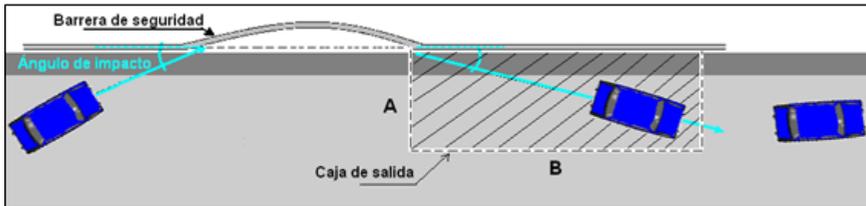
Fuente: Tabla 7 - EN1317-2

Donde:

$V_A$  = Ancho de vehículo

$V_L$  = Longitud del vehículo

Figura 6: Comportamiento del Vehículo de Ensayo



Fuente: Normas EN1317, NCHRP REPORT 350 y MASH

### A5.6.3. Índices de severidad

Los índices de severidad ASI, THIV, PHD OIV y ORA, deben registrarse en los informes de los ensayos de impacto con vehículos ligeros (livianos), según la procedencia del ensayo - normativas internacionales, NCHRP REPORT 350 y MASH, de los Estados Unidos de Norteamérica o por la EN 1317 de la Comunidad Europea.

### A5.6.4. Deformación del vehículo de ensayo.

La deformación del interior del vehículo debe evaluarse y registrarse empleando el VCDI según EN 1370/OCDI según NCHRP REPORT 350 es dar una descripción estándar de la deformación del interior del vehículo para una mejor comprensión de la severidad del impacto, estos parámetros se determina en los ensayos con vehículos ligeros, ver Anexo 01.

## A5.7. ENSAYOS PARA FAMILIAS DE BARRERAS DE ACUERDO A LA NORMA DE LA COMUNIDAD EUROPEA UNE EN 1317-2

Es posible obtener una familia de barreras a partir de una barrera patrón. La barrera patrón debe cumplir los requisitos de un nivel de contención. Esta barrera debe ser la de menor anchura de trabajo de la familia, para definir el mayor nivel de contención, y la de mayor nivel de severidad. Una familia de barreras puede incluir varios niveles de contención y/o de anchura de trabajo. El objeto de las familias de barreras es evitar la realización de ensayos TB 32 (para las clases L1 a L4b), TB 11 o TB 21 (para la clase T3 solo). Cada barrera de la familia debe ensayarse al menos una vez con el vehículo más pesado correspondiente a su nivel de contención. Este ensayo define los niveles de contención y de anchura de trabajo para cada miembro de la familia.

El nivel de severidad para todos los miembros de la familia debe obtenerse en el ensayo de la barrera patrón.

Las familias de barreras sólo deben ser de aplicación en los siguientes tres casos:

- ✓ Barreras con uno o varios elementos longitudinales de idéntica sección transversal, con diferente distancia entre postes o anclajes intermedios al terreno.
- ✓ Barreras simplemente apoyadas, que únicamente varíen en la longitud de sus módulos.
- ✓ Barreras con alturas y elementos adicionales, cuando las partes en contacto con el vehículo en el ensayo TB11 no varían.
- ✓ Las familias de barreras:
- ✓ Se ensamblan a partir de los miembros competentes, exceptuando partes

adicionales.

- ✓ Tienen el mismo nombre de la familia.
- ✓ Tienen el mismo mecanismo de funcionamiento para el sistema y sus competentes.
- ✓ El resto de casos deben tratarse como productos modificados.

#### **A5.8. REVISIÓN DE LA PRUEBA DE IMPACTO**

Para poder verificar el buen funcionamiento y comportamiento de la barrera de seguridad se debe verificar en el informe de la prueba de impacto lo siguiente:

- ✓ El elemento longitudinal no debe romperse.
- ✓ La barrera de seguridad debe contener y redireccionar al vehículo.
- ✓ No se permite desprendimiento de algún elemento de la barrera mayor a 2.0 kg, y en barreras para puentes en intersecciones viales no se permite desprendimiento alguno.
- ✓ Ningún elemento de la barrera debe penetrar en el vehículo.
- ✓ El vehículo no debe volcarse.
- ✓ El centro de gravedad del vehículo no debe pasar al centro de gravedad de la barrera.
- ✓ Vigilar que durante la prueba no se haya caído carga del vehículo, solo se permite un 5% que se pueda caer del vehículo de prueba.
- ✓ El vehículo no puede cruzar el eje de la barrera de seguridad.

En el Anexo 02 se encuentra una lista de chequeo para ayudar en la revisión de los ensayos de impacto de una barrera certificada, considerando al vehículo más ligero y al más pesado con el que ha sido ensayada la barrera de seguridad.

Así también para la revisión de ensayos de impacto se debe presentar las grabaciones de video y la cobertura fotográfica que debe ser suficiente para describir claramente el comportamiento de la barrera (incluyendo pretiles) y el movimiento del vehículo durante y después del impacto, así como todos los planos y la documentación solicitada que deben estar contenidas en una planilla detallada en el informe de ensayo emitido de acuerdo a la normativas internacionales, NCHRP REPORT 350 y MASH, de los Estados Unidos de Norteamérica o por la EN 1317 de la Comunidad Europea, dichos documentos deben estar traducidas al idioma nacional peruano y apostillado del país donde se realizó el ensayo.

#### **A5.9. BARRERAS DE SEGURIDAD NO CERTIFICADAS**

Será responsabilidad del proyectista el diseño y del proveedor proponer una barrera de seguridad no certificada que garantice el nivel de contención, nivel de severidad de impacto, ancho de trabajo y la Intrusión del vehículo, requerido de acuerdo a las condiciones del proyecto en función a estudios técnicos que sustenten las mismas y que serán evaluadas y aprobadas dentro del rubro del título de Especificaciones Especiales del proyecto específico de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales: para la Construcción EG-Vigente, cumpliendo además con lo estipulado en la presente norma.

#### **A5.10. CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA BARRERA DE SEGURIDAD**

- a) Se recomienda que antes de decidir a utilizar una barrera de seguridad se analice primero lo siguiente:

- ✓ El costo de las soluciones alternativas como desplazar o eliminar obstáculos.
  - ✓ Las previsiones de mejoramiento, variación del perfil, explanar el terreno, etc.
  - ✓ Estadística de accidentes de la carretera.
  - ✓ El costo de instalación y mantenimiento de la barrera de seguridad.
  - ✓ Probabilidad de impacto con la barrera de seguridad, relacionada con el volumen de flujo vehicular.
- b) Se exigirá la instalación de barreras de seguridad en taludes de terraplén que tengan alturas superiores a los 4,0 m y con pendientes mayores a 1:4 (V: H). Si no se tuviera el financiamiento necesario para la instalación de las barreras de seguridad será la decisión del ingeniero especialista determinar la prioridad de las barreras dependiendo de la severidad potencial del accidente que se piensa evitar.
- c) Se instalará una barrera de seguridad cuando la distancia a una zona de peligro al borde de la calzada sea menor a 10,0 m. Entendiéndose como zona de peligro aquel lugar considerado como riesgo potencial de accidente que contengan: taludes donde hay peligro de volcar, tráfico en el sentido contrario, objetos fijos como muros, árboles, etc.
- d) Se recomienda la instalación de barreras de seguridad en tramos curvos previa justificación técnica del proveedor y productor de la barrera.
- e) Se instalará barreras de seguridad cuando el ancho del separador central de la carretera sea inferior a 6,0 m.
- f) Se recomienda instalar una barrera continua cuando una barrera es requerida en dos o más lugares que se encuentren cercanos.
- g) En puentes y demás obras de paso a desnivel, se dispondrán siempre barreras de seguridad en el borde del tablero. Si hubiera baranda por existir acera peatonal, se procurará que la barrera de seguridad separe la acera del resto de la plataforma.
- h) Se instalarán barreras de seguridad sobre los muros de contención (del lado de la ladera) en una carretera de terreno accidentado o muy accidentado donde la velocidad de proyecto sea superior a 50,0 km/h, salvo previa justificación (de acuerdo a las normas internacionales).
- i) Se instalará barreras de seguridad compatibles con el entorno en zonas cuya protección haya sido incluidas entre las medidas mitigadoras en caso donde exista lagos, pantanos, ríos (cursos de agua), zonas arqueológicas, con un alto contenido estético y paisajístico (barreras mixtas).
- j) Es importante que el anclaje de la barrera de seguridad al tablero o muro de contención sea fácilmente sustituible en caso de un impacto y no tenga una resistencia superior a la del elemento al que este sujeto para evitar que el impacto lo dañe
- k) La longitud de la barrera será la necesaria para que el sistema desarrolle de forma completa su comportamiento característico de acuerdo a los resultados de los ensayos (Crash Test).

#### **A5.11. SELECCIÓN DE LA BARRERA DE SEGURIDAD**

El especialista en ingeniería vial responsable del diseño, deberá seleccionar la barrera

de seguridad de acuerdo a las características de tráfico como: capacidad y nivel de servicio, composición o configuración vehicular, velocidad de operación, así también con las condiciones orográficas donde se diseña la vía y seguridad vial, entre otros.

Para el caso de una barrera de seguridad, se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones al momento de elegir la barrera más conveniente:

- ✓ Funcionamiento y comportamiento de la barrera de seguridad certificada.
- ✓ Las condiciones del terreno donde se instalaran las barreras de seguridad.
- ✓ El espacio disponible horizontal (intrusión del vehículo y/o deflexión dinámica y ancho de trabajo).
- ✓ Necesidades especiales (conexiones, anclajes, abatimientos y esviados).
- ✓ El menor valor de ASI.
- ✓ El menor valor de THIV y PHD.
- ✓ La deformación del vehículo de acuerdo a los valores del VCDI o OCDI.
- ✓ El tipo de terminales (abatido, abatido esviado y/o atenuadores).
- ✓ Otros parámetros adicionales que considere necesarios el especialista que mejoren la seguridad vial.

El proveedor de la barrera de seguridad y el ejecutor de la obra deberán garantizar la efectividad en la instalación y operación de las barreras de seguridad conforme a lo indicado en su manual de instalación, en los proyectos de infraestructura vial para diferentes tipos de vías del SINAC.

El proveedor de la barrera de seguridad y/o ejecutor de la obra deberán proporcionar todos los documentos técnicos que acrediten los resultados de los ensayos a que ha sido sometido la barrera.

## **A5.12. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS**

### **A5.12.1. Terminales**

Los terminales están ubicados en los extremos de la barrera, sus objetivos principales son la de evitar que se produzca una detención violenta del vehículo en un impacto frontal y que algún elemento de la barrera penetre al compartimiento de pasajeros del vehículo, asimismo sirve como anclaje de la barrera en un impacto lateral. Los terminales pueden ser:

- ✓ Terminal abatido y esviado.
- ✓ Terminal esviado y empotrado en talud de corte.
- ✓ Terminal atenuador.

Los terminales de barrera representan un punto de riesgo para el usuario, por lo que se busca aislarlo del tránsito o ubicarlo en los sectores que presentan una menor probabilidad de impacto. Sin embargo, cuando no se cuenta con las condiciones para lograr una buena ubicación y son un alto riesgo para los conductores se deberá considerar la instalación de un terminal atenuador o extrusor.

La condición geométrica de los terminales se obtiene mediante piezas especiales que permiten el emplazamiento de los distintos elementos sin necesidad de forzar parte del sistema de contención. Al respecto, todas las perforaciones, tanto en las piezas especiales, como en cualquier elemento de la barrera, deberán ser efectuadas en

fábrica, por lo tanto, bajo ningún concepto se aceptarán realizar modificaciones en terreno.

