REPUBLICA DEL PERU

Resolución Directoral

N° 19-2016-MTC/14
Lima, 06 de junio del 2016.

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, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, asimismo, 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:

ICG
Difundido por:
ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org

N° 19-2016-MTC/14
Lima, 06 de junio del 2016.

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 ha presentado 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 ha sustentado tal proyecto normativo, con Informe N° 006-2016-MTC/14.04.GTMSV-JMFC/JCFC de fecha 30 de mayo del 2016;

Que, el 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", señala, en su artículo 14°, que las entidades públicas deben disponer la publicación de los proyectos de norma de carácter general que sean de su competencia, en el Diario Oficial "El Peruano", en sus Portales Electrónicos o mediante cualquier otro medio, en un plazo no menor a treinta (30) días, a la fecha prevista para su entrada en vigencia, salvo casos excepcionales, debiendo permitir que las personas interesadas formulen comentarios sobre las medidas propuestas;

Que, en concordancia con esta norma, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones emitió la Directiva N° 001-2011-MTC/01-Directiva que establece el procedimiento para realizar la publicación de proyectos de normas legales, aprobada por Resolución Ministerial N° 543-2011-MTC/01; la cual ha previsto en su Numeral 6.2.5 que, en el caso de normas legales de rango inferior a una Resolución Viceministerial o a una Resolución de Secretaría General, la publicación se aprobará mediante la emisión del dispositivo legal que corresponda, según la Unidad Orgánica que proponga la norma;

Que, de acuerdo con ello, y siendo que el Manual de Seguridad Vial será aprobado por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles mediante una resolución directoral (norma de rango inferior a las señaladas en el numeral 6.2.5 de la Directiva); la publicación del proyecto presentado deberá ser autorizada por esta Dirección General;

Que, asimismo, la Directiva N° 001-2011-MTC/01 ha establecido en su Numeral 6.3, que los comentarios, observaciones y sugerencias de los usuarios y administrados, se recibirán por escrito y mediante correo electrónico;

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

Difundido por:
ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org

REPUBLICA DEL PERU

Resolución Directoral

N° 19-2016-MTC/14

Lima, 06 de junio del 2016.

De conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, la Directiva N° 001-2011-MTC/01 y en uso de las facultades previstas en la Resolución Ministerial N° 006-2016-MTC/01;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Disponer la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial "El Peruano" y en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, www.mtc.gob.pe.

ARTICULO SEGUNDO.- Disponer la publicación del proyecto del Manual de Seguridad Vial en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, www.mtc.gob.pe., por un plazo de treinta (30) días hábiles, contados a partir de la publicación de la presente resolución; con el objeto de recibir los comentarios, observaciones, y sugerencias de la ciudadanía en general.

Tales opiniones podrán ser formuladas por: escrito (Jr. Zorritos N° 1203-Cercado de Lima), vía fax (615-7841), o correo electrónico (proyectonormas@mtc.gob.pe); correspondiendo a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles la atención final de las mismas.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
REPUBLICA DEL PERU
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

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

ICG
Difundido por:
ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org

PROYECTO

TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Proyecto de **"Manual de Seguridad Vial"** que contiene las normas, guías y procedimientos para la gestión de la infraestructura vial en materia de seguridad vial. Incluye el diseño de los dispositivos y elementos de seguridad vial.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, pone a consideración del público interesado el contenido del proyecto de **"Manual de Seguridad Vial"**, a fin de que remitan sus opiniones y sugerencias por escrito a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Jr. Zorritos 1203 Cercado de Lima, vía fax al N° 6157841 o vía correo electrónico a proyectonormas@mtc.gob.pe dentro del plazo de treinta (30) días hábiles, de acuerdo al formato siguiente:

MANUAL DE SEGURIDAD VIAL

Capítulo, Sección, Tópico	Comentarios(*)
1°	
2°	
Comentarios Generales:	

(*)Adjunte los documentos sustentatorios de sus comentarios de ser pertinente.

Difundido por:
ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles





MANUAL DE SEGURIDAD VIAL

MSV - 2016





VERSIÓN, MAYO 2016

PERÚ PROGRESO PARA TODOS

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y FACTORES HUMANOS 13

1.1 INTRODUCCIÓN 13
1.2 AUTORIDAD LEGAL 14
1.3 PROPÓSITO Y OBJETIVO DEL MSV 15
1.4 ALCANCE DEL MANUAL 15
1.5 ORGANIZACIÓN Y MANEJO DEL MANUAL 16
1.5.1 Relación entre las Secciones del MSV 17
1.5.2 Limitaciones del MSV 17
1.5.3 Relación del MSV a Proyectos de Ingeniería 18
1.6 DESARROLLO DE LA SEGURIDAD VIAL A NIVEL MUNDIAL 18
1.6.1 Década de Acción de las Naciones Unidas 19
1.6.2 Visión Cero 27
1.6.3 La Seguridad Vial en Perú 28
1.7 LAS COLISIONES COMO BASE DEL ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD VIAL 36
1.7.1 La Seguridad Vial Objetiva y Subjetiva 36
1.7.2 Aleatoriedad de las Colisiones 36
1.7.3 Factores Contribuyentes a las Colisiones 36
1.8 ROL DEL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD VIAL 37
1.9 EL MODELO DE CONDUCCIÓN 38
1.10 CARACTERÍSTICAS Y LIMITANTES DEL CONDUCTOR 40
1.10.1 Tiempo de Percepción y Reacción 46
1.10.2 Usuarios Vulnerables 50
1.10.3 Edad de Usuarios 51
1.10.4 Conducción Distraída 52
1.10.5 Alcohol y Somnolencia 53
1.11 ORIENTACIÓN POSITIVA 54
1.12 RELACIÓN DISEÑO - CONDUCTOR 55
1.12.1 Vías Urbanas 55
1.12.2 Vías Rurales 55
1.13 PROGRAMAS EDUCATIVOS 65
1.13.1 Propósito 65
1.13.2 Programas Educativos en el Perú 65
1.13.3 La Educación en Seguridad Vial 67

CAPÍTULO 2. INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN 69

2.1 INTRODUCCIÓN 69
2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO 69
2.3 ZONAS LATERALES Y MEDIANAS 70
2.3.1 El Concepto de Carreteras que Perdonan 70
2.3.2 Zona Libre de Obstáculos 70
2.3.3 Obstáculos Fijos 73
2.3.4 Diseño Geométrico de los Márgenes Viales 75
2.3.5 Elementos de Drenaje 81
2.3.6 Segregación del Tránsito No-Motorizado 84
2.4 SISTEMAS DE CONTENCIÓN 95
2.4.1 Introducción 95

2.4.2 Conceptos Básicos 95
2.4.3 Terminología 96
2.4.4 Referencias Normativas y Procedimientos 98
2.4.5 Certificación de los Sistemas de Contención 99
2.4.6 Barreras de Contención 101
2.4.7 Terminales de Barrera 104
2.4.8 Amortiguadores de Impacto 109
2.4.9 Transiciones y Conexiones 111
2.4.10 Proceso de Diseño de los Sistemas de Contención 112
2.4.11 Pistas de Emergencia 119
2.4.12 Tipos de Materiales 126
2.5 SUPERFICIES DE RODADURA 127
2.5.1 Introducción 127
2.5.2 Durante el Diseño de un Pavimento 128
2.5.3 Durante el Período de la Ejecución y Operación de un Pavimento 129
2.5.4 Siniestros con Condiciones Climáticas Húmedas y Fricción del Pavimento 129
2.5.5 Perfil de la Superficie 130
2.5.6 Tratamientos para Aumentar el Coeficiente de Fricción 131
2.5.7 Capas de Polímeros con Agregado Duradero 131
2.5.8 Uniformidad de Superficie 132
2.5.9 Desniveles por Recapado 132
2.5.10 Usos Operacionales de la Superficies 134
2.6 BERMAS 134
2.7 CONTROL DE ACCESO 136
2.8 INTERSECCIONES 138
2.8.1 Introducción 138
2.8.2 La Seguridad Vial en Intersecciones 138
2.8.3 Diseño de Intersecciones 139
2.8.4 Características y Necesidades de los Usuarios de Intersecciones 141
2.8.5 Elementos de una Intersección 145
2.9 CRUCES FERROVIARIOS 149
2.9.1 Introducción 149
2.9.2 Diseño de Cruces Ferroviarios 149
2.9.3 Visibilidad de los Cruces Ferroviarios 149
2.9.4 Señalización Vertical y Horizontal, Luces Destellantes y Portones 150
2.9.5 Geometría de Cruces Ferroviarios 150
2.9.6 Iluminación de los Cruces Ferroviarios 152
2.9.7 Superficie del Cruce 152
2.9.8 Intersecciones Adyacentes 153
2.9.9 Entradas Adyacentes 154
2.9.10 Estacionamiento 154
2.9.11 Factores Humanos 154
2.9.12 Dispositivos de Control de Tránsito 154
2.10 ILUMINACIÓN 155
2.10.1 Introducción 155
2.10.2 Definición de Términos 155
2.10.3 Tipos de Lámpara 157
2.10.4 Distribución Lateral de la Luz de una Lámpara 157
2.10.5 Justificación de Iluminación Longitudinal 158
2.10.6 Aplicaciones Típicas de Iluminación 158
2.10.7 Mantenimiento de los Sistemas de Iluminación 162

2.10.8 Escala y Diseño Inter-Relacional ... 162
2.10.9 Relación entre Luminarias y su Entorno ... 162
2.11 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD VIAL EN INFRAESTRUCTURAS VARIAS ... 164
2.11.1 Introducción ... 164
2.11.2 Puentes ... 164
2.11.3 Túneles ... 165
2.11.4 Pasos a Desnivel ... 169
2.11.5 Obras Complementarias ... 169
2.11.6 Control de Peaje ... 170
2.11.7 Telepeaje ... 172
2.11.8 Infraestructura de Control de Pesaje ... 173
2.12 CALMADO DE TRÁNSITO ... 174
2.12.1 Jerarquización de la Red Vial ... 174
2.12.2 Áreas Pacificadas ... 175
2.12.3 Reductores de Velocidad ... 175
2.13 CONSIDERACIONES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION ... 178

CAPÍTULO 3. INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ... 179

3.1 INTRODUCCIÓN ... 179
3.2 NECESIDAD ... 179
3.3 PLANES DE SEGURIDAD ... 180
3.3.1 Definición y Características básicas ... 180
3.3.2 Tipos de Planes de Seguridad Vial y necesidades ... 182
3.3.3 Recomendaciones claves para los planes ... 182
3.3.4 Propuesta de contenido mínimo de plan de seguridad vial ... 183
3.3.5 Propuesta de check-list para planes de seguridad vial ... 184
3.3.6 Plan Nacional de Seguridad Vial ... 185
3.4 AUDITORÍAS E INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL ... 192
3.4.1 Introducción y objetivos ... 192
3.4.2 Estrategia y Alcance de una ASV/ISV ... 194
3.4.3 Elementos clave y beneficios de una ASV/ISV ... 196
3.4.4 Tipos de Proyectos a Auditar e Inspeccionar ... 198
3.4.5 Requisitos que Debe Cumplir Una Via para Ser Auditada ... 199
3.4.6 Aptitudes para Desarrollar una ASV/ISV ... 199
3.4.7 Organización de una ASV/ISV ... 200
3.4.8 Pasos de una ASV/ISV ... 201
3.4.9 Auditorías de Seguridad Vial ... 211
3.4.10 Inspecciones de Seguridad Vial ... 216
3.5 LISTAS DE CHEQUEO ... 219
3.5.1 Propósito de las Listas de Chequeo ... 219
3.5.2 Aplicación de las Listas de Chequeo ... 219
3.5.3 Uso de las Listas de Chequeo ... 220
3.5.4 Listas Maestras ... 220
3.6 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA RED VIAL ... 220
3.6.1 Definición de los Índices de Peligrosidad y Mortalidad ... 220
3.6.2 Periodo de Análisis ... 222
3.6.3 Metodología para la Creación de un Análisis de Riesgo ... 222
3.6.4 Accidentalidad por Concentración ... 223
3.6.5 Accidentes Potencialmente Evitables ... 223

3.6.6 Ejemplos de Metodologías de Identificación de Tramos Peligrosos 224
3.7 CONTROL POR CONCENTRACIÓN DE COLISIONES 228
3.7.1 Zonas de Concentración de Colisiones 228
3.7.2 El Concepto de Tramo de Concentracion de Colisiones 229
3.7.3 Metodologías de Identificación de Puntos de Concentracion de Colisiones (BSM) 244
3.8 CONTRAMEDIDAS DE BAJO COSTO 252
3.8.1 Concepto de Carreteras que Perdonan 252
3.8.2 Estrategias para la mejora de las vías 253
3.9 USUARIOS VULNERABLES 254

CAPÍTULO 4. ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL 257

4.1 DEFINICIÓN DE NIVELES DE RESPONSABILIDAD 257
4.2 PASO 1: RECOLECCIÓN DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA RED VIAL 259
4.2.1 Datos Necesarios para el Análisis de Colisiones 259
4.2.2 Teoría de la Regresión a la Media 259
4.2.3 Data de Colisiones 260
4.2.4 Identificación de Puntos o Tramos de Concentración de Colisiones 264
4.2.5 Evolución de Métodos para Estimación de Colisiones 264
4.3 PASO 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO 265
4.3.1 Introducción 265
4.3.2 Actividad 1 – Revisión de Data 266
4.3.3 Actividad 2 – Evaluación de la Documentación Pertinente 272
4.3.4 Actividad 3 - Evaluación de las Condiciones de Campo 273
4.3.5 Identificación de la Problemática 274
4.4 PASO 3: MEDIDAS MITIGADORAS 274
4.4.1 Introducción 274
4.4.2 Colisiones Típicas 275
4.4.3 Identificación de los Factores Contribuyentes 275
4.4.4 Selección de las Medidas Mitigadoras 281
4.5 PASO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA 282
4.5.1 Introducción 282
4.5.2 Definición del Costo de Colisión 284
4.5.3 Beneficios y Costos del Proyecto 285
4.5.4 Datos Necesarios 285
4.5.5 Evaluación de los Beneficios Esperados de un Proyecto 285
4.5.6 Estimación del Costos del Proyecto 286
4.5.7 Métodos de Evaluación Económica 287
4.5.8 Consideraciones No Monetarias 287
4.6 PASO 5: PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS 288
4.6.1 Introducción 288
4.6.2 Métodos de Priorización de Proyectos 290
4.6.3 Interpretación de los Resultados de Priorización 292
4.7 PASO 6: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD 293
4.7.1 Introducción al Capitulo 293
4.7.2 Objetivo de la Evaluación Posterior 293
4.7.3 Evaluación de Efectividad de la Seguridad Vial – Definición y Propósito 294
4.7.4 Métodos y Diseños de Estudios de Evaluación Posterior 294
4.7.5 Evaluación Posterior de un Proyecto Específico 296
4.7.6 Evaluación Posterior de un Grupo de Proyectos Similares 296
4.7.7 Cuantificación de los FMCs como Resultado de la Evaluación Posterior 296
4.7.8 Evaluación de Costos y Beneficios de Proyectos Implementados 297

4.8 PASO 7: MÉTODO PREDICTIVO 297
4.8.1 Introducción 297
4.8.2 Descripción del Método Predictivo 299
4.8.3 Formulas Predictivas 300
4.8.4 Factores de Modificación de Colisiones en el Método Predictivo 305
4.8.5 Calibración de Formulas Predictivas para Condiciones Locales 306
4.8.6 Limitaciones del Método Predictivo 306
4.9 PASO 8: RENDICIÓN DE CUENTAS 307
4.9.1 Entidades Responsables 307
4.9.2 Información que Deberá Presentarse en un Informe de Seguridad Vial 308

5. ANEXOS 309

5.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS 309
5.2 GUIA DE APLICACIÓN 318

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Anchura Libre de la Vereda 86
Ecuación N° 2. Anchura Libre de la Vereda 87
Ecuación N° 3. Anchura de la Vía Ciclista 93
Ecuación N° 4. Longitud de Transición para Caminos 111
Ecuación N° 5. Longitud de Transición para Carreteras 111
Ecuación N° 6. Longitud de Emergencia 124
Ecuación N° 7. Coeficiente de Fricción..... 128
Ecuación N° 8. Índice de Peligrosidad 221
Ecuación N° 9. Índice de Peligrosidad Grave 221
Ecuación N° 10. Índice de Mortalidad 221
Ecuación N° 11. Densidad de la Gravedad de la Lesión 225
Ecuación N° 12. Índice de Peligrosidad 236
Ecuación N° 13. Umbrales de Índice de Peligrosidad..... 237
Ecuación N° 14. Modelo de Regresión Lineal Simple 240
Ecuación N° 15. Parametros de Regresion..... 240
Ecuación N° 16. Suma de Cuadrados de los Residuos: B_o y B_1..... 241
Ecuación N° 17. Coeficiente de Riesgo..... 246
Ecuación N° 18. Distribucion de Poisson 247
Ecuación N° 19. Puntuacion de Prioridad..... 248
Ecuación N° 20. Indice de Gravedad 248
Ecuación N° 21. Desarrollo de Factor de Modificación de Colisiones..... 297
Ecuación N° 22. Formato Básico del Método Predictivo 299
Ecuación N° 23. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Urbanas..... 300
Ecuación N° 24. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Rurales de Dos Carriles..... 302
Ecuación N° 25. Formula predictiva para condiciones básicas de una via rural de dos carriles..... 303
Ecuación N° 26. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Rurales de Multiples Carriles..... 304
Ecuación N° 27. Formula Predictiva para Condiciones Básicas de una Via Rural de Multiples Carriles 304
Ecuación N° 28. Factor de Modificacion de Colisiones..... 305
Ecuación N° 29. Relación entre un FMC y el Cambio Porcentual de Colisiones 306

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Relación Entre las Secciones del MSV 17
Figura 2. Evolución de los Accidentes en Perú 2005-2014 29
Figura 3. Víctimas Mortales por Nivel Económico del País (2007-2010) 30
Figura 4. Estimación de Muertes por Accidentes de Tráfico a Nivel Mundial 30
Figura 5. Víctimas Mortales por Población y Nivel Económico del País 31
Figura 6. Población, Víctimas Mortales y Vehículos Registrados, por Nivel Económico del País 31
Figura 7. Víctimas Mortales por Población y Región 32
Figura 8. Víctimas Mortales por Tipo de Usuario y Región 32
Figura 9. Víctimas Mortales en el Perú 33
Figura 10. Víctimas Mortales en España 33
Figura 11. Víctimas Mortales en Dinamarca 34
Figura 12. Víctimas Mortales en Suecia 34
Figura 13. Víctimas Mortales en ALC por Vehículo y por Habitante 34
Figura 14. Tasa de Motorización y Tasa de Fallecidos por Vehículo en ALC 35
Figura 15. Tasa de Fallecidos y Tasa de Motorización en ALC 35
Figura 16. Los Tres Factores que Contribuyen a los Siniestros Viales 37
Figura 17. Tareas Principales del Modelo de Conducción 39
Figura 18. Proceso de Percepción-Reacción 39
Figura 19. Área de Visión Precisa en el Ojo 43
Figura 20. Visibilidad Relativa de Destino del Objeto con Visión Periférica 44
Figura 21. Relación entre la Distancia de Visualización y Tamaño de la Imagen 45
Figura 22. Errores de Colisión por Alcance, Caso 1 57
Figura 23. Errores de Colisión por Alcance, Caso 2 57
Figura 24. Errores de Colisión por Alcance, Caso 3 57
Figura 25. Errores de Colisión por Alcance, Caso 4 58
Figura 26. Errores en Colisiones en Giros, Caso 1 58
Figura 27. Errores en Colisiones en Giros, Caso 2 59
Figura 28. Errores en Colisiones en Giros, Caso 3 59
Figura 29. Errores en Colisiones en Giros, Caso 4 59
Figura 30. Errores en Colisiones Fronto-Laterales 60
Figura 31. Errores en Colisiones con Usuarios Vulnerables 60
Figura 32. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 1 61
Figura 33. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 2 62
Figura 34. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 3 62
Figura 35. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 4 62
Figura 36. Movimiento Lento o Detención de Vehículos Delante 63
Figura 37. Ejemplo de la Zona Despejada - Contar con un Terreno Transitable 73
Figura 38. Consideración del Peatón al Podar los Arboles 75
Figura 39. Configuración de Taludes 75
Figura 40. Diseño de Cruce de Separador Central con Alcantarilla 77
Figura 41. Tratamiento Seguro del Drenaje con Pendiente Transversal en un Acceso Lateral 77
Figura 42. Diseño de Cruce de Separador Central con Sumideros 78
Figura 43. Ejemplo de Sumidero en el Separador Central 78
Figura 44. Configuración de Cunetas con Cambio de Talud Abrupto 79
Figura 45. Configuración de Cunetas con Cambio de Talud Gradual 80
Figura 46. Sistema de Drenaje Cerrado con Entradas Laterales 81
Figura 47. Configuración de Sardineles 82
Figura 48. Transición de Sardinal con Cuneta en Caso de Puentes en Vías de Alta Velocidad 83
Figura 49. Configuración de Entradas y Salidas de Caños 83
Figura 50. Imagen de Tratamiento Seguro de Alcantarillas Transversales 84
Figura 51. Dimensiones Básicas para Peatones 85
Figura 52. Dimensiones del Espacio de Peatones según los Usos y Actividades 87
Figura 53. Tipos de Cruce Recomendado en Función de las Intensidades de Tránsito Vehicular y Peatonal 88
Figura 54. Cálculo de la Distancia de Visibilidad de los Peatones 89

Figura 55. Mejora de la Visibilidad en Cruces 89
Figura 56. Relación entre Pendiente y Velocidad 91
Figura 57. Dimensiones Básicas de una Bicicleta 92
Figura 58. Dimensiones Básicas para un Ciclista 92
Figura 59. Relación entre Deflexión Dinámica (D), Ancho de Trabajo (W) e Intrusión Vehicular (VI). 98
Figura 60. Sistemas Flexibles 102
Figura 61. Sistema Semi Flexible o Semi Rígido 103
Figura 62. Croquis de perfiles de sistemas rígidos 104
Figura 63. Colisión Relacionada a Terminales de Barrera 104
Figura 64. Terminal Abatido Simple en una Carretera 105
Figura 65. Abatido Simple 105
Figura 66. Terminal Desviado e Inserto en Talud de Corte en una Carretera 106
Figura 67. Terminal Desviado e Inserto en Talud de Corte 106
Figura 68. Terminales de Barreras Ensayados y Certificados 107
Figura 69. Terminales Patentados No-Traspasables y Redirectivos desde el Primer Poste 108
Figura 70. Terminales de Barrera Patentados Traspasables y Redirectivos desde el Tercer Poste 109
Figura 71. Amortiguadores de Impacto Basados en el Principio de Energía y Trabajo 110
Figura 72. Amortiguadores de Impacto Basados en la Conservacion de Momento 110
Figura 73. Planta y Perfil Longitudinal Transición Tipica Barrera Doble Onda 112
Figura 74. Planta y Perfil Longitudinal Transición barrera Triple Onda 112
Figura 75. Definición de Necesidad de Barrera Lateral según Condición de Talud 116
Figura 76. Relación de Largo de Necesidad de Barrera y Terminal de Barrera 118
Figura 77. Elementos de Seguridad en Rampas 120
Figura 78. Fuerzas que actuan sobre un Vehículo en Movimiento 120
Figura 79. Elementos de Seguridad en Rampas 122
Figura 80. Elementos de Seguridad en Rampas 122
Figura 81. Lecho de Frenado 124
Figura 82. Corte Transversal de un Lecho de Frenado 125
Figura 83. Corte Longitudinal de un Lecho de Frenado 126
Figura 84. Diagrama Básico de las Fuerzas en una Rueda en Rotación. 128
Figura 85. Relación de Coeficiente de Fricción – Patinaje de Neumático 128
Figura 86. Relación de Coeficiente de Fricción – Patinaje de Neumático 128
Figura 87. Relación Riesgo de Siniestro – Coeficiente de Roce 129
Figura 88. Relación Fricción Neumático – Pavimento con Velocidad Vehicular 130
Figura 89. Relación Fricción Neumático – Pavimento con Velocidad Vehicular 130
Figura 90. Desniveles por Recapado 132
Figura 91. Cadena de Eventos 133
Figura 92. Cuña de Asfalto 133
Figura 93. Aplicación Tipica 134
Figura 94. Bandas Sonoras 135
Figura 95. Ejemplo de Control de Acceso en Autopista 136
Figura 96. Ejemplo de Control de Acceso Restringiendo Salidas a la Izquierda 137
Figura 97. Ejemplo de Cruce para Animales 138
Figura 98. Área Física de una Intersección 145
Figura 99. Área Funcional de una Intersección 146
Figura 100. Configuracion del Ángulo entre la Vía y el Eje del Ferrocarril 150
Figura 101. Modificacion de Ubicación y Angulo de Semáforos 151
Figura 102. Modificacion de Ubicación y Angulo de Semáforos 151
Figura 103. Superficie de Cruce de un Ferrocarril 152
Figura 104. Demarcaciones ferroviarias 153
Figura 105. Iluminancia de un Pavimento 156
Figura 106. Distribución de Luz Típica de Lámparas 158
Figura 107. Iluminación Continua con Lámparas LED 159
Figura 108. Ubicación Típica de Luminarias en Rampas de Desaceleración y Aceleración 159
Figura 109. Diseño Peligroso de la Iluminación de un Cruce Peatonal 160
Figura 110. Diseño Preferido de la Iluminación de un Cruce Peatonal 161
Figura 111. Orientación Preferida de Torres de Iluminación en Zonas de Trabajo 161
Figura 112. Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial 163

Figura 113. Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial 163
Figura 114. Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial 164
Figura 115. Ejemplo de Poste SOS 169
Figura 116. Paradero de Bus 170
Figura 117. Infraestructura Típica de Tele-Peaje 172
Figura 118. Vista de un Sistema de Pesaje en Movimiento 173
Figura 119. Ciclo del Proyecto 179
Figura 120. Relación entre etapas de un proyecto SNIP y la programación de ASV/ISV 194
Figura 121. Señales típicas para Indicar donde hay Concentraciones de Siniestros o Colisiones ... 195
Figura 122. Ejemplo de Ruta Susceptible de Inspeccionar 198
Figura 123. Los Pasos y Responsables de una ASV/ISV 201
Figura 124. Inspección del Lugar 205
Figura 125. Mediciones in Situ 206
Figura 126. Inspección de Cuneta en Carretera en Servicio 217
Figura 127. Inspección de Sistemas de Contención en Carretera en Servicio 218
Figura 128. Índice de Peligrosidad 221
Figura 129. Índice de Mortalidad 222
Figura 130. Metodología para la Creación de un Análisis de un Análisis de Riesgo 222
Figura 131. Accidentes Potencialmente Evitables 224
Figura 132. Clasificación Zonas de Concentración de Colisiones 229
Figura 133. Gravedad de las Colisiones 232
Figura 134. Segmentación 234
Figura 135. IMD baja 236
Figura 136. IMD alta 237
Figura 137. Distribución IP y Umbral IP_0 238
Figura 138. Modelo de Regresión Lineal 241
Figura 139. Modelo Lineal Generalizado 242
Figura 140. Histograma (accidentes ponderados 2008-2012) 243
Figura 141. Identificación de Puntos de Concentracion de Colisiones en Austria Mediante la Ventana Deslizante 247
Figura 142. Colectivo de Usuarios Vulnerables 254
Figura 143. Campo visual de un Adulto y de un Niño en la Calle 255
Figura 144. Medidas de Efectividad – Requisitos de Data 259
Figura 145. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial 266
Figura 146. Ejemplo de un Resumen Gráfico 268
Figura 147. Ejemplo del Diagrama de Colisiones - Intersección 269
Figura 148. Simbología para Diagramas de Colisiones 270
Figura 149. Ejemplo del Diagrama de Condiciones Locales 271
Figura 150. Proceso de Administración de la Seguridad Vial 275
Figura 151. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial 283
Figura 152. Proceso de la Evaluación Económica 284
Figura 153. Proceso de Administración de la Seguridad Vial 289
Figura 154. Proceso de Priorización de Proyectos 290
Figura 155. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial 293
Figura 156. Información General de la Comparación de Costos y Beneficios de Proyectos Implementados 297
Figura 157. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial 298
Figura 158. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial 307