### A5.12.2. Terminal abatido y esviado

Este terminal consiste en abatir verticalmente la barrera para después esviarla horizontalmente. Este tipo de terminal solo podrá utilizarse cuando por condiciones de terreno, no sea posible usar el terminal empotrado en talud de corte.

Será responsabilidad del proyectista las dimensiones y ángulo de barrera propuesta.

### A5.12.3. Terminal esviado y empotrado en talud de corte

Es el terminal recomendado ya que no expone ninguna pieza al tránsito y mantiene la altura de la barrera metálica hasta llegar a su extremo. Se preferirá enterrar la barrera sin esviaje al talud de corte, esto debido a que el esviaje aumenta el ángulo de impacto en un accidente.

En todo sector de la instalación de la barrera, se cuidará de mantener el terreno parejo, asegurando que se cumple la altura definida para la barrera en todo momento, incluyendo además, la eventual presencia de una cuneta al pie del corte.

Figura 7: Ejemplo de terminal abatido y esviado

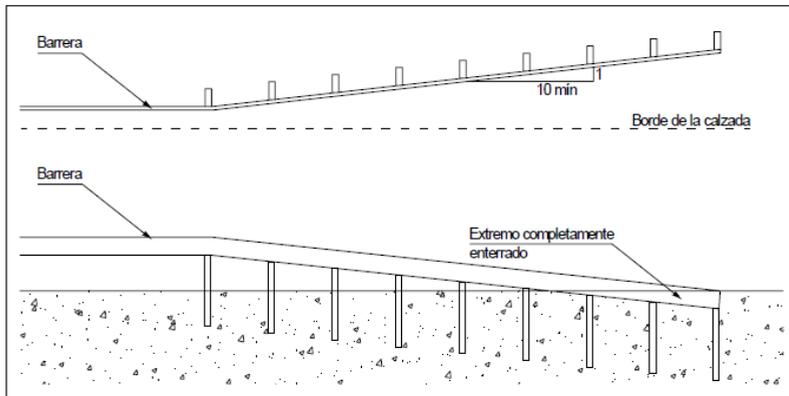
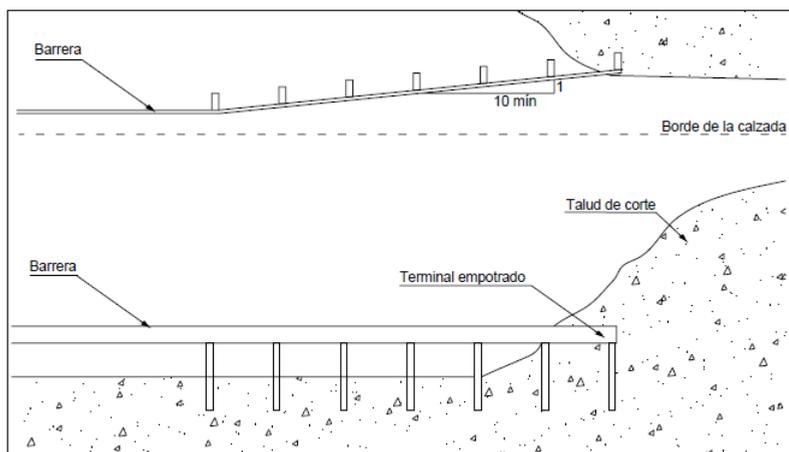


Figura 8: Ejemplo de terminal esviado y empotrado en talud de corte



#### A5.12.4. Terminal atenuador

El terminal atenuador es un sistema de contención que se adhiere a una barrera lateral en los extremos, con la finalidad de mitigar y disminuir la gravedad de un accidente al ser impactado por un vehículo. Los atenuadores son ensayados con vehículos livianos con un peso no mayor de 2,000 kilos y a una velocidad de 100 Km/h.

#### A5.13. TRANSICIONES Y CONEXIONES

La transición es un tramo de conexión entre dos barreras de seguridad de diferente sección transversal, diseño y/o comportamiento. Asimismo, las conexiones son también dispositivos que unen a la barrera de seguridad con otras estructuras como estribos de puente, muros de contención, túneles, etc. Las posibles transiciones y conexiones que se pueden presentar son:

- ✓ Triple onda a doble onda
- ✓ Doble onda a triple onda
- ✓ Barrera metálica a barrera de concreto
- ✓ Barrera metálica con estructura de concreto
- ✓ Entre otros

Los principios básicos para una buena transición y conexión son:

- a) **Conexión fuerte.-** El sector de empalme o conexión entre barreras metálicas o barrera metálica de aproximación y una barrera de concreto o estructura de concreto, debe ser resistente, de manera que en condiciones de impacto la conexión no colapse. Para la conexión con concreto se deberá dar preferencia al anclaje mediante pernos pasados en el concreto, cuyo número y características deberán estar en correspondencia con la necesidad de asegurar el funcionamiento del sistema. Las perforaciones en las barreras de concreto deberán ser consideradas durante la construcción in situ o venir de fábrica en el caso de elementos prefabricados.
- b) **Diseño que evite el enganchamiento.-** Las conexiones deben ser diseñadas para minimizar la probabilidad de enganchamiento con un vehículo fuera de control, incluyendo los que se dirijan en sentido contrario del tránsito en una vía bidireccional.
- c) **Una transición adecuada.-** Con el objeto de cambiar gradualmente la rigidez. Para la transición, la diferencia de nivel de contención entre dos barreras de seguridad debe ser de un nivel. Asimismo, la compatibilidad entre los anchos de trabajos de cada barrera de seguridad se puede aceptar hasta una diferencia de dos niveles de anchura de trabajo tomando en cuenta los valores dados por la normativa europea (Ver Tabla N° 04).

#### A5.14. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BARRERA DE SEGURIDAD

##### A5.14.1. Materiales

Si la barrera de seguridad es de material metálico y con protección anticorrosiva de galvanizado, estará formada por una serie continua de elementos longitudinales (vigas), soportes (postes), espaciador y accesorios (pernos, arandelas, tuercas, pieza angular, captafaros y topes), los cuales se podrá desmontar en caso de ser necesario, con el fin de proceder a su sustitución. Las barreras también pueden ser de concreto, cables, mixtas, o de otro material.



Las características específicas del material de cada elemento serán de acuerdo a lo estipulado en la prueba de impacto en el caso de una barrera de seguridad certificada. Estas especificaciones deberán estar basadas de acuerdo con las normas de control de calidad americanas o europeas según corresponda la prueba de impacto y de acuerdo con la Sección 03 Control de Materiales y Sección 04 Control de Calidad de las Generalidades del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.

#### **A5.14.2. Instalación**

La instalación de las barreras de seguridad certificadas se hará con las mismas características y especificaciones técnicas de los materiales, suelo y lugar donde fue instalada la barrera y de acuerdo a los documentos entregados por el laboratorio respectivo donde se ha realizado el ensayo de impacto con su debida certificación.

El proveedor deberá hacerse responsable de su instalación y armado de la barrera de seguridad, respetando las definiciones de las especificaciones técnicas del fabricante y resolviendo los problemas particulares que se presentan durante la instalación.

Para las barreras metálicas el comportamiento rígido o flexible de un poste de acero depende de dos factores: el primero de estos factores corresponde a la sección del poste, el segundo factor depende de su instalación. Por ello es fundamental que dicha instalación se realice de acuerdo con las instrucciones del fabricante (el fabricante deberá proporcionar el manual de instalación que permita obtener el comportamiento declarado en el ensayo, asimismo el manual de instalación se deberán incluir detalles de mantenimiento e inspección).

Algunos de los problemas que se presentan ocurren en el borde de terraplenes o de quebradas, en esos casos se debe poner especial cuidado en que exista suelo disponible para hincar el poste, ya que si se instala una barrera muy cerca al borde de un terraplén, ésta no tendrá suelo tras de sí para transmitirle su carga y el resultado será que la barrera al ser impactada se desplazará con el vehículo siendo incapaz de contenerlo.

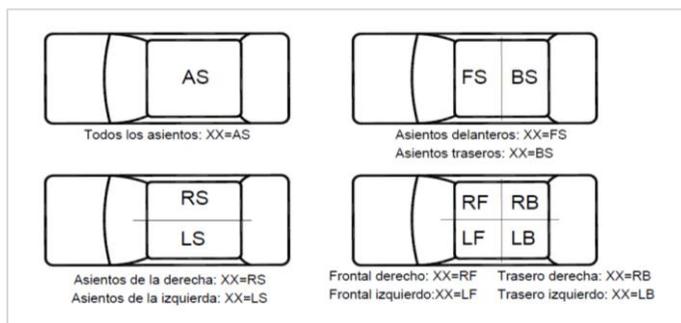
#### **A5.15. MANTENIMIENTO DE LA BARRERA DE SEGURIDAD**

Las barreras de seguridad deberán ser sometidas a labores de conservación, con la finalidad de que cumplan con su función prevista. La reposición parcial o total de los elementos de la barrera de seguridad deberá ser con el mismo material con la que fue diseñada.

## ANEXO 01 ÍNDICE DE DEFORMACIÓN DE LA CABINA DEL VEHÍCULO

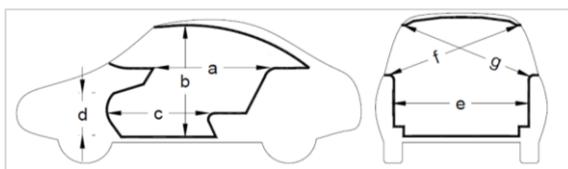
El índice de deformación de la cabina del vehículo consta de dos caracteres alfabéticos y de 7 caracteres numéricos, en la forma siguiente: XXabcdefg.

Donde la localización de la deformación de la cabina se indica por medio de los dos primeros caracteres alfabéticos XX, como se indica en la siguiente figura:



Los subíndices a, b, c, d, e, f y g indican el porcentaje de reducción de las 7 dimensiones interiores.

- Mínima distancia entre el salpicadero y la parte superior del asiento trasero
- Mínima distancia entre el techo y el piso
- Mínima distancia entre el asiento trasero y el panel del motor
- Mínima distancia entre la parte baja del salpicadero y el piso
- Mínima anchura interior entre los bordes inferiores de las ventanillas derechas e izquierda.
- Mínima distancia entre el borde inferior de la ventanilla derecha y el borde superior de la ventanilla izquierda.
- distancia entre el borde inferior de la ventanilla izquierda y el borde superior de la ventanilla derecha.



El valor de cada uno de estos 7 subíndices se determinará según la siguiente escala:

- Escala 0 --> Si la reducción es menor o igual al 3%
- Escala 1 --> Si la reducción es mayor del 3% y menor o igual al 10%
- Escala 2 --> Si la reducción es mayor del 10% y menor o igual al 20%
- Escala 3 --> Si la reducción es mayor del 20%, o no puede ser medido debido a la deformación.

Cuando las reducciones sean mayores del 10%, se deben incluir en el informe de ensayo fotografías de las partes deformadas.