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Ejemplo Escenarios de Sobrecarga del Conductor 40
Tabla 2. Efectos del Alcohol en la Conducción 53
Tabla 3. Ancho Recomendado de la Zona Despejada (metros) 71
Tabla 4. Ajuste del Ancho de la Zona Despejada por Curvatura 72
Tabla 5. Obstáculos típicos y criterio recomendando 73
Tabla 6. Clasificación de Taludes Paralelos Longitudinales 76
Tabla 7. Factores para Determinar la Anchura Libre de la Vereda 86
Tabla 8. Suplemento de Anchura Libre 86
Tabla 9. Densidad de Peatones 87
Tabla 10. Factores para Determinar la Anchura de la Vía Ciclista 93
Tabla 11. Factores de Margen de Movimiento en Relación a la Pendiente 93
Tabla 12. Suplemento de Anchura Libre 93
Tabla 13. Niveles de Contención según Vehículo y Velocidad Máxima 113
Tabla 14. Tipo de Tráfico 114
Tabla 15. Niveles de Contención según Tipo de Vía y Tipo de Tráfico 114
Tabla 16. Niveles de Contención de Terminales de Barrera 115
Tabla 17. Niveles de Contención de Amortiguadores de Impacto 115
Tabla 18. Guía para la Aplicación de Barreras Laterales para Escudar Obstáculos Laterales 117
Tabla 19. Resistencia a la Rodadura (R) 125
Tabla 20. Velocidad Promedio Peatonal Según Limitación 143
Tabla 21. Distancias Funcionales para Combinaciones de Tipos de Área y Velocidad 147
Tabla 22. Relación Velocidad-Severidad de Siniestros 175
Tabla 23. Relación Velocidad-Distancia de los Reductores de Velocidad 176
Tabla 24. Tipo de reductores de velocidad según tipo de vía 176
Tabla 25. Objetivos Estratégicos de los Planes de Seguridad Vial 181
Tabla 26. Plan de Intervenciones. Línea estratégica: Institucional 187
Tabla 27. Plan de Intervenciones. Línea estratégica: Comportamiento Humano 188
Tabla 28. Plan de Intervenciones. Línea estratégica : Vehículo 189
Tabla 29. Plan de Intervenciones. Línea estratégica : Infraestructura vial 190
Tabla 30. Plan de Intervenciones. Línea Estratégica :Atención a Víctimas 190
Tabla 31. Cronograma de desarrollo del PNSV 2015-2024 192
Tabla 32. Métodos de Identificación y Definiciones de Secciones más Peligrosas 227
Tabla 33. Indicadores de Desempeño 231
Tabla 34. Ponderación de Las Colisiones 235
Tabla 35. Relación entre TCA y red vial 239
Tabla 36. Tabla Resumen de los Modelos Lineales Generalizados (GLM) 244
Tabla 37. Criterios de Identificación de los TCA 245
Tabla 38. Autovías, Autopistas y Carreteras Convencionales Desdobladas 245
Tabla 39. Carreteras Convencionales y Vías Rápidas 246
Tabla 40. Métodos de Identificación y Definiciones de Puntos de Concentracion de Colisiones 249
Tabla 41. Vías Desdobladas 252
Tabla 42. Carreteras Convencionales y Vías Rápidas 252
Tabla 43. Estrategias Aplicables Según Objetivo 253
Tabla 44. Ejemplos de Tratamientos de Bajo Costo 254
Tabla 45. Estrategias de Seguridad Vial para los Usuarios 256
Tabla 46. Ejemplo de un Resumen Tabular 268
Tabla 47. Ejemplo de la Matriz de Haddon para una Colisión 276
Tabla 48. Costo de Cada Colision en el Perú por Gravedad 284
Tabla 49. Datos Necesarios Para Calcular el Beneficio del Proyecto 285
Tabla 50. Esquema Genérico para Estudios de Evaluación de la Efectividad 295
Tabla 51. Estudios Observacionales Antes/Después – Requisitos de Data 295
Tabla 52. Estudios Observacionales Comparativos Paralelos 296
Tabla 53. Estudios Observacionales Comparativos Paralelos 296
Tabla 54. Funciónes de Predicción de Colisiones en Vías Urbanas 301
Tabla 55. FMCs y los Correspondientes FPCs 301

Tabla 56. Condiciones Básicas de una Vía Rural de doble Carril por Sentido 302
Tabla 57. Factores de Modificación de Colisiones (FMC) para Vias Rurales de Dos Carriles 303
Tabla 58. Condiciones Básicas para Vías Rurales de Múltiples Carriles 305
Tabla 59. Factores de Modificación de Colisiones par Vías Rurales de Múltiples Carriles 305

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"** 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 y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

La Seguridad Vial puede definirse como un atributo propio o característico de una vía, que aporta a garantizar el respeto a la integridad de los usuarios y los bienes materiales alrededor de ella. Por este motivo, la Seguridad Vial es un factor importante en el diseño, construcción, mantenimiento y operación de una obra vial. El **Manual de Seguridad Vial**, tiene relación directa y se complementa entre otros, con el Manual de Diseño Geométrico, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, y demás documentos normativos afines.

El **Manual de Seguridad Vial** en general, contiene las normas, guías y procedimientos para la gestión de la infraestructura vial, estableciendo disposiciones y metodologías en el tema de Seguridad Vial, con el propósito de reducir la incidencia de la infraestructura, como causa de las colisiones de tránsito.

Las vías, los vehículos y los usuarios (conductores, ciclistas y peatones), son todos partes integrantes del sistema de transporte; por ello el **Manual de Seguridad Vial** está orientado a contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo. Asimismo, se requiere que, a través de las instancias competentes, se contribuya a la mejora del control de las condiciones operativas de los vehículos, el comportamiento de los conductores y usuarios del sistema vial en general.

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 MTC.

Lima, mayo de 2016

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y FACTORES HUMANOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la infraestructura vial y del sistema de transporte es una importante necesidad nacional para romper el aislamiento de los pueblos, que tanto en costa, sierra y selva tienen dificultades para superar los obstáculos naturales y para mejorar su accesibilidad entre ellos, en razón de las particulares características de nuestra topografía y climas nacionales. Su integración es una necesidad y una meta nacional desde el punto de vista social, económico y geopolítico; y como medio de transporte a las carreteras les toca cubrir ese anhelo de los pueblos que es una de las infraestructuras requeridas y de las más costosas entre las muchas necesidades que tiene el país.

El Manual de Seguridad Vial (de ahora en adelante, MSV) está orientado a contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo, y no así, a los aspectos relativos al tránsito vehicular que es competencia de otras instancias.

Este documento presenta los procedimientos, metodologías y consideraciones de Seguridad Vial a tomarse en cuenta en las etapas de diseño, construcción, mantenimiento o conservación, y operación de los proyectos viales.

En la etapa de diseño: La identificación y desarrollo de las consideraciones de Seguridad Vial que 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 y obras complementarias.

En la etapa de construcción: La identificación y desarrollo de las consideraciones de Seguridad Vial que 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), así como velar por el cumplimiento del expediente técnico correspondiente; gestión del tránsito vehicular, desvíos e iluminación nocturna; plan de contingencia en caso de accidentes y emergencias; señalización y velocidades de circulación en zonas de trabajo.

En la etapa del mantenimiento: La identificación y desarrollo de las consideraciones de Seguridad Vial que deben tomarse en cuenta durante la etapa de mantenimiento o conservación de un proyecto vial, relativos al mantenimiento de pavimentos, bermas, señalización, dispositivos de control, sistema de contención vehicular, estructuras (puentes, túneles, intersecciones y obras complementarias), gestión de visibilidad, gestión de riesgo de desastres naturales de la vía y otros.

En la etapa de operación: La identificación y desarrollo de las consideraciones de Seguridad Vial que deben tomarse en cuenta durante la etapa de operación o explotación vial, tales como: impacto vial (tipo de vehículo en relación al diseño de la vía, evaluación de velocidades de operación, congestión vehicular, etc.); sistemas de control de velocidades; satelital (GPS); gestión del Derecho de Vía; gestión de incidentes y accidentes de tránsito (registro, procesamiento y medidas correctivas); control de pesos y medidas; gestión de puntos de concentración de colisiones (identificación, análisis y soluciones).

El MSV incorpora también el concepto de Auditorías de Seguridad Vial, a través de su definición, y fijando sus objetivos, alcances, frecuencia y oportunidades de ejecución en las etapas de diseño, construcción, mantenimiento o conservación, y operación de los proyectos viales; así

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

La seguridad vial técnicamente es un área de actividad muy especializada, de importante efecto sobre la sociedad, tratándose de inversiones que deben realizarse con eficiencia y oportunidad para minimizar los gastos totales a la sociedad que representan los siniestros en vidas, lesiones y daños materiales y cumplir los objetivos que se programan sobre un periodo anual.

El conocimiento y la experiencia especializada son los factores necesarios para obtener los mejores resultados de los procesos que configuran la actividad de seguridad vial.

1.2 AUTORIDAD LEGAL

El contenido de este Manual respeta la legislación y reglamentación vigentes. Las disposiciones, recomendaciones, metodologías y procedimientos que en él se presentan representan un marco mínimo de requisitos que deben ser respetados.

Sin embargo, las metodologías utilizadas pueden ser adaptadas de acuerdo a la realidad del proyecto y de la zona geográfica en que éste se inserte, pero de ninguna manera esto deberá constituir un menoscabo de la información requerida para el desarrollo del proyecto. Cualquier proposición de cambio deberá ser consultada a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles para su aprobación.

El MSV constituye un documento técnico de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El presente MSV está orientado a contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo, y no así, a los aspectos relativos al tránsito vehicular que es competencia de otras instancias. De este modo se cubren los aspectos relativos a la Seguridad Vial en el estudio, diseño, construcción, mantenimiento y explotación de obras viales bajo la tutela de la Dirección de General de Caminos y Ferrocarriles, emplazadas tanto en áreas rurales como urbanas.

El presente Manual 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.

En el "CAPÍTULO III: INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL" del reglamento se menciona que los instrumentos de gestión de la infraestructura vial están constituidos entre otros, por manuales, de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial.

Los manuales para la gestión de carreteras son:

- Diseño geométrico.
- Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.
- Puentes.
- Túneles, muros y obras complementarias.
- Hidrología, hidráulica y drenaje.
- Especificaciones técnicas generales para construcción.
- Ensayo de materiales.

- Estudios socio ambientales.
- Dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras.
- Seguridad vial.
- Mantenimiento o conservación vial.

Por tanto, el MSV tiene relación directa y se complementa entre otros, con el Manual de Diseño Geométrico, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, entre otros documentos normativos afines.

Por su parte, estos otros documentos deberán ser modificados y mejorados en el tiempo y, por lo tanto, este MSV se limitará a resaltar y explicar los parámetros de seguridad vial que deberían ser considerados durante el diseño, construcción o conservación de la infraestructura vial.

1.3 PROPÓSITO Y OBJETIVO DEL MSV

La Seguridad Vial es un atributo o una característica deseable propia de una vía, y tiene por objetivo disminuir las tasas de accidentes de tránsito y su severidad, a fin de reducir el número de víctimas mortales, heridos graves, incapacitados y pérdidas materiales.

Es por ello que la Seguridad Vial debe tenerse presente durante el diseño, construcción, mantenimiento y operación de una obra vial.

Las vías, los vehículos y los usuarios son todos partes integrantes del sistema de transporte y de la movilidad. Mediante un Manual de Seguridad Vial se orienta a contribuir a la mejora de las características de la infraestructura vial y las condiciones de su nivel operativo.

De este modo, el MSV es, en general, un recurso que proporciona en una forma útil conocimientos y experiencia práctica sobre elementos de seguridad vial y herramientas para facilitar una mejor toma de decisiones en cuanto a cada programa, proyecto o inversión de seguridad vial. El presente MSV contiene, en general, las normas, guías y procedimientos para la gestión de la infraestructura vial, estableciendo disposiciones, procedimientos y metodologías en el tema de Seguridad Vial, con el propósito de reducir la incidencia de la infraestructura, como causa directa o indirecta, entre otras de las colisiones de tránsito.

El MSV está destinado a ser un recurso que se utilice a nivel nacional para ayudar a los profesionales del transporte y la infraestructura vial a realizar análisis de seguridad en un entorno técnicamente sólido y coherente, mejorando las decisiones a tomar que se basan en la mejora de la seguridad vial.

El MSV proporciona a estos profesionales las técnicas y metodologías para estimar el número y naturaleza de futuros accidentes, su frecuencia y probable gravedad e identificar y evaluar opciones para reducir éstas dado que, además de utilizar métodos descriptivos, el MSV plantea el uso de metodologías de predicción los cuales mejoran los resultados futuros. Con las predicciones más acertadas los métodos de diseño nuevo serán más eficaces.

Con todo, el MSV no es rígido ni imperativo, y en tanto se respeten los criterios de base que inspiran sus disposiciones, los responsables de los proyectos del MTC pueden aceptar innovaciones y soluciones alternativas, siempre que las estime mejores o a lo menos de igual calidad que las indicadas en el manual actual.