Los aumentos en las dimensiones se deben registrar como "0"



## ANEXO 02 LISTA DE CHEQUEO

### BARRERAS DE SEGURIDAD CERTIFICADA

| <b>a. Datos generales</b>   |                          |                          |                      |       |  |       |
|---|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------|--|-------|
| Empresa:  |                          |                          |                      |       |  |       |
| Laboratorio:  |                          |                          |                      |       |  |       |
| Norma:  |                          |                          |                      |       |  |       |
| <b>b. Datos de la prueba</b>  |                          |                          |                      |       |  |       |
| Tipo de prueba o ensayo:  |                          |                          |                      |       |  |       |
| Velocidad:  |                          | km/h                     |                      | km/h  |  | km/h  |
| Masa del vehículo:  |                          | kg                       |                      | kg    |  | kg    |
| Ángulo de impacto:  |                          | °                        |                      | °     |  | °     |
| <b>c. Parámetros de control de la prueba</b>  |                          |                          |                      |       |  |       |
|   | <b>SI</b>                | <b>NO</b>                | <b>Observaciones</b> |       |  |       |
| ASI ≤ 1.9   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| Índice de severidad de impacto (A, B o C)   | <input type="checkbox"/> |                          |                      |       |  |       |
| THIV ≤ 33 km/h  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| PHD ≤ 20 g  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| Dentro de la caja de salida   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| El vehículo se vuelca   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| Índice de VCDI o OCDI (Escala)  | <input type="checkbox"/> |                          |                      |       |  |       |
| El vehículo cruza la barrera  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| Desprendimiento de barrera > 2.0 kg   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                      |       |  |       |
| <b>d. Características de la prueba</b>  |                          |                          |                      |       |  |       |
| Ancho de trabajo (W)  |                          | m                        |                      | m     |  | m     |
| Deflexión Dinámica (D)  |                          | m                        |                      | m     |  | m     |
| Intrusión del Vehículo (VI)   |                          | m                        |                      | m     |  | m     |
| Peso de la barrera  |                          | kg/ml                    |                      | kg/ml |  | kg/ml |
| Nivel de contención   |                          |                          |                      |       |  |       |
| <u>Nota:</u>  |                          |                          |                      |       |  |       |
| Como cada nivel de contención se realiza con dos o más tipos de vehículos, según la procedencia y normativa internacional (Estados Unidos de Norte Americana o de la Comunidad Europea) los valores considerados en esta lista de choqueo será el más desfavorable. |                          |                          |                      |       |  |       |
| Los cuadros serán llenados según la normativa que corresponde por cada tipo de barrera de seguridad.  |                          |                          |                      |       |  |       |

**ANEXO 03 NORMA UNE-EN 1317**
**Tabla ensayos de impacto de vehículos**

| Ensayo | Velocidad de impacto km/h | Ángulo de impacto (°) | Masa total kg | Tipo de vehículo              |
|--------|---------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------------|
| TB 11  | 100                       | 20                    | 900           | Turismo - (Ligero)            |
| TB 21  | 80                        | 8                     | 1300          | Turismo - (Ligero)            |
| TB 22  | 80                        | 15                    | 1300          | Turismo - (Ligero)            |
| TB 31  | 80                        | 20                    | 1500          | Turismo - (Ligero)            |
| TB 32  | 110                       | 20                    | 1500          | Turismo - (Ligero)            |
| TB 41  | 70                        | 8                     | 10,000        | Vehículo pesado no articulado |
| TB 42  | 70                        | 15                    | 10,000        | Vehículo pesado no articulado |
| TB 51  | 70                        | 20                    | 13,000        | Autobús - (Buses)             |
| TB 61  | 80                        | 20                    | 16,000        | Vehículo pesado no articulado |
| TB 71  | 65                        | 20                    | 30,000        | Vehículo pesado no articulado |
| TB 81  | 65                        | 20                    | 38,000        | Vehículo pesado articulado    |

Fuente: Tabla 1 – Ensayos de Impacto de Vehículos - Norma UNE-EN 1317-2

**Tabla 7: Niveles de Contención**

| Niveles de contención  |   |     | Ensayos de aceptación |                       |
|--|---|-----|-----------------------|-----------------------|
| Baja contención  | T1  |     | TB 21                 |                       |
|  | T2  |     | TB 22                 |                       |
|  |   | T3  | TB 41 y TB 21         |                       |
| Contención normal  | N1  |     | TB 31                 |                       |
|  | N2  |     | TB 32 y TB 11         |                       |
| Alta contención  |   | H1  | TB 42 y TB 11         |                       |
|  |   |     | L1                    | TB 42 y TB 32 y TB 11 |
|  |   | H2  |                       | TB 51 y TB 11         |
|  |   |     | L2                    | TB 51 y TB 32 y TB 11 |
|  |   | H3  |                       | TB 61 y TB 11         |
| Muy alta contención  |   |     | L3                    | TB 61 y TB 32 y TB 11 |
|  |   | H4a |                       | TB 71 y TB 11         |
|  |   | H4b |                       | TB 81 y TB 11         |
|  |   |     | L4a                   | TB 71 y TB 32 y TB 11 |
|  |   | L4b | TB 81 y TB 32 y TB 11 |                       |
| NOTA 1   | Los niveles de baja contención se usan únicamente en caso de barreras de seguridad temporales. Estas barreras se pueden ensayar también para niveles de contención superiores.  |     |                       |                       |
| NOTA 2   | Se debería considerar que una barrera ensayada con éxito para un nivel de contención determinado cumple con los requisitos de cualquier nivel inferior, excepto que N1 y N2 no incluyen al T3, los niveles H no incluyen a los niveles L, y los niveles H1, ..., H4b no incluyen al N2.   |     |                       |                       |
| NOTA 3   | Los ensayos TB 71 y TB 81 se incluyen en la norma debido a que en distintos países se han empleado vehículos pesados significativamente distintos para los ensayos y el desarrollo de barreras de seguridad de muy alta contención. Los niveles de contención H4a y H4b no deberían considerarse como equivalentes, no existiendo ninguna jerarquía entre ellos. lo mismo ocurre con los niveles L4a y L4b. |     |                       |                       |
| NOTA 4   | El comportamiento de las clases de contención L mejora con respecto a las correspondientes clases H mediante la adición de ensayos TB 32  |     |                       |                       |
| Para evaluación de un sistema de contención de vehículos dentro de los niveles de contención T3, N2, H1, H2, H3, H4a, H4b, L1, L2, L4a, L4b deben realizarse los siguientes ensayos: |   |     |                       |                       |
| a) un ensayo de acuerdo con el máximo nivel contención para ese sistema en particular; y   |   |     |                       |                       |
| b) ensayo (s) con turismo para verificar que la satisfactoria contención para el máximo nivel es también compatible con la seguridad de estos vehículos.                             |   |     |                       |                       |

Fuente: Tabla 2 – Niveles de contención - Norma UNE-EN 1317-2

Tabla 8: Parámetros de ensayo de las barreras de seguridad

| Nivel de contención | PARÁMETROS   |   |                                 |  |
|---------------------|--|---|---------------------------------|--|
|                     | Comportamiento de la barrera de seguridad (incluyendo pretilos) y del vehículo | Nivel de severidad del impacto ASI-THIV | Deformación del vehículo (VCDI) | Deformación de la barrera de seguridad (incluyendo pretilos) |
| T1                  | TB 21  | TB 21                                   | TB 21                           | TB 21  |
| T2                  | TB 22  | TB 22                                   | TB 22                           | TB 22  |
| T3                  | TB 41 + TB 21  | TB 21                                   | TB 21                           | TB 41 + TB 21  |
| N1                  | TB 31  | TB 31                                   | TB 31                           | TB 31  |
| N2                  | TB 32 +TB 11   | TB 32 +TB 11 <sup>a</sup>               | TB 32 +TB11                     | TB 32 +TB 11   |
| H1                  | TB 42 + TB 11  | TB 11                                   | TB 11                           | TB 42 + TB 11  |
| H2                  | TB 51 + TB 11  | TB 11                                   | TB 11                           | TB 51 + TB 11  |
| H3                  | TB 61 + TB 11  | TB 11                                   | TB 11                           | TB 61 + TB 11  |
| H4a                 | TB 71 + TB 11  | TB 11                                   | TB 11                           | TB 71 + TB 11  |
| H4b                 | TB 81 + TB 11  | TB 11                                   | TB 11                           | TB 81 + TB 11  |
| L1                  | TB 42 + TB 32 + TB 11  | TB 32 +TB 11 <sup>a</sup>               | TB 32 +TB11                     | TB 42 + TB 32 + TB 11  |
| L2                  | TB 51 + TB 32 + TB 11  | TB 32 +TB 11 <sup>a</sup>               | TB 32 +TB11                     | TB 51 + TB 32 + TB 11  |
| L3                  | TB 61 + TB 32 + TB 11  | TB 32 +TB 11 <sup>a</sup>               | TB 32 +TB11                     | TB 61 + TB 32 + TB 11  |
| L4a                 | TB 71 + TB 32 + TB 11  | TB 32 +TB 11 <sup>a</sup>               | TB 32 +TB11                     | TB 71 + TB 32 + TB 11  |
| L4b                 | TB 81 + TB 32 + TB 11  | TB 32 +TB 11 <sup>a</sup>               | TB 32 +TB11                     | TB 81 + TB 32 + TB 11  |

NOTA EL VCDI no es un criterio de aceptación.

<sup>a</sup> El nivel de severidad se determina por el valor más alto de ambos ensayos. Todos los resultados deben incluirse en el informe de ensayo según el anexo A de la EN 1317-2

Fuente: Tabla 6 – Parámetros de ensayo de las barreras de seguridad - Norma UNE-EN 1317-2

## ANEXO 04 - MATRIZ DE ENSAYO PARA BARRERAS LONGITUDINALES

Tabla matriz de ensayo para barreras longitudinales

| <b>MATRIZ DE ENSAYO PARA BARRERAS LONGITUDINALES</b> |                       |                    |                                     |                |                       |                  |  |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|--|
| Nivel de Ensayo                                      | Sección Barrera       | Código de ensayo   | Condiciones de impacto <sup>c</sup> |                |                       | Punto de Impacto | Criterios Evaluación (ver tabla 5.1 NCHRP REPORT 350 ) |
|  |                       |                    | Vehículo                            | Velocidad Km/h | Angulo de Impacto (°) |                  |  |
| 1  | Longitud de necesidad | 1-10               | 820C                                | 50             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S1-10 <sup>a</sup> | 700C                                | 50             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 1-11               | 2000P                               | 50             | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|  | Transición            | 1-20 <sup>d</sup>  | 820C                                | 50             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S1-20 <sup>a</sup> | 700C                                | 50             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 1-21               | 2000P                               | 50             | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
| 2  | Longitud de necesidad | 2-10               | 820C                                | 70             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S2-10 <sup>a</sup> | 700C                                | 70             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 2-11               | 2000P                               | 70             | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|  | Transición            | 2-20 <sup>d</sup>  | 820C                                | 70             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S2-20 <sup>a</sup> | 700C                                | 70             | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 2-21               | 2000P                               | 70             | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
| 3 nivel Básico                                       | Longitud de necesidad | 3-10               | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S3-10 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 3-11               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|  | Transición            | 3-20 <sup>d</sup>  | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S3-20 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 3-21               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
| 4  | Longitud de necesidad | 4-10               | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S4-10 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 4-11               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|  |                       | 4-12               | 8000S                               | 80             | 15                    | (b)              | A,D,G,K,M  |
|  | Transición            | 4-20 <sup>d</sup>  | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | S4-20 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|  |                       | 4-21               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|  |                       | 4-22               | 8000S                               | 80             | 15                    | (b)              | A,D,G,K,M  |

| MATRIZ DE ENSAYO PARA BARRERAS LONGITUDINALES |  |                    |                                     |                |                       |                  |  |
|---|--|--------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------|------------------|--|
| Nivel de Ensayo                               | Sección Barrera  | Código de ensayo   | Condiciones de impacto <sup>e</sup> |                |                       | Punto de Impacto | Criterios Evaluación (ver tabla 5.1 NCHRP REPORT 350 ) |
|   |  |                    | Vehículo                            | Velocidad Km/h | Angulo de Impacto (°) |                  |  |
| 5   | Longitud de necesidad  | 5-10               | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | S5-10 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | 5-11               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|   |  | 5-12               | 36000V                              | 80             | 15                    | (b)              | A,D,G,K,M  |
|   | Transición   | 5-20 <sup>d</sup>  | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | S5-20 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | 5-21               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
| 6   | Longitud de necesidad  | 6-10               | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | S6-10 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | 6-11               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|   |  | 6-12               | 36000T                              | 80             | 15                    | (b)              | A,D,G,K,M  |
|   | Transición   | 6-20 <sup>d</sup>  | 820C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | S6-20 <sup>a</sup> | 700C                                | 100            | 20                    | (b)              | A,D,F,H,I,(J),K,M                                      |
|   |  | 6-21               | 2000P                               | 100            | 25                    | (b)              | A,D,F,K,L,M  |
|   |  | 6-22               | 36000T                              | 80             | 15                    | (b)              | A,D,G,K,M  |
| a   | Ensayos opcionales ver sección 3.3.1- NCHRP REPORT 350.                      |                    |                                     |                |                       |                  |  |
| b   | Ver figura 3.1 - NCHRP REPORT 350, para el punto de impacto                  |                    |                                     |                |                       |                  |  |
| c   | Ver la sección 3.3.2 - NCHRP REPORT 350, para tolerancias                    |                    |                                     |                |                       |                  |  |
| d   | Los ensayos pueden ser opcionales. ver la sección 3.2.1.2 - NCHRP REPORT 350 |                    |                                     |                |                       |                  |  |
| e   | Los criterios entre paréntesis son opcionales (J)                            |                    |                                     |                |                       |                  |  |

Fuente: Tabla 3.1 Matriz de ensayo para barreras longitudinales, norma NCHRP REPORT 350

Nota: Según numeral 3.2.1.1 de la NCHRP REPORT 350, Los seis niveles de ensayo recomendados para evaluar las barreras longitudinales se presentan en la tabla 3.1, se refiere al glosario para las definiciones de longitud de necesidad (LDN) y transiciones. Estas guías son aplicables a barreras permanentes y barreras temporales usadas en zonas de trabajo o construcción. Salvo condiciones muy inusuales, normalmente una barrera temporal no se diseña para condiciones de impacto nivel de ensayo 3.

**Vehículos de ensayo:** 700C, 820C, 2000P, 8000S, 36000V y 36000T, los números significan peso del vehículo de ensayo en Kg., y las letras son los tipos de vehículos.

Tabla 9: Vehículos de ensayos de impacto

| Vehículos de ensayo | Letra | Masa (kg) | Tipos de vehículos                        |
|---------------------|-------|-----------|---|
| 700C                | C     | 700       | Vehículos Livianos - (Ligero)             |
| 820C                | C     | 820       | Vehículos Livianos - (Ligero)             |
| 2000P               | P     | 2,000     | Camionetas Pickup - (Ligero)              |
| 8000S               | S     | 8,000     | Camión de unidad simple - (Pesado)        |
| 36000V              | V     | 36,000    | Unidad Semirremolque tipo caja - (Pesado) |
| 36000T              | T     | 36,000    | Unidad Semirremolque tanque - (Pesado)    |

Fuente: Numeral 2.4 norma NCHRP REPORT 350

Fuente: Tabla 2-2, norma MASH

### ANEXO 05 : MATRICES DE PRUEBA RECOMENDADAS PARA BARRERAS LONGITUDINALES

Tabla: matrices de prueba recomendadas para barreras longitudinales

| Nivel de prueba | Sección de Barrera <sup>c</sup> | N° de prueba      | Vehículo | Velocidad de Impacto, <sup>a</sup> |       | Angulo de Impacto, <sup>a</sup> θ, Grado | Punto de impacto | Rango IS aceptable |       | Criterio de evaluación |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|----------|------------------------------------|-------|--|------------------|--------------------|-------|------------------------|
|                 |                                 |                   |          | mph                                | km/h  |  |                  | kip-ft             | kJ    |                        |
| 1               | Longitud de necesidad           | 1-10              | 1100C    | 31                                 | 50.0  | 25                                       | (c)              | ≥13                | ≥17.4 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 1-11              | 2270P    | 31                                 | 50.0  | 25                                       | (c)              | ≥27                | ≥36.0 | A,D,F,H,I              |
|                 | Transición                      | 1-20 <sup>d</sup> | 1100C    | 31                                 | 50.0  | 25                                       | (c)              | ≥13                | ≥17.4 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 1-21              | 2270P    | 31                                 | 50.0  | 25                                       | (c)              | ≥27                | ≥36.0 | A,D,F,H,I              |
| 2               | Longitud de necesidad           | 2-10              | 1100C    | 44                                 | 70.0  | 25                                       | (c)              | ≥25                | ≥34.2 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 2-11              | 2270P    | 45                                 | 70.0  | 25                                       | (c)              | ≥52                | ≥70.5 | A,D,F,H,I              |
|                 | Transición                      | 2-20 <sup>d</sup> | 1100C    | 46                                 | 70.0  | 25                                       | (c)              | ≥25                | ≥34.2 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 2-21              | 2270P    | 47                                 | 70.0  | 25                                       | (c)              | ≥52                | ≥70.5 | A,D,F,H,I              |
| 3               | Longitud de necesidad           | 3-10              | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 3-11              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 | Transición                      | 3-20 <sup>d</sup> | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 3-21              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
| 4               | Longitud de Necesidad           | 4-10              | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 4-11              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 4-12              | 10000S   | 56                                 | 90.0  | 15                                       | (c)              | ≥142               | ≥193  | A,D,G                  |
|                 | Transición                      | 4-20 <sup>d</sup> | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 4-21              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 4-22              | 10000S   | 56                                 | 90.0  | 15                                       | (c)              | ≥142               | ≥193  | A,D,G                  |
| 5               | Longitud de necesidad           | 5-10              | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 5-11              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 5-12              | 36000V   | 50                                 | 80.0  | 15                                       | (c)              | ≥404               | ≥548  | A,D,G                  |
|                 | transición                      | 5-20 <sup>d</sup> | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 5-21              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 5-22              | 36000V   | 50                                 | 80.0  | 15                                       | (c)              | ≥404               | ≥548  | A,D,G                  |
| 6               | longitud de necesidad           | 6-10              | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 6-11              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 6-12              | 36000T   | 50                                 | 80.0  | 15                                       | (c)              | ≥404               | ≥548  | A,D,G                  |
|                 | transición                      | 6-20 <sup>d</sup> | 1100C    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥51                | ≥69.7 | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 6-21              | 2270P    | 62                                 | 100.0 | 25                                       | (c)              | ≥106               | ≥144  | A,D,F,H,I              |
|                 |                                 | 6-22              | 36000T   | 50                                 | 80.0  | 15                                       | (c)              | ≥404               | ≥548  | A,D,G                  |

<sup>a</sup> Consulte la Sección 2.1.2 -norma MASH, para conocer las tolerancias en las condiciones de impacto.

<sup>b</sup> Ver Tabla 5-1 Norma MASH.

<sup>c</sup> Ver Figura 2-1 y la Sección 2.3.2 de la Norma MASH, para el punto de impacto.

<sup>d</sup> La prueba es opcional

## A5.16 AMORTIGUADORES DE IMPACTO

### A5.16.1 Generalidades y conceptos básicos

Los amortiguadores de impacto pueden considerarse como un caso particular de terminales de barrera.

Los objetivos principales de un amortiguador de impacto son evitar que se produzca una detención violenta y brusca del vehículo en un choque frontal con un punto duro o que algún elemento de una barrera doble penetre al compartimiento interior del móvil, y además, servir como terminal del sistema de contención en un impacto lateral.

Así, los amortiguadores de impacto tienen como función detener un vehículo de una manera controlada o redireccionarlo, evitando que impacte con un lugar de riesgo o un objeto fijo peligroso.

La mayoría de estos sistemas están diseñados para las solicitaciones impuestas por vehículos livianos, debido a que, generalmente, tanto en carreteras como en caminos no se cuenta con los espacios requeridos para ubicar los elementos que se necesitarían para disipar la energía de vehículos pesados. Aún con esta limitación, un amortiguador de impacto, diseñado para vehículos livianos, de ser impactado por un vehículo pesado, tendrá efectos positivos, especialmente si el accidente se produce a baja velocidad.

Los impactos con barreras sin amortiguadores adecuados son, por lo general, muy graves, ya que los extremos de éstas tienen una sección transversal pequeña y rígida, que fácilmente puede penetrar el habitáculo de un vehículo durante el accidente.

Es importante destacar que los amortiguadores de impacto son sistemas de contención certificados al igual que las barreras certificadas y, cualquiera sea su tipo, deberán cumplir con los requerimientos del Reporte 350 de la NCHRP, MASH o la Normativa EN-1317.

### A5.16.2 Clasificación de amortiguadores de impacto

Los amortiguadores de impacto se pueden clasificar en tres grupos:

- ✓ amortiguadores de impacto sin capacidad de redireccionamiento.
- ✓ amortiguadores de impacto con capacidad de redireccionamiento.
- ✓ amortiguadores de impacto móviles.

### A5.16.3 Tipos de amortiguadores de impacto

#### A5.16.3.1 Amortiguadores de impacto sin capacidad de redireccionamiento

Amortiguador de Impacto sin capacidad de redireccionamiento, es aquel que permite a un vehículo que impacte en un determinado ángulo, poder en general, atravesar el dispositivo manteniendo su trayectoria original.

Figura 9: Ejemplo de Amortiguador de Impacto sin capacidad de redireccionamiento



#### **A5.16.3.2 Amortiguadores de impacto con capacidad de redireccionamiento**

Se puede contar con una gran variedad de estos amortiguadores, cuyo funcionamiento se basa en distintas formas de lograr la disipación de energía al sufrir un impacto en su parte frontal y, el redireccionamiento del vehículo en caso de un choque lateral, pudiendo conducir al vehículo impactante a una detención controlada.

Figura 10: Ejemplo de Amortiguador de Impacto con capacidad de redireccionamiento



#### **A5.16.3.3 Amortiguadores de impactos móviles**

Los sistemas amortiguadores de impacto móviles, corresponden a aquellos que son instalados como dispositivo complementario de seguridad, en la parte posterior de vehículos o, en una plataforma que pueda desplazarse con el amortiguador.

Estos amortiguadores de impacto, se montan en aquellos vehículos, generalmente de servicio, que desarrollan trabajos en la vía o conservación de ella, que constituyen un serio obstáculo, sobre todo cuando deben transitar a bajas velocidades e incluso permanecer detenidos en la calzada y/o bermas. Ante un eventual impacto, estos dispositivos, cuya tecnología es similar a los sistemas fijos, protegen al camión y sus operadores, y a los ocupantes del vehículo colisionante.

Este sistema de contención, podrá ser utilizado en cualquier tipo de carretera o camino-

Figura 11: Ejemplo de Impacto Móvil



#### A5.16.4 Criterios de selección

Se escogerá el tipo de amortiguador de impacto que, cumpla con el Reporte 350 de la NCHRP, MASH o la Norma EN-1317, pueda satisfacer los requerimientos de seguridad vial especificados. Para esto el proyectista y el fabricante responsable del sistema de contención, podrán seleccionar de acuerdo a la gama de alternativas que existan en el mercado.

##### A5.16.4.1 Características del lugar

Luego de identificar la necesidad de un amortiguador de impacto, se debe analizar el espacio disponible en cada lugar. Esto asegura que el sistema seleccionado pueda funcionar correctamente y sea posible efectuar su mantenimiento después de un impacto, para de esta forma, lograr sus objetivos como elemento de seguridad vial.

Un factor importante será el análisis de las condiciones bajo las cuales fue ensayado el amortiguador de impacto, las cuales, junto con las limitantes, deben ser proporcionadas por el fabricante.

##### A5.16.4.2 Características estructurales y operativas de sistemas disponibles

En caso de estar analizando más de un sistema, el proyectista deberá evaluar los elementos estructurales y parámetros de seguridad de cada uno. Entre ellos, las deceleraciones, capacidad de redireccionamiento, requerimientos de anclaje o de muro de reacción y posibles escombros generados por impactos.

En general, los sistemas de contención con redireccionamiento tienen la capacidad de disipar la energía cinética de un vehículo ligero cuando son impactados de frente, a una velocidad de hasta de 110 km/h, llevando controladamente este vehículo a una condición detenida o redireccionándolo en un ángulo aceptable.