1.4 ALCANCE DEL MANUAL

El MSV está orientado a la infraestructura vial exclusivamente. Este documento no presenta soluciones para gestión de los usuarios o vehículos. El MSV tiene el objetivo fundamental de brindar lineamientos para mejorar las prácticas de diseño, construcción, mantenimiento y

operación de las vías nacionales. La filosofía fundamental en la que se basa el alcance del MSV es que las vías deben perdonar el error humano y mitigar o reducir la ocurrencia y severidad de las colisiones. Lo correspondiente a la educación vial, el uso adecuado de las vías, la fiscalización de las normas de tránsito, la fiscalización de los estándares de seguridad vehicular y temas afines escapan el alcance de este documento.

1.5 ORGANIZACIÓN Y MANEJO DEL MANUAL

El MSV está dividido en 4 capítulos y está concebido como un manual-guía. El MSV está disponible en formato *.pdf y reside en la página web del MTC.

La enumeración empleada en el MSV permite agregar o modificar contenidos en él, manteniendo la vigencia general. Se pretende, de esta forma, que el MSV se mantenga concordante con los avances metodológicos y tecnológicos, y sea de suma facilidad una futura actualización del mismo.

El sistema de numeración abierta, utilizado para identificar y jerarquizar cada materia, incorpora subdivisiones, las que se muestran a través del siguiente ejemplo:

Ejemplo de numeración:

2.3.2 Zona Libre de Obstáculos

Donde cada numeral tiene una jerarquía:

2. Capítulo: INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.3 Sección: ZONAS LATERALES Y MEDIANAS

2.3.2 Zona Libre de Obstáculos

Cada uno de los cuatro capítulos del MSV se describe de forma resumida en la siguiente sección.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y FACTORES HUMANOS

Se describe el propósito y el alcance del MSV. En él se explica la relación del MSV con las actividades de planificación, diseño, operaciones y mantenimiento. Esta primera parte también presenta una visión general de los principios de los factores humanos de la seguridad vial, y los fundamentos de los procesos y herramientas descritas posteriormente en el MSV.

CAPÍTULO 2: INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Se aborda la incorporación de un diseño seguro en el planteamiento de toda nueva infraestructura vial, reforma o modernización de infraestructura actual , considerando el diseño geométrico, las zonas laterales, las superficies, intersecciones, señalización, iluminación, puentes, túneles y calmado de tránsito.

CAPÍTULO 3: INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Este tercer capítulo desarrolla el seguimiento a la seguridad vial mediante auditorías e inspecciones, para poder determinar situaciones o elementos que podrían comprometer la seguridad vial de la red vial en las diversas etapas: de perfil (diseño preliminar), de factibilidad (diseño preliminar), de diseño final, de construcción y en servicio. . Asimismo, se clasifica el riesgo de la red vial y se analiza el control por concentración de colisiones.

CAPÍTULO 4: ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

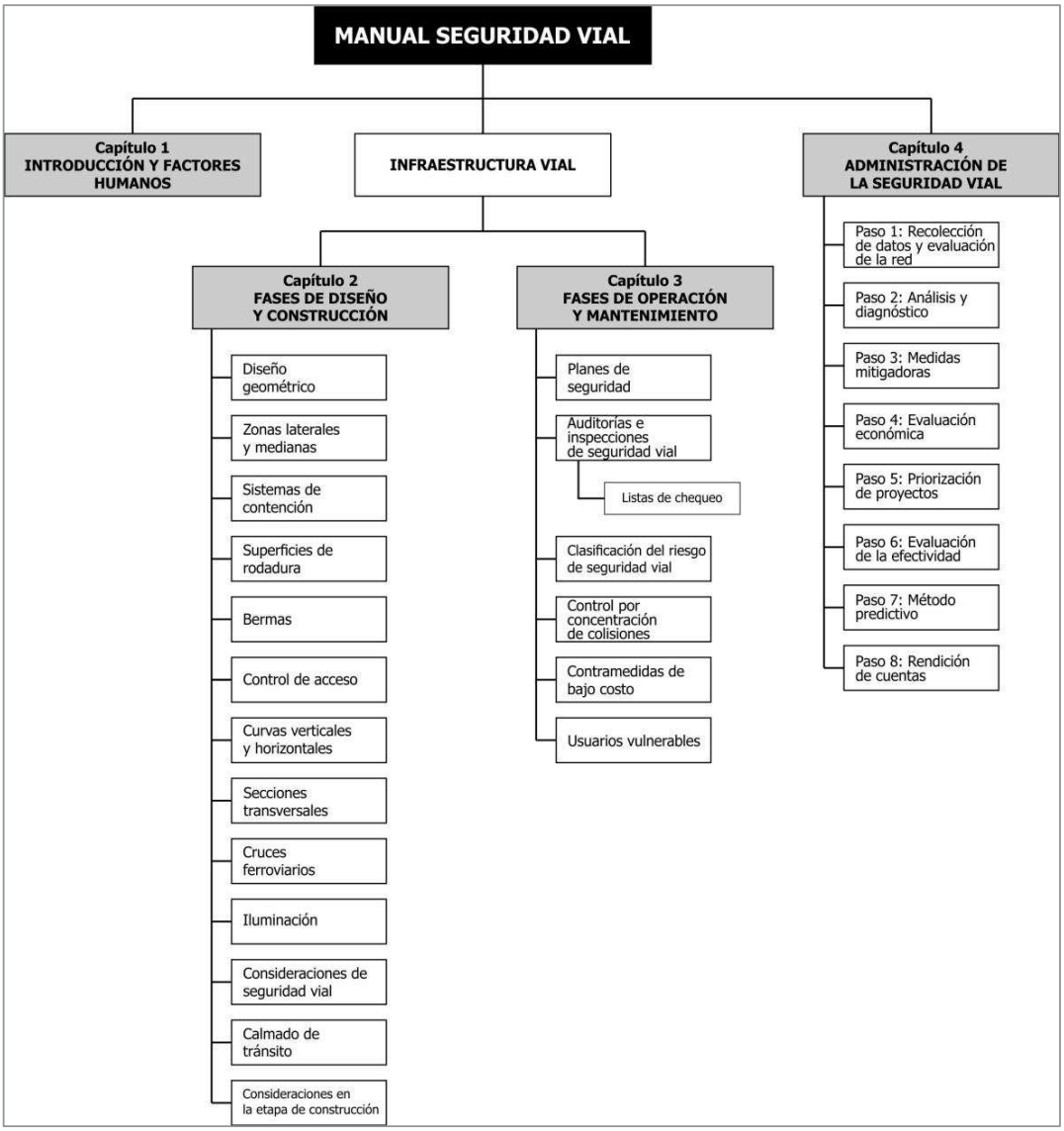
El cuarto y último capítulo presenta el proceso de administración de la seguridad vial, con 8 pasos básicos. Estos pasos incluyen la recolección de datos y evaluación de la red vial hasta

cálculos de evaluación de efectividad y priorización de proyectos, con análisis y diagnóstico, para proceder a disponer de un método predictivo y poder rendir cuentas.

1.5.1 Relación entre las Secciones del MSV

En la Figura 1, se presenta la relación entre las secciones del MSV.

Figura 1. Relación entre las Secciones del MSV



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

1.5.2 Limitaciones del MSV

Los procedimientos descritos en el análisis del MSV y hacer reducir la frecuencia y/o gravedad de los siniestros en la red vial tienen sus limitaciones. En general, la reducción de siniestros también se puede lograr teniendo en cuenta:

- Cumplimiento de las normas de tránsito.
- Educación para los usuarios.
- La mejora de la respuesta a incidentes y los servicios médicos de emergencia.

- Mejora del rendimiento de seguridad de los vehículos.
- Uso de casco y ropa protectora en vehículos motorizados de dos o tres ruedas al igual que en bicicletas.

La aplicación de las leyes de tránsito, el cumplimiento de las normas de conducción, el uso adecuado de los sistemas de retención de pasajeros, la educación vial y otras relacionadas con la mejora de la seguridad, junto a las relacionadas con mejoras en la infraestructura contribuyen a crear carreteras con un alto rendimiento de seguridad. Aunque la educación, aplicación y cumplimiento de las normas de tránsito y conducción y los servicios médicos de emergencia no se abordan en el MSV, estos también son factores decisivos en la reducción de los siniestros y su gravedad.

1.5.3 Relación del MSV a Proyectos de Ingeniería

Teniendo presente que los proyectos de ingeniería de carreteras tienen un ciclo de vida constituido por etapas, las consideraciones de Seguridad Vial son presentadas para las diferentes Fases en las siguientes secciones:

- Consideraciones de Seguridad Vial en los Diseños Viales
- Consideraciones de Seguridad Vial en Obra
- Consideraciones de Seguridad Vial en el Mantenimiento de la Vía
- Consideraciones de Seguridad Vial durante la Explotación y Operación Vial

a. Velocidades y Siniestralidad

En general, la velocidad de los vehículos está directamente relacionada con la ocurrencia y gravedad de cada siniestro de tránsito. Es por ello que una de las medidas más eficientes de Seguridad Vial que permite disminuir la cantidad y gravedad de los siniestros es orientar la velocidad a las condiciones reales de la vía. Cabe señalar que los siniestros pueden producirse tanto a velocidades excesivas como a velocidades reducidas.

La demanda creciente para encontrar soluciones que permitan disminuir la velocidad excesiva con la que transitan algunos conductores exige que se apliquen medidas reductoras que se caracterizan por ser independientes de la voluntad de los conductores. Las medidas más efectivas se presentan a lo largo del presente documento.

b. Alcances de la Seguridad Vial en un Proyecto Vial

Los alcances de la Seguridad Vial en los proyectos viales son amplios, cubriendo todas las fases del ciclo de vida de los proyectos viales y todos los tipos de proyectos y vías. En este Manual se hace constantemente mención a este hecho, persiguiéndose con esto una incorporación real del tema al diseño, construcción, mantenimiento y explotación de los proyectos viales.

1.6 DESARROLLO DE LA SEGURIDAD VIAL A NIVEL MUNDIAL

Como referencia a la Seguridad Vial a nivel internacional, en todo el mundo se produce una pérdida de 1.24 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).

Durante la escritura de este Manual, se lleva a cabo la década de acción por la Seguridad Vial de las Naciones Unidas (2011-2020). En 28 países se han adecuado las leyes para abordar los 5 factores de riesgo:

- Velocidad

- Efecto de la bebida
- Casco
- Cinturón de seguridad
- Sistemas de seguridad para niños

1.6.1 Década de Acción de las Naciones Unidas

Fuente: http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/spanish.pdf

«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

La finalidad general del Decenio es estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo antes de 2020. Ello se logrará 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 colisiones 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 viaria.

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.

- Pilar 1. Gestión de la seguridad vial.
- Pilar 2. Vías de tránsito y movilidad más seguras.
- Pilar 3. Vehículos más seguros.
- Pilar 4. Usuarios de vías de tránsito más seguros.
- Pilar 5. Respuesta tras las colisiones.

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 colisiones 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:

Aumentar 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 viaria y el mejoramiento de la planificación, el diseño, la construcción y el funcionamiento 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 infraestructura vial a los programas dedicados a la obtención de infraestructuras viarias 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 viaria sostenible y tolerante.
- El seguimiento del rendimiento de las inversiones en infraestructura viaria 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 viaria 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 viaria 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 viaria 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 colisiones 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.

PILAR 4. USUARIOS DE VÍAS DE TRÁNSITO MÁS SEGUROS:

Elaborar 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 colisiones 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 colisiones 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 colisiones.
- 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 las colisiones.
- 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.

PILAR 5. RESPUESTA TRAS LAS COLISIONES:

Aumentar la capacidad de respuesta a las emergencias ocasionadas por las colisiones 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 pre hospitalaria, 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 colisiones 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 las colisiones.

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.

A. PILAR 1. GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL:

- Básicos
  - Número de países que cuentan con un organismo claramente facultado que dirige la seguridad vial.
  - Número de países con una estrategia nacional.
  - Número de países con metas relativas a la seguridad vial con plazos definidos.
  - Número de países que disponen de sistemas de datos para seguir de cerca los avances registrados en la consecución de las metas de seguridad vial.
  - Número de países que recopilan datos anuales sobre las colisiones de tránsito consistentes con las definiciones aceptadas a nivel internacional.
- Opcionales
  - Número de países que han destinado fondos para aplicar su estrategia de seguridad vial.
  - Número de países que han registrado avances para conseguir metas predefinidas.

PILAR 2. VÍAS DE TRÁNSITO Y MOVILIDAD MÁS SEGURAS:

- Básicos
  - Número de países cuyas autoridades viales tienen la responsabilidad legal de mejorar la seguridad vial en sus redes.
  - Número de países con una asignación definida de gastos para programas dedicados a la seguridad de la infraestructura viaria.
  - Número de países con una meta para eliminar las vías de tránsito de alto riesgo antes del 2020.
  - Número de países que han adoptado políticas sostenibles de movilidad urbana.
  - Número de países con unidades especializadas en seguridad vial de las infraestructuras que siguen de cerca los aspectos de seguridad de la red de carreteras.
  - Número de países que cuentan con políticas y prácticas establecidas para realizar auditorías de seguridad sistemáticas y evaluar las repercusiones en la seguridad o las vías de tránsito.
- Opcionales
  - Número de países que integran las necesidades de seguridad en las funciones de planificación del uso del territorio o del transporte.

- Número de países con procedimientos eficaces de control del acceso a la propiedad y de control del desarrollo.
- Número de países que realizan periódicamente encuestas de calificación de la seguridad de la red.
- Número de países en que las calificaciones de seguridad del 10% de las vías que tienen mayor volumen de tránsito están por encima de un umbral definido (por ejemplo; las tasas de accidentes por kilómetro, las calificaciones de seguridad mínimas de la infraestructura; el porcentaje de carreteras de alta velocidad con medianas y bermas y zonas peatonales seguras).
- Número de países que cuentan con normas mínimas relativas a las calificaciones de seguridad para proyectos nuevos de vías de tránsito;
- Número de países que suministran información sobre los kilómetros recorridos por los vehículos.