Tal como se ha mencionado, el espacio disponible y la capacidad de redireccionamiento, serán parámetros fundamentales para la selección de un amortiguador de impacto desde el punto de vista operacional.

#### A5.16.5 Condiciones de ensayo

La norma europea EN 1317, El Reporte 350 de la NCHRP y MASH, especifican los



procedimientos de ensayos y los criterios de evaluación a seguir en la medición de la efectividad de los sistemas de seguridad para carreteras.

La eficiencia estructural del amortiguador de impacto es evaluada por su capacidad de contener o redireccionar, en forma predecible y aceptable, las condiciones de impacto especificadas. Los ensayos deben ser satisfactorios en un rango selecto de distintos tamaños de vehículos. La unidad deberá conservarse intacta durante el impacto o bien sus restos no deben representar un riesgo para los usuarios de la vía.

La evaluación del riesgo de los ocupantes de un vehículo, está basada en la respuesta calculada de un móvil hipotético durante el impacto contra el elemento amortiguador. La cinemática del vehículo se usa para estimar la velocidad de impacto y desaceleraciones del ocupante durante el colapso del dispositivo, recomendándose valores límite.

Otro requerimiento esencial de un ensayo de impacto es que el vehículo se mantenga en posición vertical durante y después de la colisión y que se asegure la integridad del compartimento de pasajeros.

La trayectoria del vehículo después del impacto resulta altamente relevante, esto debido al gran riesgo involucrado para los diferentes usuarios de la vía, por lo tanto, es uno de los factores que deben controlarse. Sólo se podrá aceptar un mínimo de invasión de las pistas adyacentes después de la colisión.

#### **A5.16.6 Disposición de amortiguadores de impacto**

El espacio disponible y la disposición o ubicación donde deben ser instalados los amortiguadores de impacto tiene directa relación con la elección del tipo de dispositivo, el cual deberá ser materia de estudio por el proyectista.

## **ANEXO A6 REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)**

### **REDUCTORES DE VELOCIDAD TIPO RESALTO PARA EL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC)**

#### **A6.1 OBJETIVO**

La presente directiva tiene como objetivo normar y establecer los criterios básicos que deben ser considerados en el diseño, uso, construcción y mantenimiento de los reductores de velocidad tipo Resalto en el Sistema Nacional de Carreteras - SINAC.

#### **A6.2 FINALIDAD**

La finalidad de la presente directiva es reglamentar la construcción de los reductores de velocidad tipo resalto, con criterios técnicos que cumplan con su propósito de reducir las velocidades en las carreteras que atraviesan zonas urbanas, para seguridad de los peatones y evitando molestias a los conductores y daños a los vehículos.

#### **A6.3 COMPETENCIAS**

La autoridad competente para disponer la instalación de reductores de velocidad tipo Resalto en el Sistema Nacional de Carreteras, de conformidad con el Reglamento de Jerarquización Vial y el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, es la siguiente:

- ✓ El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por el Gobierno Nacional, a cargo de la Red Vial Nacional.
- ✓ Los Gobiernos Regionales, a cargo de su respectiva Red Vial Departamental o Regional.
- ✓ Los Gobiernos Locales, a cargo de su respectiva Red Vial Vecinal o Rural.

#### **A6.4 ALCANCE**

La presente Directiva es de alcance nacional y de cumplimiento por parte de las autoridades competentes con jurisdicción para reglamentar u orientar el tránsito en carreteras, que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que atraviesan zonas urbanas. Asimismo, puede hacerse extensivo su uso en las vías urbanas, a criterio de los Gobiernos Locales.

#### **A6.5 BASE LEGAL**

- ✓ Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial
- ✓ Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.
- ✓ Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
- ✓ Manual de Diseño Geométrico.
- ✓ TUO del Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito.
- ✓ Reglamento de Jerarquización Vial.
- ✓ Consejo Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile - Reductores de velocidad: cojines.
- ✓ Danish Road Standards, Urban Traffic Áreas – Part 7: Speed Reducers. Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México- Norma N.PRY-CAR-10-04-006/05 Dispositivos para Control de la Velocidad.

## A6.6 DISPOSICIONES TÉCNICAS

### A6.6.1 RESALTO

#### A6.6.1.1 Definición

Es un dispositivo estructural fijo, que opera como reductor de velocidad en los sectores de las carreteras que atraviesan las zonas urbanas, y que consiste en la elevación transversal de la calzada en una sección determinada de la vía.

#### A6.6.1.2 Función

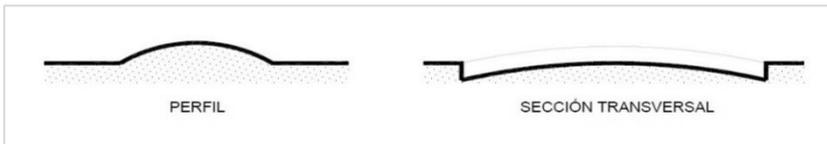
Reducir la velocidad de operación de los vehículos motorizados al ingresar a una zona de conflicto, asegurando que circulen con una velocidad controlada, lo cual permitirá un tránsito vehicular más seguro, disminuyendo los riesgos de accidentalidad y creando una armonía entre los usuarios de la vía y el entorno de la zona de influencia.

#### A6.6.1.3 Criterios de implementación

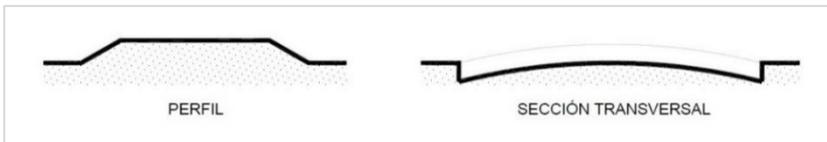
- a. Los reductores de velocidad tipo resalto sólo serán instalados en las carreteras o tramos viales en tangente que atraviesan zonas urbanas, donde la velocidad de operación sea igual o menor a 50km/h, y serán implementados junto con los elementos de señalización que adviertan al conductor de la presencia de este dispositivo.
- b. Cuando se encuentren velocidades de operación superiores a los 50km/h se deberá implantar una zona de aproximación, que permita reducirla gradualmente hasta la velocidad esperada.
- c. Se implementarán en aquellas zonas donde los vehículos regularmente no cumplen los límites de velocidades de operación establecidas por la señalización de la vía, de acuerdo al Reglamento Nacional de Tránsito - Vigente, representando esta acción un factor potencial de ocurrencia de accidentes.
- d. Estos dispositivos deben estar puntualmente identificados con colores y forma, que contrasten con la calzada y según lo especificado en la presente directiva.
- e. Se implementaran en zonas de transición de Rural a Urbano y viceversa donde exista iluminación en la vía con un sistema de iluminación diferenciada a efectos de garantizar la visibilidad oportuna del dispositivo, su localización y la presencia de peatones.
- f. La autoridad competente autorizará la construcción del resalto previo sustento de Estudio de Ingeniería Vial (implementación de los Dispositivos de control de tránsito, de acuerdo a lo establecido al Manual de Dispositivo de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras - Vigente) y verificará que cuente con la señalización vertical y horizontal correspondiente.
- g. Una vez que cesen las causas que justificaron su instalación, el resalto debe ser retirado.

#### A6.6.1.4 Tipos de resalto

- a) **Circular.-** Este tipo de resalto es de sección circular y puede colocarse en un solo carril o en toda la sección de la vía.



- b) **Trapezoidal.-** Este tipo de resalto es de sección trapezoidal y cubre toda la sección de la vía, también tiene la función de cruceo peatonal.



- c) **Virtual.-** Se denomina resalto virtual a una marca en el pavimento, el cual genera en el conductor la sensación de estar observando un resalto, con el propósito de inducirlo a disminuir la velocidad del vehículo. Por lo general se utiliza para complementar resaltos en serie.
- d) **Cojines.-** Este tipo de resalto no cubre toda la sección de la vía, su uso es para velocidades del orden de 50 a 60 km/h, con la finalidad de calmar la velocidad pero sin afectar la comodidad de los vehículos de emergencia, sin perjudicar el tiempo de respuesta en asistir, trasladar enfermos o heridos, incendios, etc.



## A6.7 ZONAS DE APROXIMACIÓN

### A6.7.1 Definición

Tipo de sistema de reductor de velocidad en área de aproximación de la calzada y adyacente a zona de alto riesgo de accidentes, constituida por señales horizontales y verticales.

### A6.7.2 Función

Causar una ilusión óptica al conductor para que disminuya la velocidad y/o advertirlo de la presencia de una zona de riesgo de accidentes.

### A6.7.3 Criterios de implementación

- ✓ En vías rurales.
- ✓ En tramos de transición de zona rural a urbana y viceversa.
- ✓ En tramos de aproximación a pasos a nivel de peatones.
- ✓ En tramos de aproximación a reductores de velocidad tipo resalto.
- ✓ Como complemento a de otros reductores de velocidad, entre otros.

### A6.7.4 Tipos

- ✓ Sin resalto, con líneas pintadas.
- ✓ Con resalto, con cintas prefabricadas con ligero resalto de aproximadamente 3 mm.

## A6.8 DISEÑO

### A6.8.1 Consideraciones generales

- ✓ Para realizar el diseño es necesario la inspección a la zona donde se proyecta instalar el dispositivo por el ingeniero especialista en señalización vial quien evaluará los impactos del dispositivo, así como la reasignación de flujos por vías alternas.
- ✓ Conocer la velocidad de operación en la carretera y la señalización existente.
- ✓ Planos de planta y sección transversal de la vía.
- ✓ Tipo de tráfico e índice medio diario anual (IMDA)
- ✓ Contar con los datos históricos sobre la accidentalidad e incidentes de la zona, denuncias de los residentes del lugar o usuarios de la vía y encuestas.

### A6.8.2 Dimensiones de los resaltos

#### A6.8.2.1 Resalto de sección circular

Las dimensiones recomendadas para los resaltos de sección circular de acuerdo a la velocidad esperada se muestran en la Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1: Radios y longitudes de cuerda para el resalto de sección circular

| Velocidad Esperada (Km/h) | Radio (m) | Longitud de Cuerda (m) | Velocidad durante el paso (Km/h) |
|---------------------------|-----------|------------------------|----------------------------------|
| 25                        | 15        | 3.5                    | 10                               |
| 30                        | 20        | 4.0                    | 15                               |
| 35                        | 31        | 5.0                    | 20                               |
| 40                        | 53        | 6.5                    | 25                               |
| 45                        | 80        | 8.0                    | 30                               |
| 50                        | 113       | 9.5                    | 35                               |

#### A6.8.2.2 Resalto de sección trapezoidal

Las dimensiones recomendadas para los resalto de sección trapezoidal se muestran en la Tabla 2 y Figura N 2.

Tabla 2: Longitudes de rampas y pendientes para resalto de sección trapezoidal

| Velocidad Esperada (Km/h) | Longitud de Rampa (m) | Pendiente (m) | Velocidad durante el paso (Km/h) |
|---------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|
| 25                        | 0.8                   | 12.5          | 5                                |
| 30                        | 1.0                   | 10.0          | 10                               |
| 35                        | 1.3                   | 7.5           | 15                               |
| 40                        | 1.7                   | 6.0           | 20                               |
| 45                        | 2.0                   | 5.0           | 25                               |
| 50                        | 2.5                   | 4.0           | 30                               |

La máxima elevación recomendada para los tipos de resalto de sección circular y trapezoidal es de 10cm y mínimo de 7cm. Las elevaciones mayores a 10cm ocasionarían daños a los vehículos.

Transitar a una velocidad de 5 Km/h por encima de la velocidad esperada con la dimensión de resalto indicada en las Tablas 1 y 2 producirá incomodidad a los ocupantes del vehículo.