PILAR 3. VEHÍCULOS MÁS SEGUROS:

- Básicos
  - Número de países que participan en el Foro Mundial de las Naciones Unidas para la Armonización de Reglamentaciones sobre Vehículos y que aplican las normas pertinentes.
  - Número de países que participan en los programas de evaluación de vehículos nuevos (un ejemplo es el sistema de evaluación NCAP).
  - Número de países que promulgan leyes prohibiendo la utilización de vehículos sin cinturones de seguridad (en los asientos delanteros y traseros).
- Opcionales
  - Número de países que promulgan leyes prohibiendo la fabricación de vehículos sin características específicas de seguridad, tales como sistemas de control electrónico de estabilidad o antibloqueo de la frenada.

PILAR 4. USUARIOS DE VÍAS DE TRÁNSITO MÁS SEGUROS:

- Básicos
  - Número de países que establecen límites de velocidad apropiados según el tipo de carretera (urbana, rural, autopista);
  - Número de países que fijan límites de alcoholemia inferiores o iguales a 0,05 g/dl;
  - Número de países que fijan límites de alcoholemia inferiores a 0,05 g/dl para los conductores jóvenes y comerciales;
  - Número de países que cuentan con datos nacionales sobre la proporción de accidentes mortales relacionados con el alcohol;
  - Número de países que cuentan con una legislación integral sobre el uso del casco (con inclusión de las normas);
  - Número de países que cuentan con datos nacionales sobre las tasas de uso del casco;
  - Número de países que cuentan con una legislación integral sobre el cinturón de seguridad;
  - Número de países que cuentan con datos nacionales sobre las tasas de uso del cinturón de seguridad (en los asientos delanteros y traseros);
  - Número de países que cuentan con una legislación sobre los sistemas de retención para niños;

- Número de países con una política oficial para reglamentar el factor cansancio entre los conductores de vehículos comerciales (por ejemplo, limitando las horas de conducción y fiscalizando duramente su cumplimiento).

- Opcionales
  - Número de países que cuentan con datos nacionales sobre las velocidades según el tipo de carretera;
  - Número de países que cuentan con datos nacionales sobre las tasas de uso de los sistemas de retención para niños;
  - Número de países que han adoptado la nueva norma ISO 39001;
  - Número de países que suministran información sobre las colisiones de tránsito como categoría de los datos sobre los traumatismos laborales;
  - Número de países que promueven periódicamente la seguridad vial.

PILAR 5. RESPUESTA TRAS LAS COLISIONES:

- Básicos
  - Número de países que exigen sistemas de seguros de responsabilidad civil a todos los conductores;
  - Número de países que cuentan con un número telefónico nacional de acceso en caso de emergencias;
  - Número de países que cuentan con centros específicos de atención traumatológica.
- Opcionales
  - Número de países en que se exige al personal de emergencias una formación específica en atención traumatológica.

1.6.2 Visión Cero

Visión Cero es un concepto de seguridad vial multinacional que busca lograr un sistema de movilidad vial sin muertes o lesiones graves. Empezó en Suecia y fue aprobado por su parlamento en octubre de 1997. Un principio básico de la visión es que "la vida y la salud nunca pueden ser intercambiadas para otros beneficios dentro de la sociedad" en lugar del principio convencional de comparar los costos y beneficios de forma que se le asigne un valor monetario a la vida y salud y se utilice ese valor para decidir cuánto dinero invertir en unos sistemas de tránsito con un riesgo aceptable.

La Visión Cero de Suecia está basada sobre cuatro principios:

- Ética: La vida y salud humana son primordiales y toman prioridad por encima de la movilidad y otros objetivos del sistema de tránsito.
- Responsabilidad: 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.
- Seguridad: Los sistemas de tránsito tienen que tomar en cuenta los errores humanos y minimizar tanto la posibilidad de errores como el daño posible cuándo ocurren.
- Mecanismos para cambio: 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.

A. Aplicaciones de la Visión Cero

Hace 20 años que Estocolmo tiene sólo una premisa en cuanto a la seguridad vial: cada centímetro de vía debe anticipar y sobre todo compensar, cualquier error humano. Esto, porque desde 1997 el país se puso una meta extremadamente ambiciosa: que el número de muertes por accidentes de tránsito llegue a cero.

"Deberías ser capaz de equivocarte, sin ser castigado con la muerte", aseguró al New York Times, un oficial de Transporte Sueco.

Gracias a esta iniciativa llamada Visión Cero, Suecia se convirtió en el país con la menor tasa de mortalidad por accidentes de tránsito.

a. La Velocidad es Clave

Rediseñaron las calles para obligar a los usuarios a conducir a velocidades muy reducidas, con vías separadas y seguras para los peatones y los ciclistas. En ciertas vías los límites de velocidad llegan hasta los 30 kilómetros por hora. Toda la planificación en las calles y carreteras de este país se han construido priorizando la seguridad antes que la velocidad o la conveniencia.

b. Obstáculos y Control

El modelo es partidario entonces de las rotondas, reductores de velocidad y barreras entre las veredas y las calles, algo que, según los expertos, podría aumentar la cifra de choques y heridos leves, pero que redujo notablemente las colisiones graves.

La concientización también ha sido clave y es parte de este plan de seguridad; así como también las cámaras de monitoreo y el trabajo en conjunto de vehículos de transporte, ya sean camiones o taxis.

También las zonas peatonales y las barreras de separación entre autos y bicicletas. Múltiples lugares seguros para cruzar, incluyendo puentes peatonales y pasos de cebra acompañados de luces y protegidas con reductores de velocidad, han ayudado a reducir el número de peatones fallecidos en los últimos cinco años.

c. Alcoholemia Permanente

La mayoría de los buses escolares en este país cuentan con dispositivos para controlar el nivel de alcohol, que impiden encender el motor del vehículo si el conductor no está totalmente sobrio. Un tercio de los taxis de ese país también tienen esa tecnología; menos del 0.25% de los conductores testeados están sobre el límite permitido de alcohol en la sangre.

d. Los Resultados

El año 2013 hubo en toda Suecia 264 muertes a consecuencia de accidentes de tránsito, menos de la mitad de las que se produjeron en 1997, cuando se puso en marcha el plan Visión Cero. La tasa de mortalidad por esta causa en Estocolmo es de 1.1 muertes por cada 100 mil habitantes, mientras que la tasa de Suecia es de 2.7 por cada 100 mil.

1.6.3 La Seguridad Vial en Perú

1.6.3.1 Introducción

A pesar de la evolución favorable de los índices de accidentalidad del año 2014, los accidentes de tráfico 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.

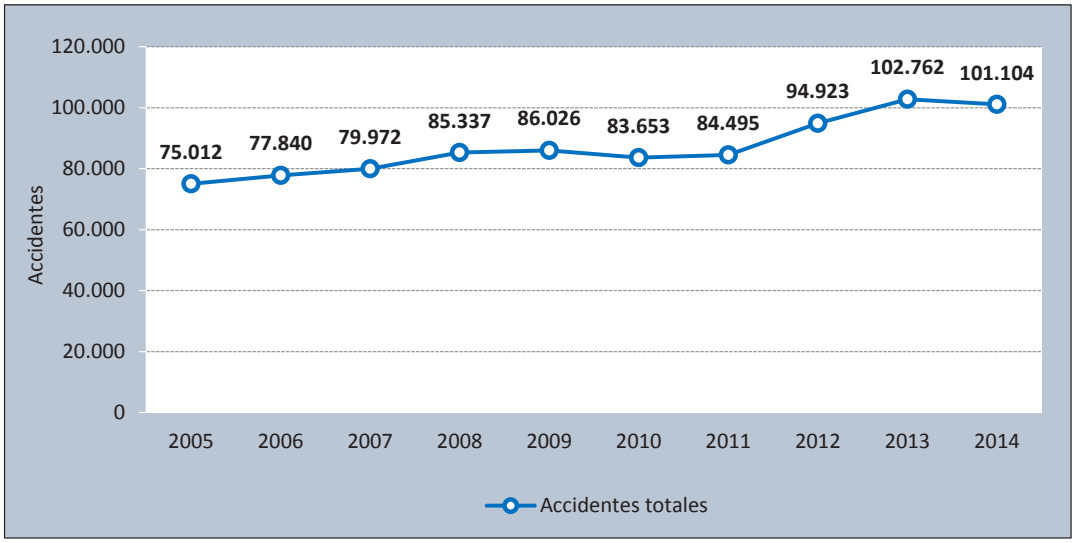
Estas cifras continúan representando un problema de gran impacto social y económico, convirtiéndose en un problema de salud pública para la sociedad.

Es responsabilidad de las administraciones trabajar para reducir la siniestralidad en las carreteras, utilizando todos los medios posibles y disponibles. Para ello, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante el Consejo Nacional de Seguridad Vial ha formalizado recientemente el Plan Nacional de Seguridad Vial 2015-2024.

Situando el 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 2. Evolución de los Accidentes en Perú 2005-2014



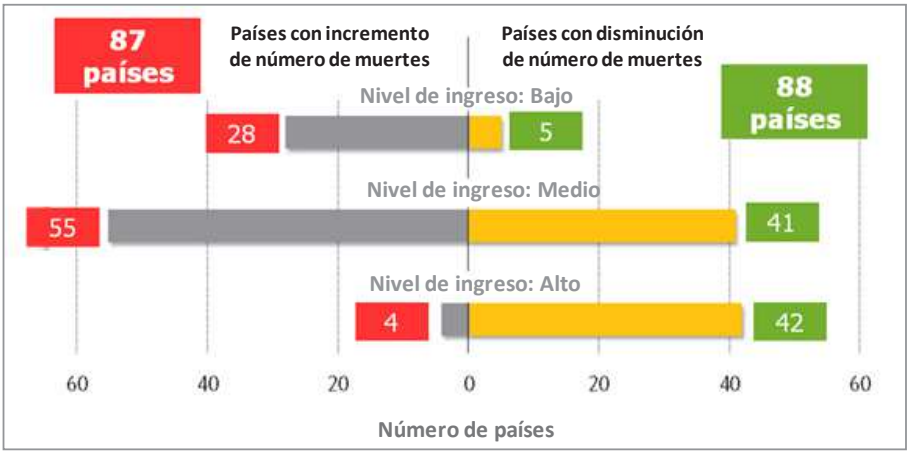
Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

1.6.3.2 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 1,24 millones de fallecidos en siniestros viales.

Figura 3. Víctimas Mortales por Nivel Económico del País (2007-2010)



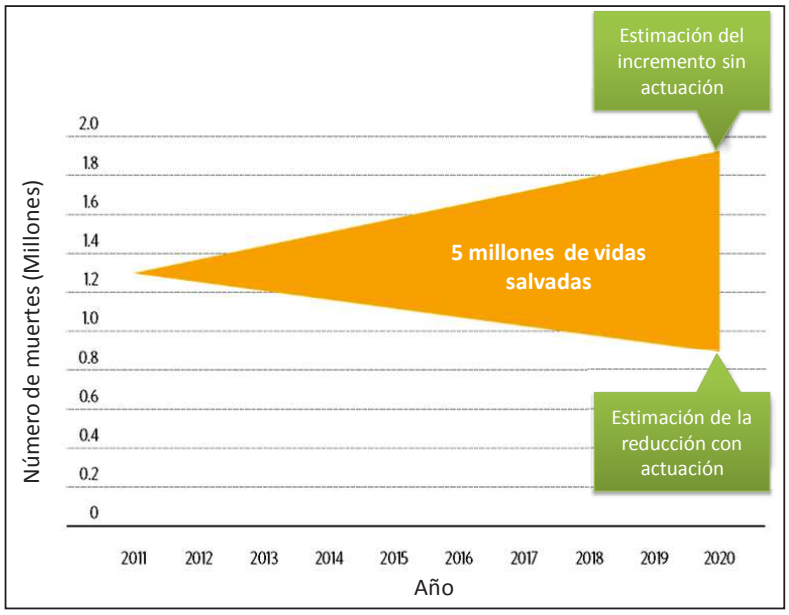
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

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

- Velocidad.
- Efecto de la bebida.
- Casco.
- Cinturón de seguridad.

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 4. Estimación de Muertes por Accidentes de Tráfico a Nivel Mundial



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

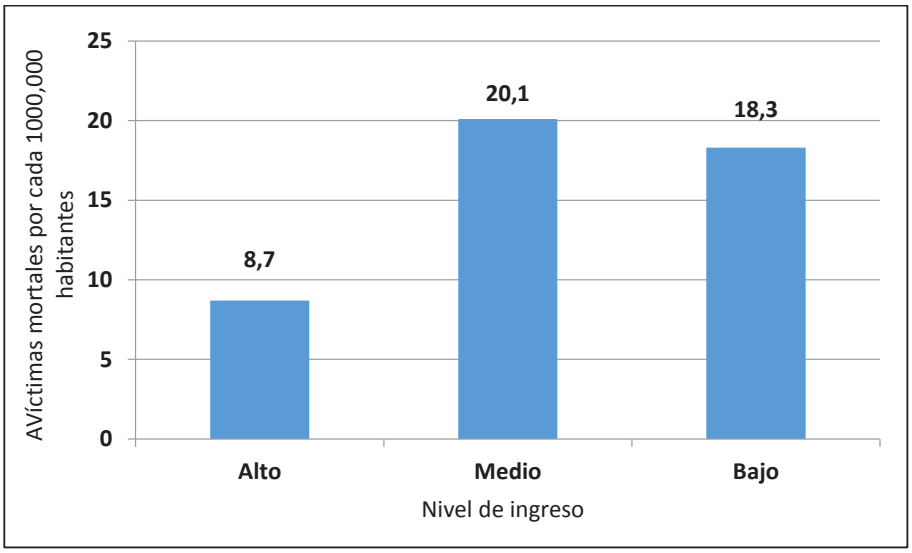
A. Comparativa entre Regiones a Nivel Mundial

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,

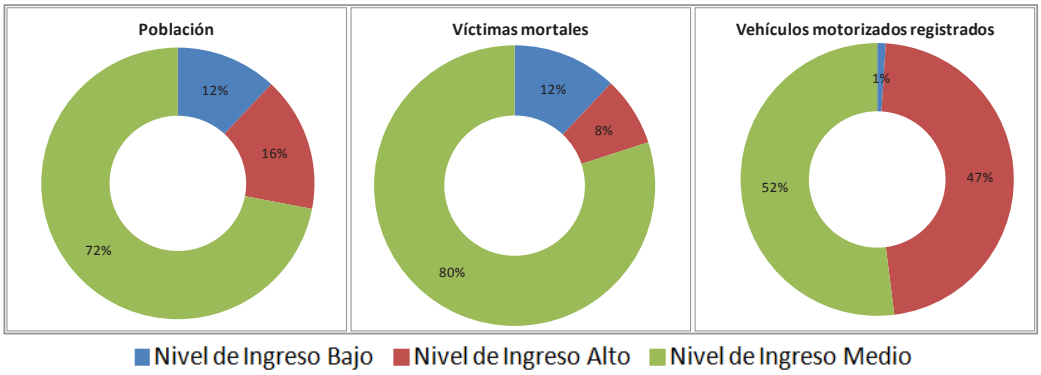
Según se desprende la gráfica que sigue, el promedio global de víctimas mortales por 100,000 habitantes es de 18.

Figura 5. Víctimas Mortales por Población y Nivel Económico del País



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

Figura 6. Población, Víctimas Mortales y Vehículos Registrados, por Nivel Económico del País



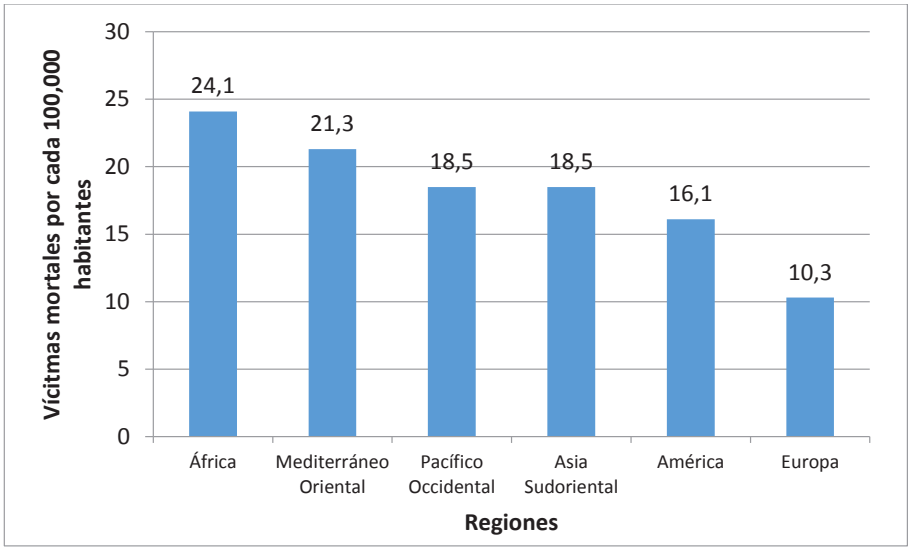
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

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 7. Víctimas Mortales por Población y Región



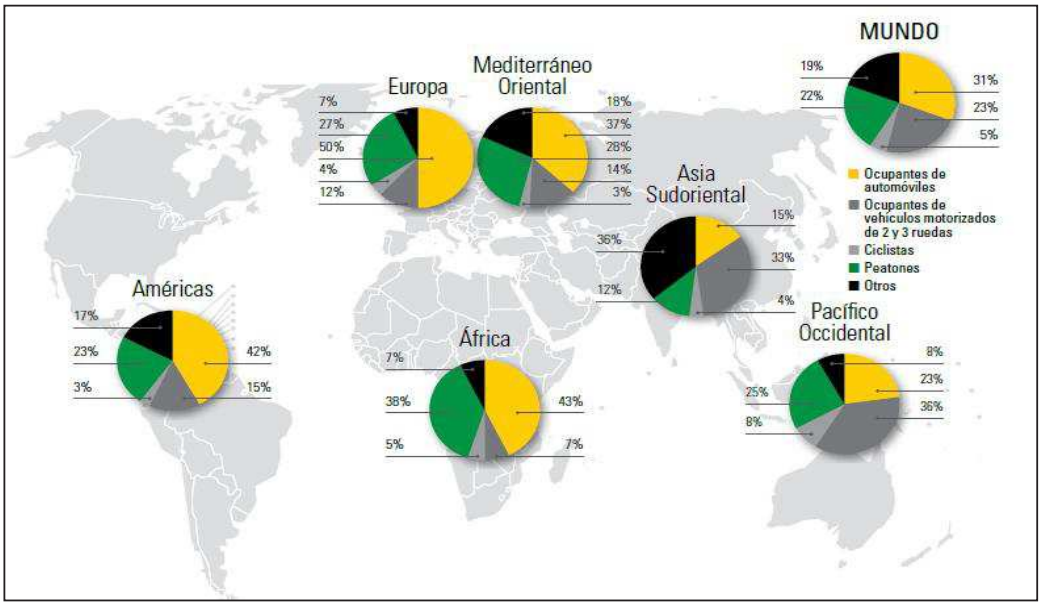
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

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 8. Víctimas Mortales por Tipo de Usuario y Región

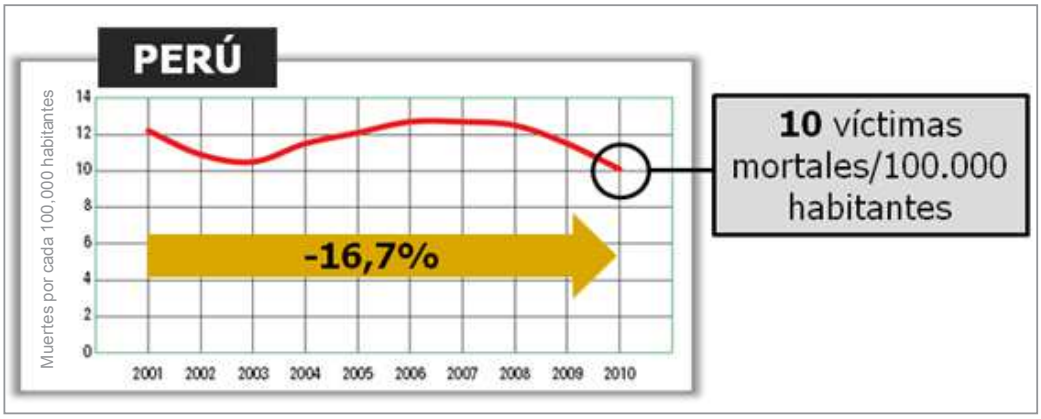


Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

B. 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 9. Víctimas Mortales en el Perú

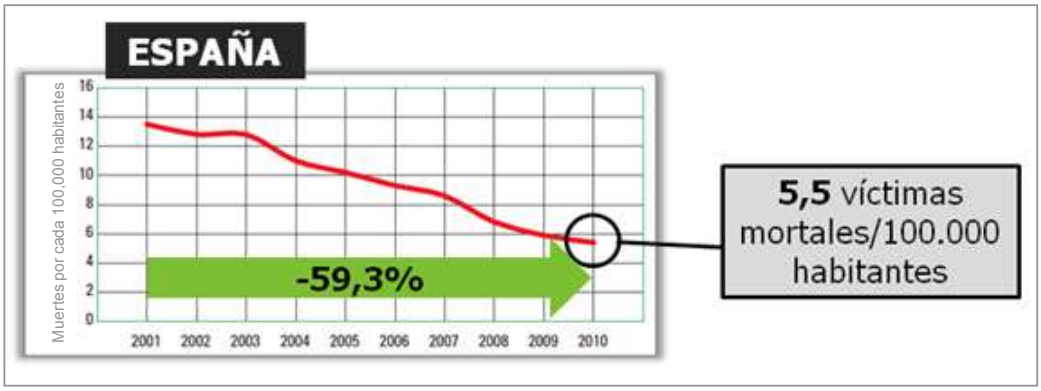


Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

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.

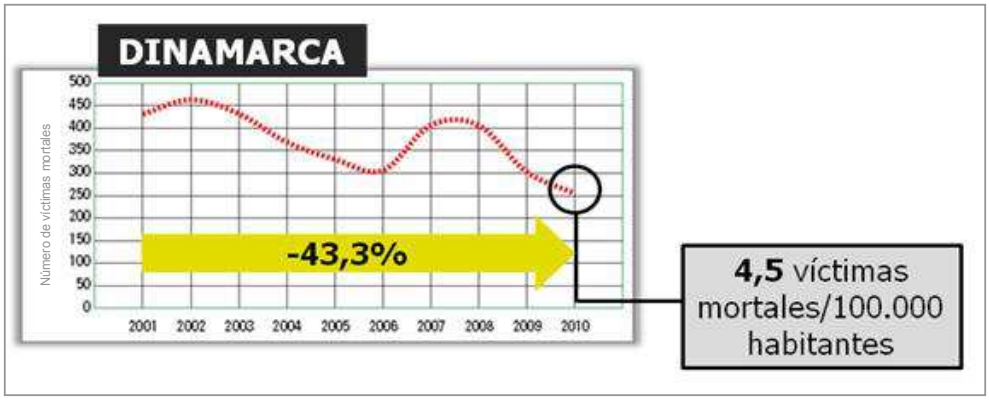
El nivel está muy por debajo de la media mundial, pero si se compara con otros países desarrollados, está todavía muy por encima en cuanto a fallecidos, En las tablas siguientes se compara el Perú con España y con los dos países más desarrollados a nivel mundial en términos de Seguridad Vial, Dinamarca y Suecia:

Figura 10. Víctimas Mortales en España



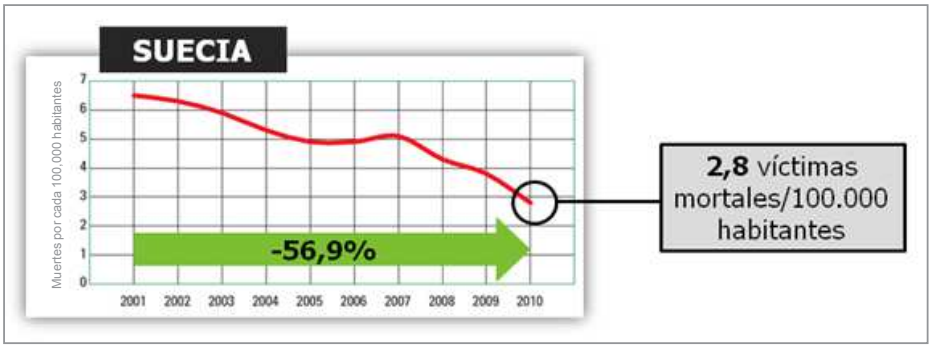
Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

Figura 11. Víctimas Mortales en Dinamarca



Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

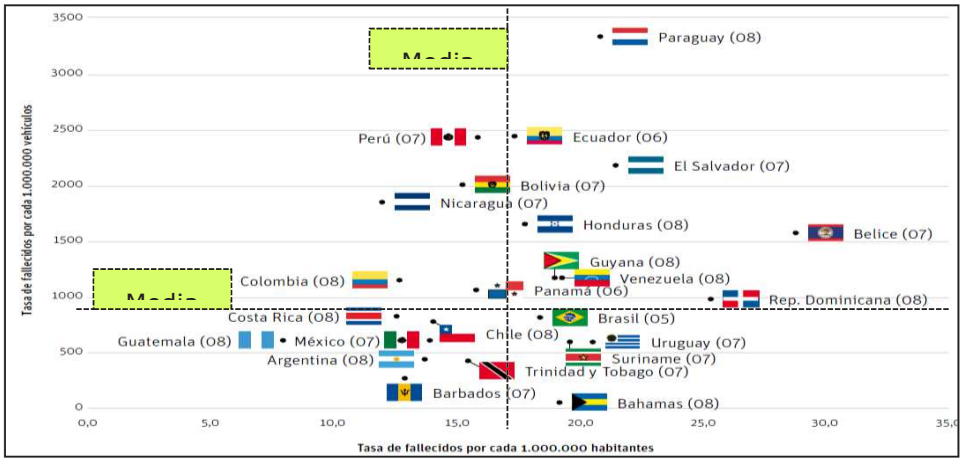
Figura 12. Víctimas Mortales en Suecia



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.

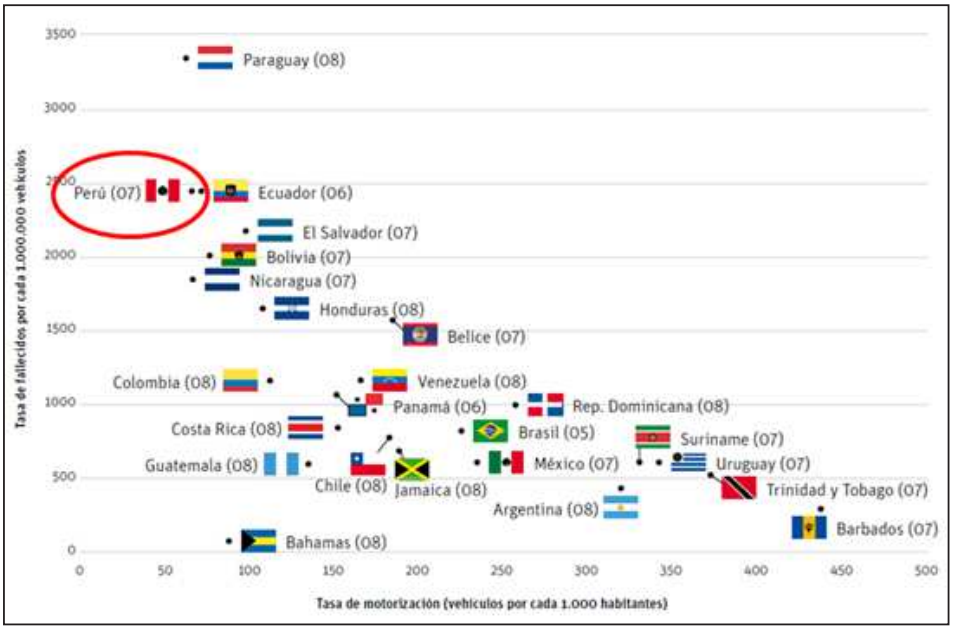
Figura 13. Víctimas Mortales en ALC por Vehículo y por Habitante



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.