#### **A6.8.2.3 Resalto virtual**

Para los resaltos virtuales la dimensión recomendada es de cuatro (4) metros de ancho a lo largo de la calzada.

#### **A6.8.2.4 Resalto de tipo cojines**

Las dimensiones recomendadas para los resalto de tipo cojines se muestran en la Figura N° 04. La separación entre los cojines no debe ser mayor al ancho de un vehículo liviano, y la distancia entre cojines y borde de la vereda se recomienda que sea mayor a un metro.

#### **A6.8.3 Dimensiones de la zona de aproximación**

- ✓ Serán líneas transversales al eje de la carretera de color blanco.
- ✓ La distribución de las líneas será en función a un espaciamiento logarítmico abarcara solo el carril de circulación en sentido de la aproximación.
- ✓ La distancia longitudinal y el número de líneas requeridas para estas marcas, está en función de la diferencia de velocidades de proyecto o de operación de la vía y la velocidad requerida para su restricción.
- ✓ Para el diseño tomar como guía Tabla 4 y el ejemplo de aplicación en la Figura 6 para el caso de una diferencia de velocidad de 20 km/h.
- ✓ La sección de cada línea pintada será de 60 cm. Para el caso de líneas con material prefabricado, también se exigirá bandas de 60 cm de sección.
- ✓ Las zonas de aproximación será complementada con las respectivas señales verticales tanto en carreteras con superficie de rodadura pavimentada o afirmada.
- ✓ Las zonas de aproximación en carreteras con superficie de rodadura afirmada se procuraran algún tipo de pavimento económico para la construcción de líneas transversales, caso contrario se implementara con las respectivas señales verticales.

### **A6.9 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

#### **A6.9.1 Resalto en carreteras pavimentadas**

##### **A6.9.1.1 Materiales**

El resalto puede ser de concreto asfáltico (en frío o en caliente), concreto Pórtland, de caucho u otro material.

Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar acorde al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras.

La demarcación del resalto, en el caso de utilizar pintura, será conforme a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento.

La calidad de los materiales empleados en la construcción deberá garantizar la estabilidad del resalto, su unión a la calzada y durabilidad.

### A6.9.1.2 Construcción

En la construcción del resalto de concreto asfáltico se aplicará una impregnación bituminosa o riego de liga para la adherencia en el pavimento existente. La obtención de la forma requerida del resalto será mediante plantillas de madera o metal, una vez obtenida la forma apropiada, debidamente compactada, se agregará gravilla para incrementar la rugosidad. (Ver Figura 1 y 2).

En el caso de los resaltos de Concreto Portland se debe realizar el corte y retiro del pavimento existente y luego excavar de acuerdo al diseño (Ver Figura N° 01, 02 y 03). Para los resaltos de caucho u otro material, estos podrán ser prefabricados y serán instalados de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

Para evitar la acumulación de agua en los extremos de los resaltos se debe contar con un sistema de drenaje adecuado. Entre las posibles soluciones a considerar, se recomienda construir una canaleta o sumideros a los bordes del resalto.

Con el objetivo de evitar riesgos de accidentes, tanto la construcción, y señalización del resalto son actividades que deben realizarse en forma simultánea. En ningún caso podrán estar desfasadas en el tiempo unas respecto de las otras.

Si se requiere la instalación de resaltos consecutivos, los espaciamientos recomendados entre resaltos en zonas urbanas son los siguientes:

Tabla 3: Espaciamiento entre Resaltos en zonas urbanas

| Velocidad de paso del primer resalto (km/h) | Espaciamiento (m)                            |    |    |    |     |     |     |
|---|--|----|----|----|-----|-----|-----|
|   | 20   | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|   | Velocidad de operación entre resaltos (km/h) |    |    |    |     |     |     |
| 20  | 13   | 14 | 15 | 16 | 18  | 19  | 20  |
| 25  | 15   | 16 | 17 | 18 | 20  | 21  | 22  |
| 30  | 17   | 18 | 19 | 20 | 22  | 23  | 24  |
| 35  | 19   | 20 | 21 | 22 | 24  | 25  | 26  |

Fuente: Traffic Advisory Leaflet 2/96 del Departamento de Transporte de Londres.

### A6.10 RESALTO EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

La necesidad de reductores de velocidad tipo resalto también se da en las carreteras no pavimentadas unidireccionales o bidireccionales. En este caso se tomarán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Respecto a su geometría, disposición y señalización, el resalto será conforme a lo previsto en esta norma.
- ✓ Se construirán con el mismo tipo de material y características técnicas de capa granular de rodadura existente. También pueden construirse del tipo diferenciado, es decir de tipo de material diferente a la capa granular de rodadura existente, en cuyo caso serán de las mismas características de los materiales utilizados para resalto en carreteras pavimentadas.
- ✓ Las características de los materiales, en lo que corresponda, deberán estar

acorde al Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.

### **A6.11 ILUMINACION**

Todos los reductores de velocidad tipo resalto deberán contar con iluminación nocturna a efectos de garantizar su visibilidad, localización y presencia de peatones en su caso, por parte de los conductores. Por lo tanto debe ubicarse cercano a un poste de iluminación, en caso no existiera, se debe considerar su instalación.

En caso que exista iluminación en la vía, el dispositivo debe contar con un sistema de iluminación diferenciada, a efecto de garantizar a los conductores la visibilidad oportuna del dispositivo.

### **A6.12 SEÑALIZACION**

Para permitir una apropiada percepción del resalto durante el día, la noche y ante cualquier circunstancia, tanto en la travesía como en el entorno del resalto, se debe de utilizar elementos de señalización que a continuación se detalla:

#### **A6.12.1 Señalización vertical**

El diseñador deberá implementar la instalación de señales verticales: reglamentarias, preventivas e informativas en la zona de aproximación al resalto, de acuerdo al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

La señalización de ubicación del resalto en carreteras no pavimentadas debe ser diferenciada conforme se muestra en la Figura Nº 05 y de conformidad a lo especificado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras. También se podrá utilizar otro tipo de material de especificación especial que cumpla con resaltar la presencia de este elemento.

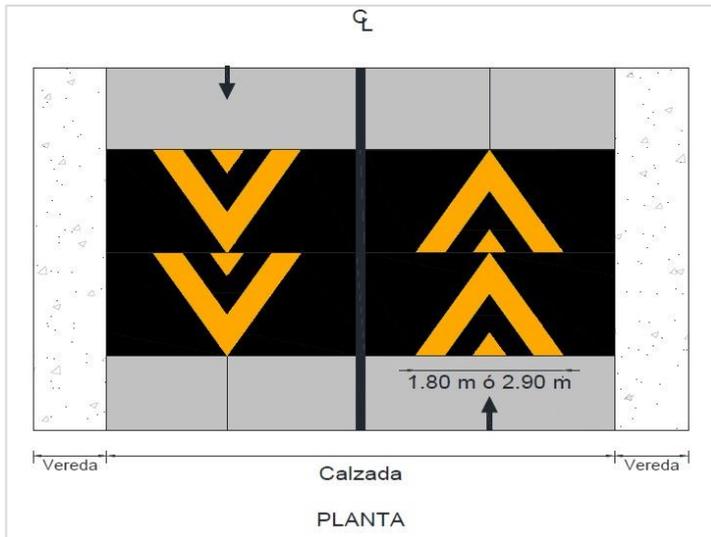
#### **A6.12.2 Señalización horizontal**

##### **a. Resalto de sección circular y virtual**

Será pintado con franjas diagonales alternadas, de color negro y amarillo, de treinta (30) o cincuenta (50) centímetros de ancho, y con una inclinación máxima de cuarenta y cinco grados (45°) hacia ambos lados respecto al eje de simetría del carril, abarcando todo el ancho del reductor, para que sea visible en cualquier sentido del tránsito vehicular. La máxima separación entre las líneas diagonales será de 1.80 m ó 2.90 m según la sección del carril. Las dimensiones antes citadas, se aplicaran en función a dar la máxima visibilidad a toda la longitud del resalto y que la señal sea de fácil interpretación.

Como parte de la señalización, cuando se justifique, se puede incorporar tachas retrorreflectivas dentro el cuerpo del resalto y a lo largo de la zona de contacto con la superficie de rodadura, que indique al usuario la presencia de estos elementos en las noches.

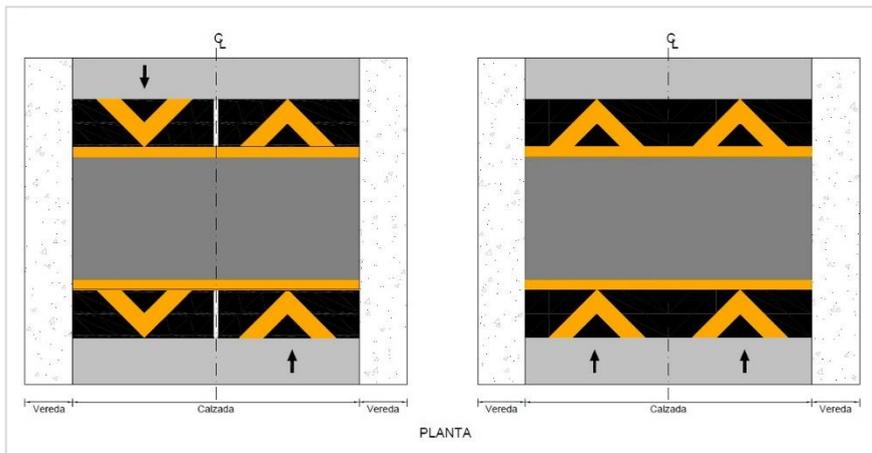
Figura 1: Ejemplo Resalto de Sección Circular y Vertical



**b. Resalto de sección trapezoidal**

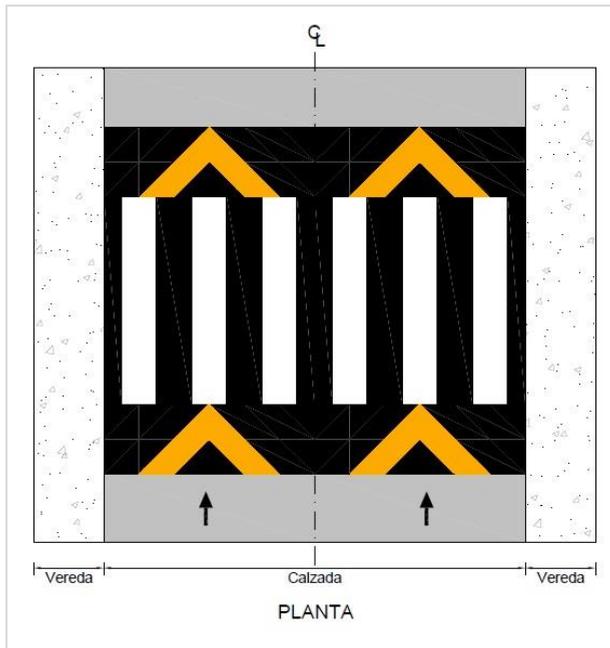
Será pintado con flechas de color amarillo, de espesor de medio metro (0.50m) y la dirección según el sentido del tránsito. En los bordes de la sección plana se marcarán con líneas de color amarillo y fondo negro.

Figura 2: Ejemplo Resalto de Sección Trapezoidal



En vías urbanas, en caso se justifique, la sección plana de los resaltos tipo trapezoidal podrá contar con líneas de paso peatonal.