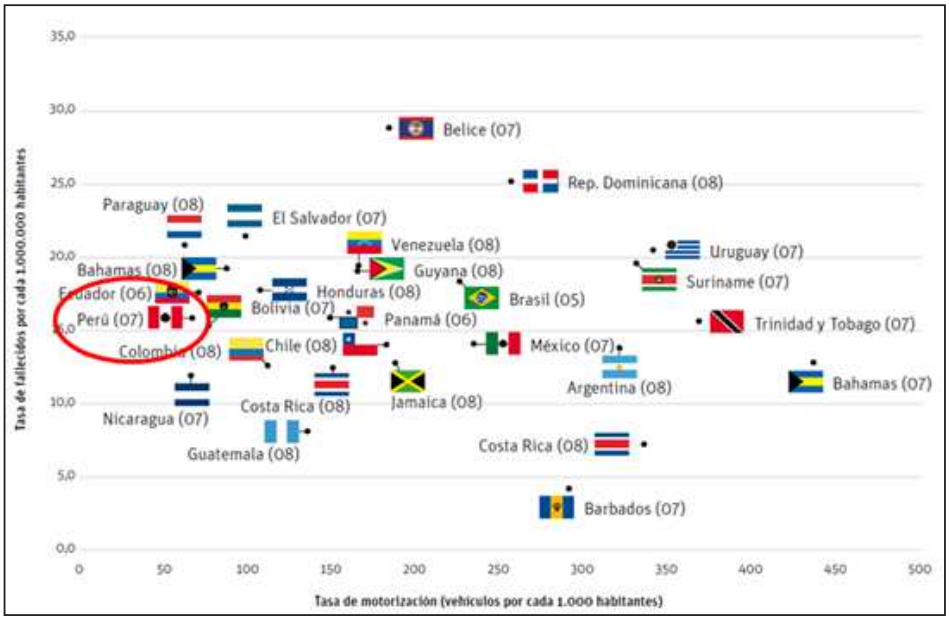
Figura 14. Tasa de Motorización y Tasa de Fallecidos por Vehículo en ALC



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 15. Tasa de Fallecidos y Tasa de Motorización en ALC



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

1.7 LAS COLISIONES COMO BASE DEL ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD VIAL

Se abordan las colisiones 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, de regresión a la media y de aleatoriedad.

1.7.1 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 puro hecho de cumplir una 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.

1.7.2 Aleatoriedad de las Colisiones

La frecuencia de colisiones fluctúa naturalmente en el tiempo para un lugar determinado. Por este motivo, los promedios de colisiones a corto plazo pueden variar significativamente en comparación a un promedio a largo plazo. La aleatoriedad de la ocurrencia de colisiones indica que promedios a corto plazo no son una buena fuente para determinar la frecuencia promedio de colisiones. 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 colisiones a largo plazo, debido a la aleatoriedad natural de las colisiones. 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 colisiones en un lugar determinado.

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.

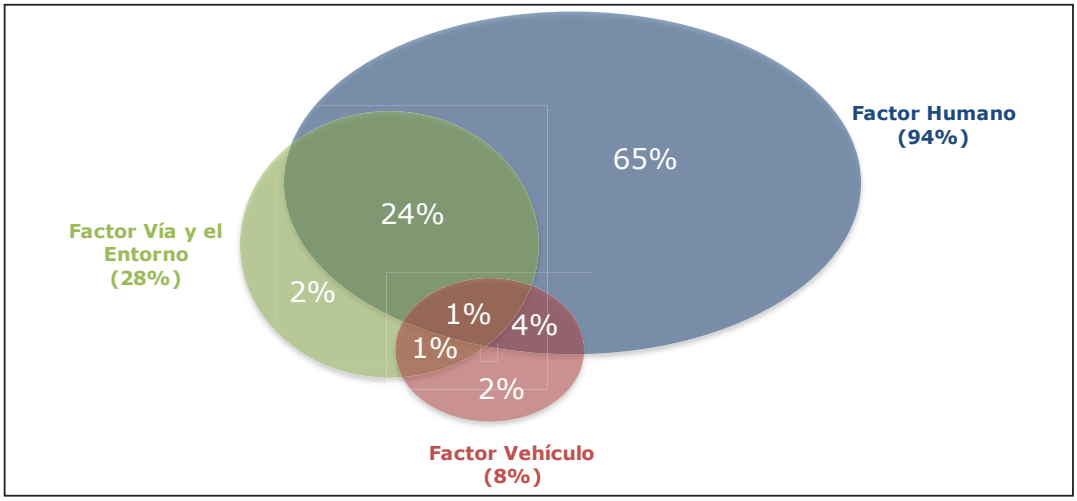
1.7.3 Factores Contribuyentes a las Colisiones

Existen tres factores principales contribuyentes a las colisiones, ver Figura 16:

- 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 16. 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 esta sea muy evidente (semáforo apagado por ejemplo). Este hecho genera que se sobreestime la contribución del usuario en la ocurrencia de colisiones. 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.

1.8 ROL DEL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD VIAL

Se analiza el rol del Factor Humano en la Seguridad Vial, siendo un aspecto también muy destacable en la consecución de accidentes. Aproximadamente en el 93% de las colisiones ocurridos, el factor humano es responsable o co-responsable. Según los datos conocidos, en Perú en el año de 2014 el factor humano está presente en el 82% de las colisiones.

En esta sección se describen los factores clave de la conducta humana en relación a cómo los conductores interactúan con el conjunto 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 mejor comprensión de cómo los conductores interactúan con la vía, se podrá tomar mejores decisiones en futuros proyectos para que sean diseñados y construidos de modo que minimicen el error humano. El objetivo es reducir la probabilidad de los errores humanos y de proveer una infraestructura que minimice las consecuencias de los errores 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 el siniestro).

Por otro lado, la distracción al volante por falta de atención del conductor, distracción o cansancio 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 de tráfico y las leyes. Por ejemplo, adelantar en curvas con poca visibilidad aún cuando la señalización lo prohíbe. En estos casos la seguridad vial se puede mejorar usando dispositivos que superan en tamaño y número lo requerido por la normatividad.

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 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 carretera.

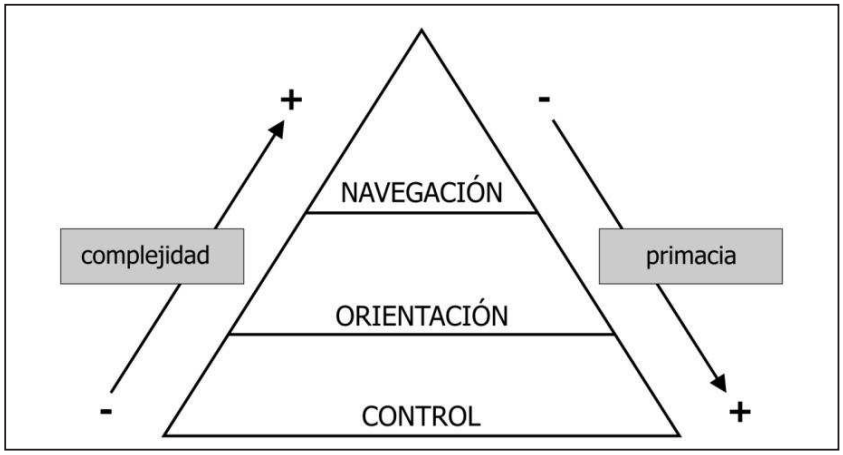
1.9 EL MODELO DE CONDUCCIÓN

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.
- Encausamiento: 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 17 muestra las tareas principales del modelo de conducción.

Figura 17. 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 tan sólo 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 actural 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 (por ejemplo, peligro en la carretera, dispositivo de control de tráfico, o señal reglamentaria) 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 18.

Figura 18. 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.

1.10 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 estará 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 pilotos 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 1 presenta varios ejemplos de escenarios donde existe sobrecarga de información del conductor.

Tabla 1. 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 amarillo cerca de la línea de la 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 de manera adecuada.
- Presentar la información de forma secuencial, en lugar de todas a la vez, para cada una de las tareas de control, orientación y navegación.
- Proporcionar pistas para ayudar a los conductores a dar prioridad a la información más importante, a fin de ayudarles a reducir su carga de trabajo por la acumulación de tareas ajenas.

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 ruta.

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, encausamiento 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 este diseñada y presentada de tal modo que los usuarios puedan ver, comprender y responder a ella de manera apropiada y en un tiempo razonable.

La agudeza visual es el aspecto más conocido de la visión relacionado con la conducción, aunque existen otros aspectos igualmente importantes. Estos aspectos de la visión del conductor 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.

D. AGUDEZA VISUAL

La agudeza visual determina qué tan bien los conductores pueden ver los detalles en la distancia. Es importante para las tareas de encausamiento y navegación, que requieren señales e 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 subtienden 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.

E. 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.

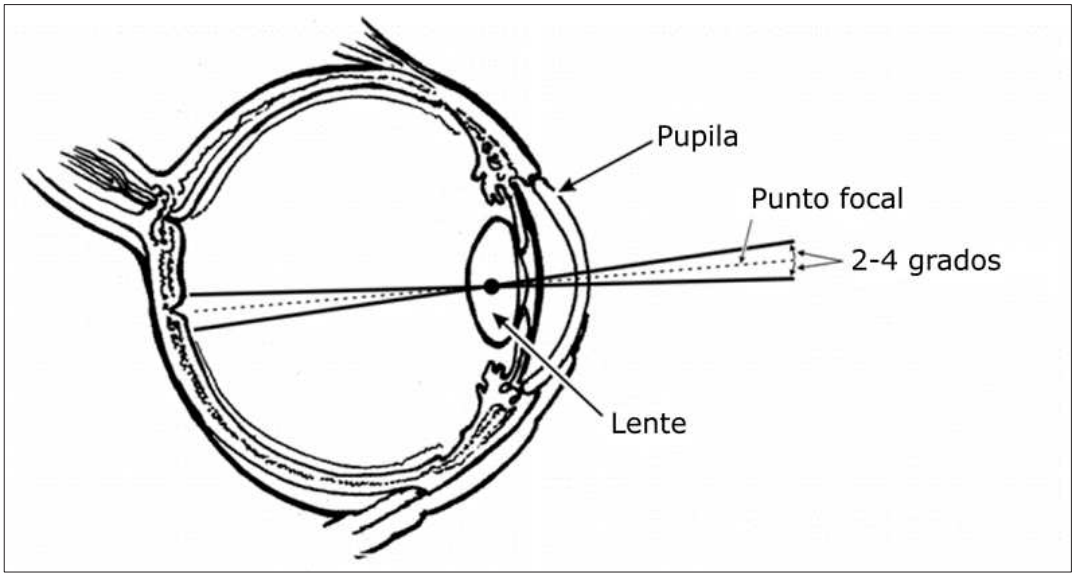
Cuanto menor es la luminancia del objeto apuntado, se requiere mayor contraste para ver el objeto. El objeto de destino podría ser una frenada, escombros en la carretera, o un peatón. Una buena agudeza visual no implica necesariamente una buena sensibilidad de contraste. Para personas con una agudeza 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 pueden tener que 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 propia visibilidad a 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.

F. 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 19).

Figura 19. Área de Visión Precisa en el Ojo



Fuente: Highway Safety Manual (AASHTO)

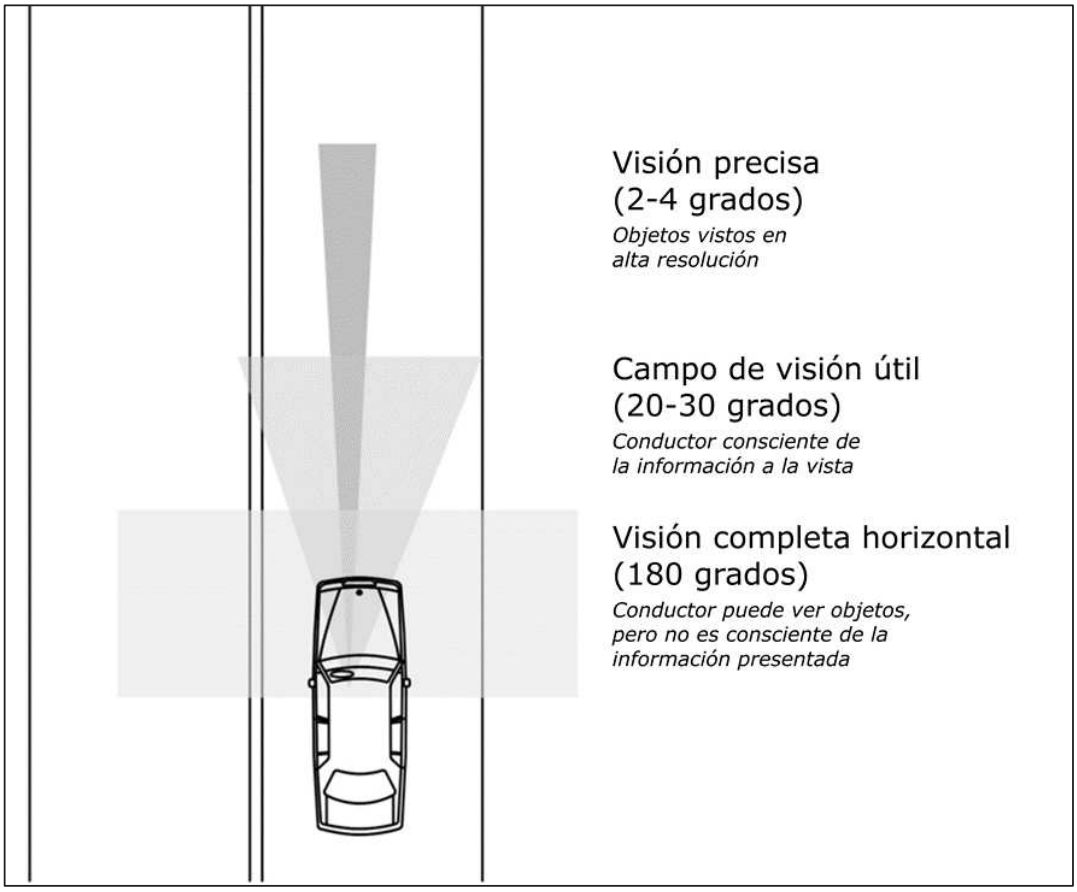
Lo que los conductores necesitan detectar en su visión periférica incluyen vehículos en una de intersección de la vía, peatones y señales. En general, los objetos de mejor detección por la visión periférica son objetos que están más cerca del centro de coordinación; que difieren en gran medida desde 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 20 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 esta mientras se conduce, a menos que tenga un elemento motivador que lo obligue a centrar su atención en dicho elemento.