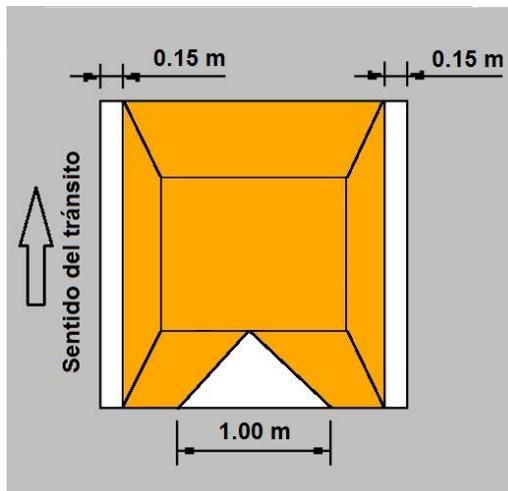
Figura 3: Ejemplo Resalto de Sección Trapezoidal



### c. Resalto tipo cojín

Será de color amarillo, y a los costados del cojín será demarcado por una línea blanca de quince centímetros (15 cm) de ancho a lo largo del cojín, y una flecha de color blanco de un metro de ancho (1 m) de acuerdo al sentido del tránsito así como se muestra a continuación.

Figura 4: Ejemplo Resalto Tipo Cojín



### A6.13 BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA

Las bandas transversales de alerta, es otro tipo de reductor de velocidad que

puede ser implementado en la zona de aproximación a un reductor de velocidad tipo resalto u otro tipo, zonas de conflicto de tránsito vehicular motorizado y no motorizado, peatonal y en zonas de aproximación a curvas horizontales y verticales en las que se haya detectado un nivel elevado de accidentalidad debido a un exceso de velocidad (Ver figura 6).

Las bandas transversales de alerta están constituidas por grupos de bandas blancas dispuestas en forma transversal a la vía con un espesor promedio de 0,60 m, y se clasifican en tres grupos:

- ✓ Las fresadas, que son las que quedan por debajo de la rasante del pavimento cuya profundidad no puede ser superior a 10 mm.
- ✓ Las realzadas, que quedan por encima de la rasante del pavimento cuya altura no puede ser superior a 10 mm.
- ✓ Las sin realzar, están al mismo nivel del pavimento.

Se recomienda que las bandas fresadas y realzadas no deban instalarse en la proximidad de zonas habitadas ya que pueden producir molestias a causa del ruido que ocasionarían los vehículos al circular sobre ellas. Para su instalación se debe realizar un análisis de impacto acústico en las viviendas cercanas.

En la Tabla 4 se muestra el espaciamiento de las bandas alertadoras en función a la diferencia de velocidades, entre la velocidad de operación de la vía con la velocidad esperada al resalto.

#### **A6.14 MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS**

Los resaltos y demás dispositivos de la zona de aproximación (sistema de reducción de velocidad) deberán ser sometidos a labores de conservación, con la finalidad que cumplan con su función prevista y que deben estar a cargo de la Autoridad competente.

#### **A6.15 EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO**

Corresponde a la Autoridad competente realizar una gestión de valoración del impacto y análisis del dispositivo implementado mediante un monitoreo, para ello tendrá en cuenta la información estadística de accidentes un año antes y después de la implementación del sistema de reducción de velocidad, las sugerencias de los propios usuarios mediante encuestas, observaciones y recomendaciones del personal profesional a su cargo, entre otros. De esta manera se evaluará la eficacia de este dispositivo antes y después de su instalación.

Todos los reductores de velocidad tipo resalto instalados en el Sistema Nacional de Carreteras-SINAC deben ser inspeccionados y homologados en un plazo máximo de un (01) año. En caso de no cumplir con los requisitos aquí planteados deben ser eliminados.

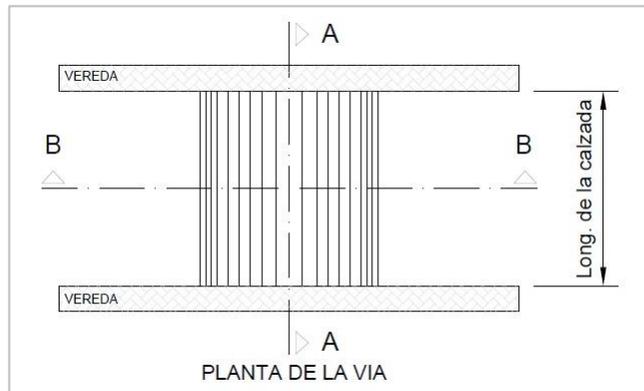
Tabla 4: Espaciamiento entre las bandas transversales

| DIFERENCIA DE VELOCIDADES (km/h)                         | 20           | 30            | 40            | 50            |
|--|--------------|---------------|---------------|---------------|
| NUMERO DE LINEAS   | 13           | 20            | 26            | 32            |
| <b>e1</b>  | 3.55         | 3.15          | 3.10          | 3.10          |
| <b>e2</b>  | 3.85         | 3.30          | 3.20          | 3.15          |
| <b>e3</b>  | 4.15         | 3.45          | 3.30          | 3.25          |
| <b>e4</b>  | 4.50         | 3.65          | 3.45          | 3.35          |
| <b>e5</b>  | 4.95         | 3.85          | 3.60          | 3.45          |
| <b>e6</b>  | 5.50         | 4.05          | 3.75          | 3.55          |
| <b>e7</b>  | 6.10         | 4.30          | 3.90          | 3.65          |
| <b>e8</b>  | 6.95         | 4.55          | 4.05          | 3.75          |
| <b>e9</b>  | 8.05         | 4.85          | 4.25          | 3.90          |
| <b>e10</b>   | 9.55         | 5.25          | 4.45          | 4.05          |
| <b>e11</b>   | 11.75        | 5.65          | 4.65          | 4.20          |
| <b>e12</b>   | 15.25        | 6.10          | 4.90          | 4.35          |
| <b>e13</b>   |              | 6.70          | 5.15          | 4.50          |
| <b>e14</b>   |              | 7.40          | 5.45          | 4.70          |
| <b>e15</b>   |              | 8.25          | 5.80          | 4.90          |
| <b>e16</b>   |              | 9.30          | 6.20          | 5.10          |
| <b>e17</b>   |              | 10.70         | 6.60          | 5.35          |
| <b>e18</b>   |              | 12.55         | 7.15          | 5.60          |
| <b>e19</b>   |              | 15.25         | 7.70          | 5.90          |
| <b>e20</b>   |              |               | 8.40          | 6.25          |
| <b>e21</b>   |              |               | 9.25          | 6.60          |
| <b>e22</b>   |              |               | 10.25         | 7.00          |
| <b>e23</b>   |              |               | 11.50         | 7.40          |
| <b>e24</b>   |              |               | 13.10         | 7.95          |
| <b>e25</b>   |              |               | 15.25         | 8.50          |
| <b>e26</b>   |              |               |               | 9.20          |
| <b>e27</b>   |              |               |               | 10.00         |
| <b>e28</b>   |              |               |               | 10.90         |
| <b>e29</b>   |              |               |               | 12.05         |
| <b>e30</b>   |              |               |               | 13.50         |
| <b>e31</b>   |              |               |               | 15.25         |
| <b>Long. de espaciamento(<math>\Sigma e_i</math>)</b>    | 84.15        | 122.30        | 158.40        | 194.40        |
| <b>Ancho de línea (<math>\Sigma AL</math>)</b>           | 7.80         | 12.00         | 15.60         | 19.20         |
| <b>LONG. TOTAL (<math>\Sigma e_i + \Sigma AL</math>)</b> | <b>91.95</b> | <b>134.30</b> | <b>174.00</b> | <b>213.60</b> |

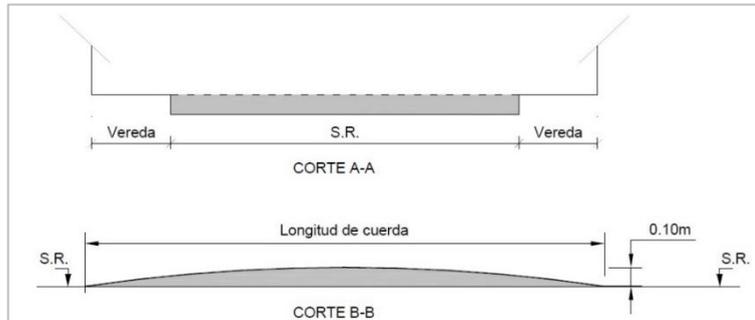
## EJEMPLOS

Figura 5: Resalto de Sección Circular

### 1. PLANTA TÍPICA

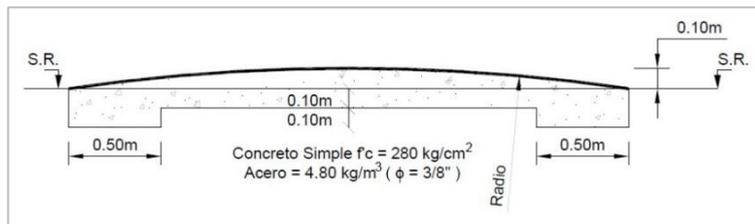


### 2. DIMENSIONAMIENTO



### 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE RESALTO

#### 3.1 DE CONCRETO PORTLAND



#### 3.2 DE CONCRETO ASFÁTICO

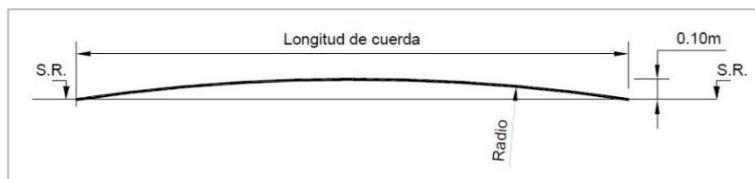
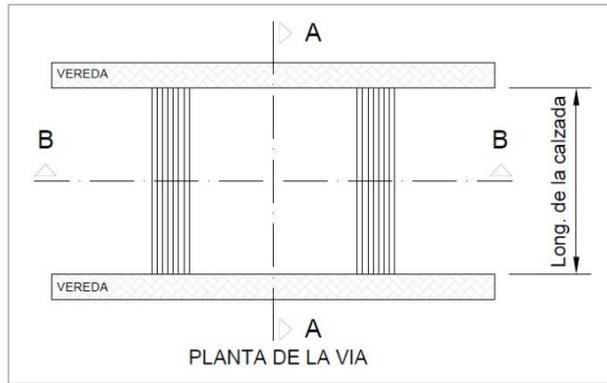
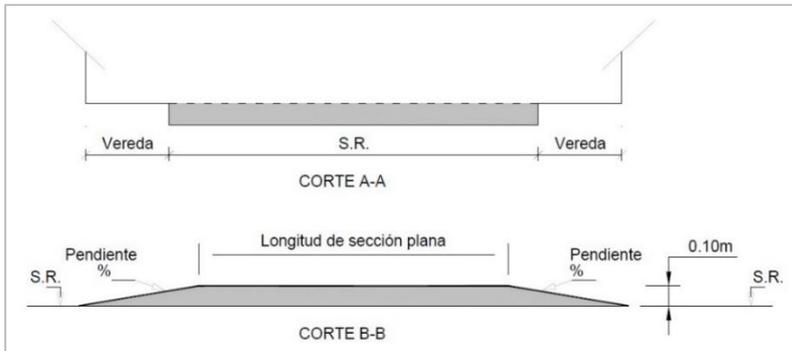


Figura 6: Resalto de Sección Trapezoidal

1. PLANTA TÍPICA

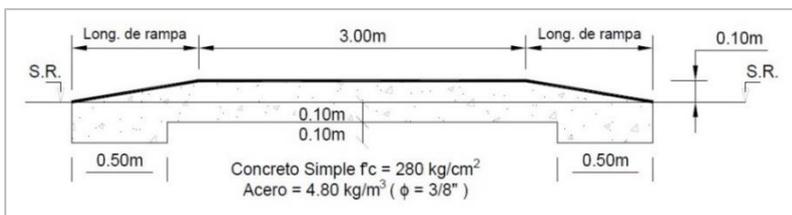


2. DIMENSIONAMIENTO



3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE RESALTO

3.1 DE CONCRETO PORTLAND



3.2 DE CONCRETO ASFALTICO

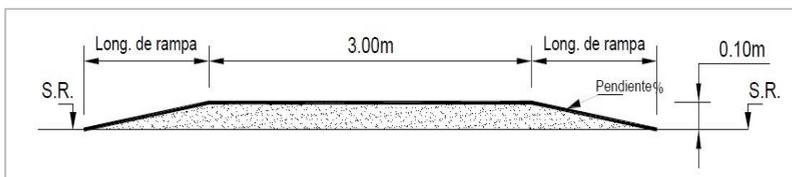


Figura 7: Detalle del Refuerzo para Resalto de Concreto Portland

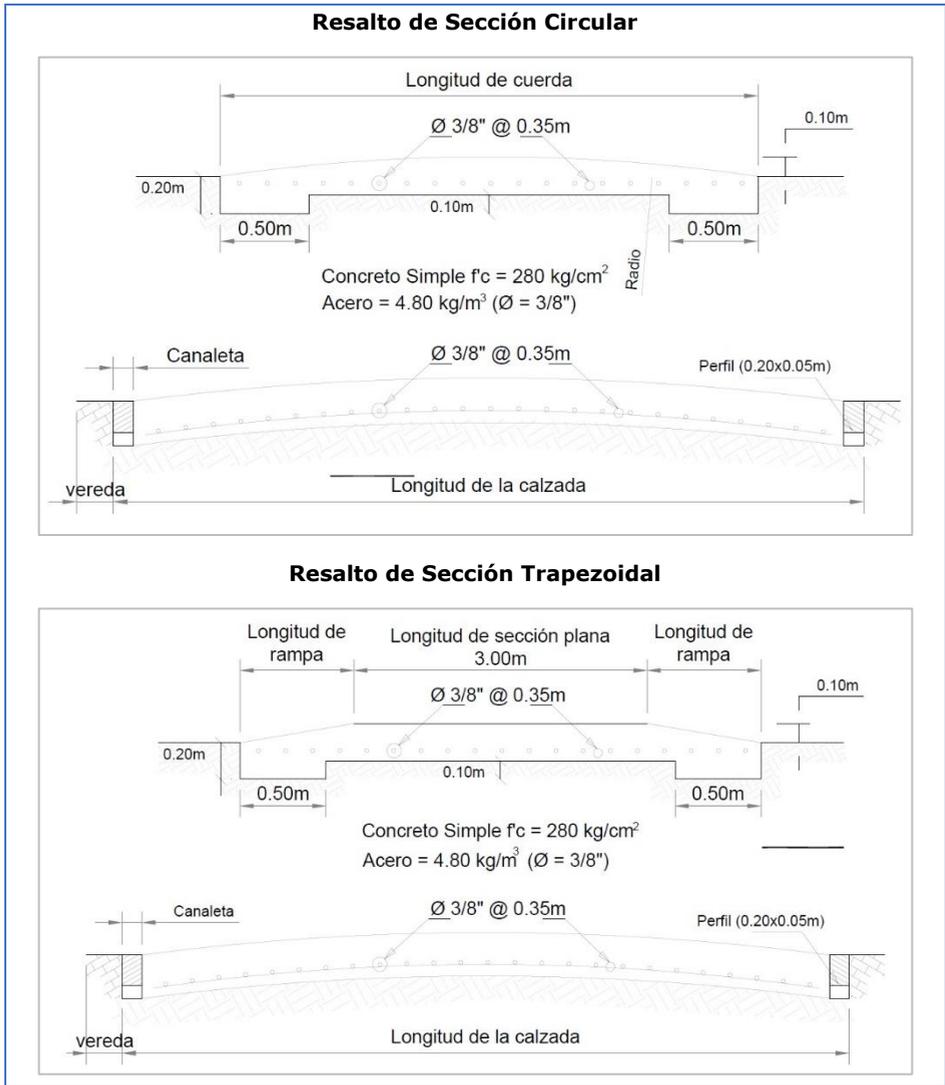


Figura 8: Resalto Cojín

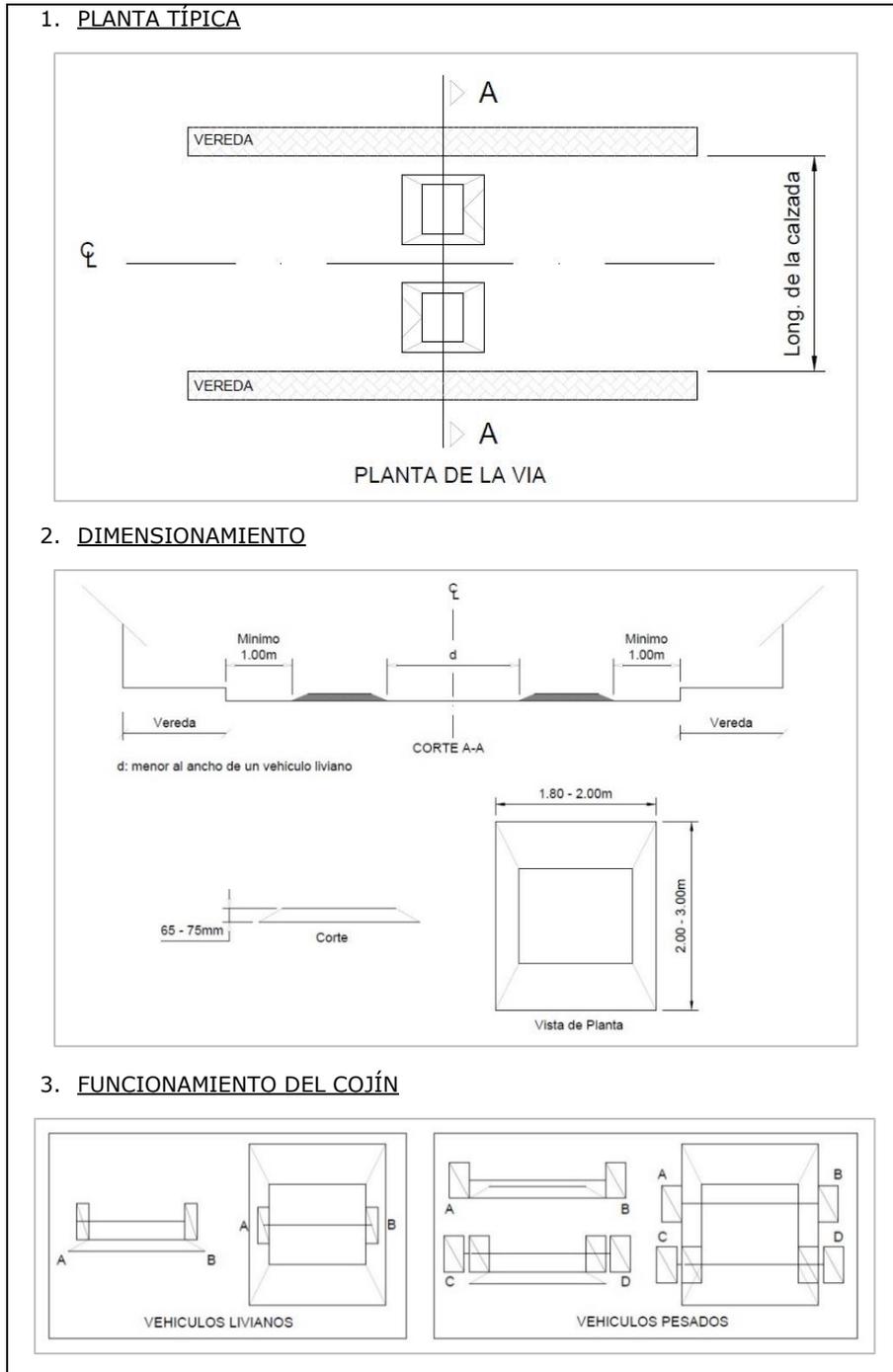


Figura 9: Resalto en Carreteras No Pavimentadas

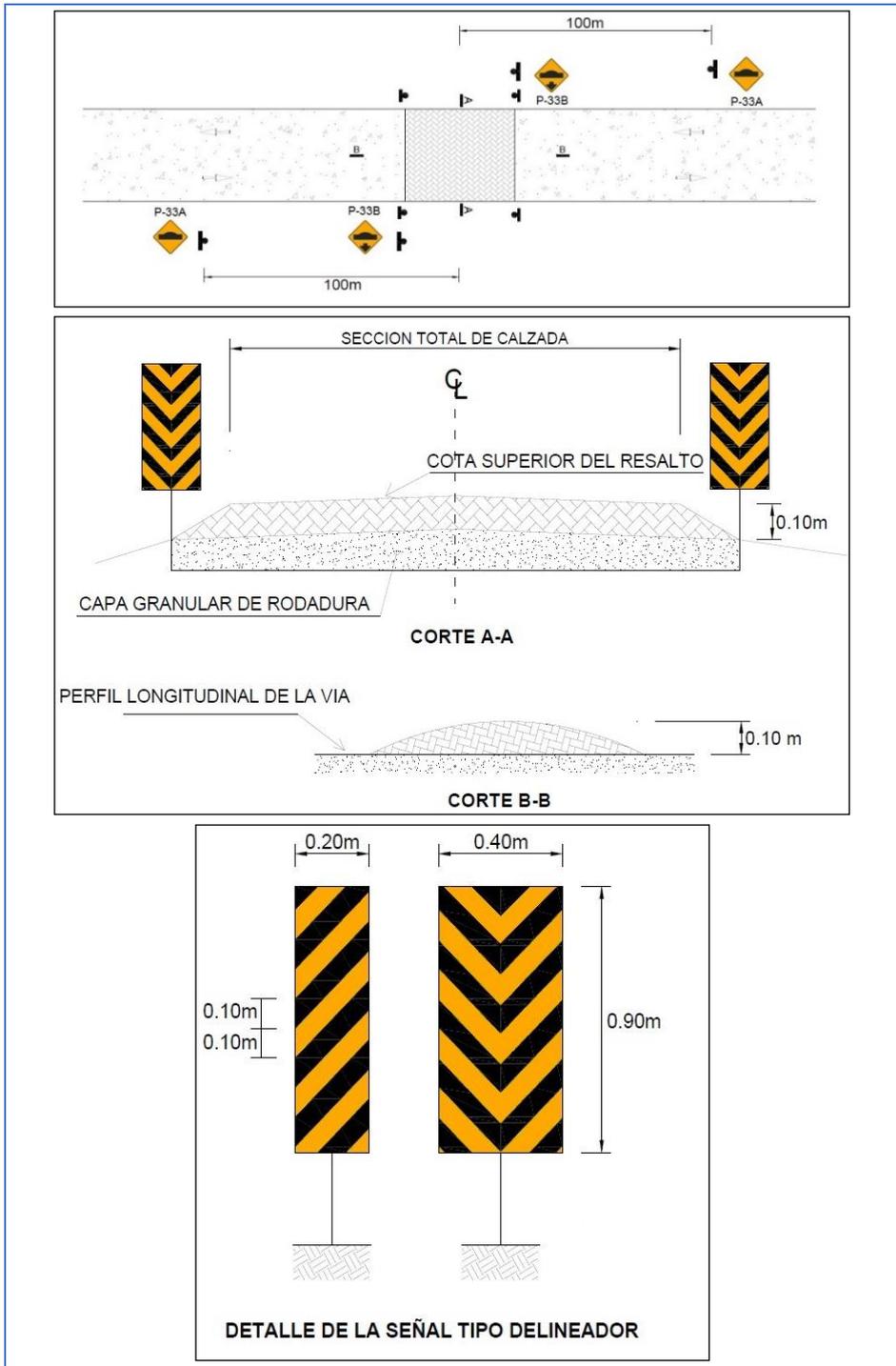


Figura 10: Bandas Transversales de Alerta