Figura 20. Visibilidad Relativa de Destino del Objeto con Visión Periférica



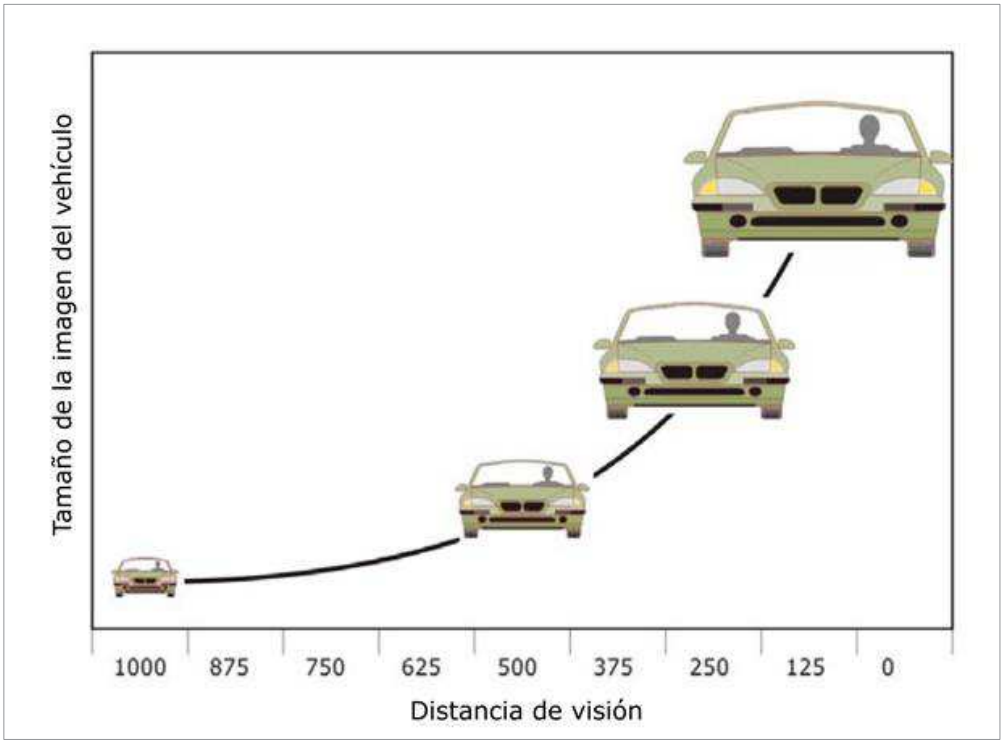
Fuente: Highway Safety Manual (AASHTO)

G. 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 el carril de circulación en sentido contrario.

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

Figura 21. 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 tiempo 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 colisiones 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 colisiones.

H. OBSERVACIÓN VISUAL:

La conducción obliga a la observación activa de la escena de carretera la cual cambia rápidamente, esto requiere una rápida recopilación y absorción de la información vial. Mientras que la longitud de fijación del ojo en un tema en particular puede ser tan corto 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 bastante 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 advertencia de curva ubicadas justo antes (10 a 30 m. antes) de la zona de aproximación pueden reducir 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 realizados por aproximadamente un 50 y 60 % de los peatones, respectivamente.

1.10.1Tiempo 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 discutidos en secciones anteriores, 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 siniestro. 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.
- Objeto estático.
- 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 toma 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 toma 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 a una peatón con alto contraste en el margen de las carreteras, y 2.8 segundos para responder a 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 del tráfico es la elección de velocidad del conductor. Mientras que los límites de velocidad influencian en la elección de la velocidad del conductor, estos no son los únicos o las influencias más importantes.

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 a conducir a 60 mph con el velocímetro cubierto y la velocidad promedio fue de 57 mph. Con las mismas instrucciones, pero a lo largo de una ruta rodeada de árboles, la velocidad promedio fue de 53 mph. 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 influencian 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 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 arteriales encontró alguna influencia de la velocidad límite, pero ninguna influencia de variables de diseño carretera. Las secciones estudiadas tenían límites de velocidad que oscilaron desde 40 hasta 90 km/h. El límite de

velocidad representó el 53 por ciento de la varianza en la velocidad, pero factores como la alineación, la sección transversal, la presencia de mediana y la carretera no se encontraron relevantes estadísticamente en relación con la velocidad de operación.

1.10.2Usuarios Vulnerables

Se denomina así al grupo de usuarios de las calles o caminos que están expuestos a un mayor riesgo dentro del sistema vial, ya que tienen un alto riesgo de ser seriamente lastimados (o incluso de perder la vida) en caso de sufrir un accidente de tránsito, dado que se caracterizan por no tener una protección exterior. Es importante establecer que cuando se hable de usuarios vulnerables, se debe hacer refiriéndose solamente a sus características específicas como modo de transporte.

Los usuarios vulnerables pueden ser divididos en 3 grupos principales:

- Peatones
- Ciclistas
- Motociclistas

Deben considerarse las particularidades de los grupos más vulnerables en cuanto a edad y otras características (niños, ancianos y minusválidos). Así mismo se tratarán con detalle las peculiaridades y necesidades de los grupos vulnerables en cuanto a su forma de desplazamiento (peatones, ciclistas, motociclistas, etc.).

Tomando en cuenta su movilidad y su capacidad de afrontar las situaciones propias del tránsito, se encuentran los siguientes grupos especiales de usuarios vulnerables que son tratados como peatones y ciclistas.

- Niños. Son particularmente vulnerables ya que carecen de la habilidad para lidiar con el tránsito. Se encuentran en alto riesgo en las situaciones en que el tránsito es muy denso o se mueve rápidamente, cuando las condiciones de visibilidad son limitadas o cuando los conductores están concentrados en los vehículos y olvidan la presencia de peatones o ciclistas.
- Ancianos. Muestran una disminución gradual en su habilidad para lidiar con las situaciones del tránsito y por lo mismo están sujetos a un mayor riesgo de verse involucrados en accidentes; físicamente son más frágiles y tienden a exponerse menos reduciendo su movilidad.
- Personas con movilidad reducida o restringida. Cualquier individuo con problemas físicos, sensoriales o mentales que afectan su capacidad de movimiento. Usualmente utilizan ciertas ayudas para desplazarse (muletas, bastones, sillas de ruedas, etc.). Al igual que los ancianos, los minusválidos están en mayor riesgo en situaciones de tránsito complejas o en lugares donde la infraestructura no está adaptada para su circulación.
- 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 no respetan las señales, lo que conlleva a generar situaciones de alto riesgo para los demás usuarios del camino.

¿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 la siniestralidad 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.
  - Glorietas y mini glorietas (con escaso tráfico de pesados).
  - Estrechamientos de calzadas, progresivos.
  - Reductores de velocidad de lomo (jibas).

1.10.3 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: os 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.
  - Poca estimación de cómo una situación se puede convertir en riesgo, por ejemplo, seguir muy de 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: Iluminación
  - Pérdida auditiva: Peatones
- Cambios cognitivos:
  - Capacidad de seleccionar información: Señalización
  - Capacidad de realizar diversas actividades de manera simultánea: Giros a izquierda
  - Pérdida de atención: Elevado IMD
- Cambios físicos:
  - Disminución de la capacidad motora y articular: Intersecciones

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.

1.10.4Conducción 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 tares 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 a recorrer a ciegas aproximadamente 100 metros. Las distracciones como causa de accidentes son muy altas en todos los países y circunstancias.

1.10.5Alcohol 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 2.

Tabla 2. 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 – 0.8 g/l
Conducción peligrosa	0.8 a1.5 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 entre el 15 y 30% de las colisiones de tránsito.

Era tan importante su consideración que a principios del siglo pasado, la normativa obligaba a los conductores a dormir 8 horas mínimo antes de conducir un vehículo.

Los factores que favorecen la somnolencia son:

- Momento del día: horas de peligro (entre las 3 y las 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 incurren 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 las colisiones relacionados con el transporte profesional. No se duerme por la noche y se experimentan fuertes periodos de sueño durante el día.

1.11 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 trayecto 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 respeto 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 la 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 diseminar 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 piezas 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).

1.12 RELACIÓN DISEÑO - CONDUCTOR

1.12.1 Vías Urbanas

En las vías urbanas la relación diseño- conductor es importante considerarla 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 de 50 Km/h. 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.

1.12.2 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.

1.12.2.1 Intersecciones y Puntos de Acceso

Como se mostró en apartados anteriores, 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 típicamente sin marcar y puede involucrar un giro.
- Encausamiento: 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 maniobras de los demás usuarios.
- Evaluar la adecuación de brechas (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.

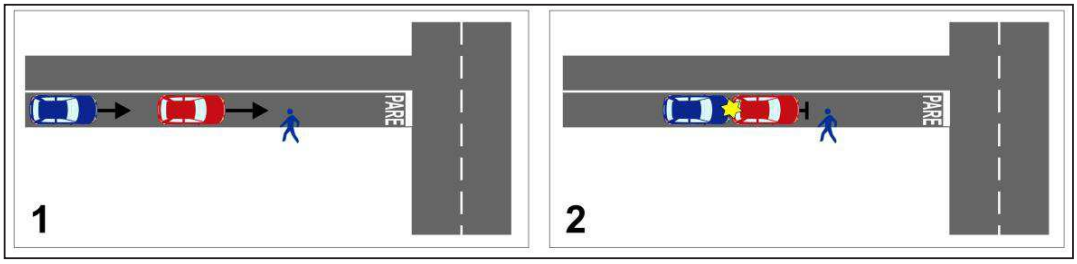
Por lo tanto, las intersecciones ponen altas exigencias a los conductores en función de la observación visual, estimación de la brecha (gap) para pasar y los requisitos de toma de decisiones que aumentan las posibilidades de error. Las estadísticas de accidentes de tránsito muestran que aunque las intersecciones constituyen una pequeña parte de la red de carreteras, alrededor del 50 % de todas las colisiones urbanas y el 25 % de las colisiones en zonas rurales están relacionados con las intersecciones. Un estudio de los factores humanos que contribuyen a las causas de las colisiones 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 COLISIONES POR ALCANCE:

Los errores que conducen a colisiones 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.

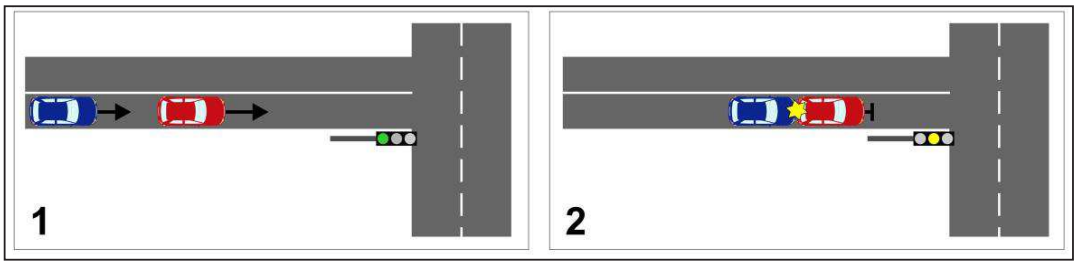
Figura 22. Errores de Colisión por Alcance, Caso 1



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- Se supone que el primer vehículo seguirá en un semáforo en verde o amarillo, 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.

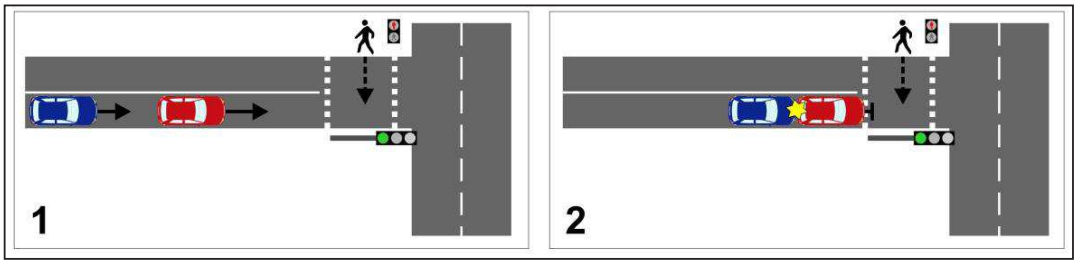
Figura 23. Errores de Colisión por Alcance, Caso 2



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- Se supone que el primer vehículo continuará a través de un semáforo en verde o amarillo 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.

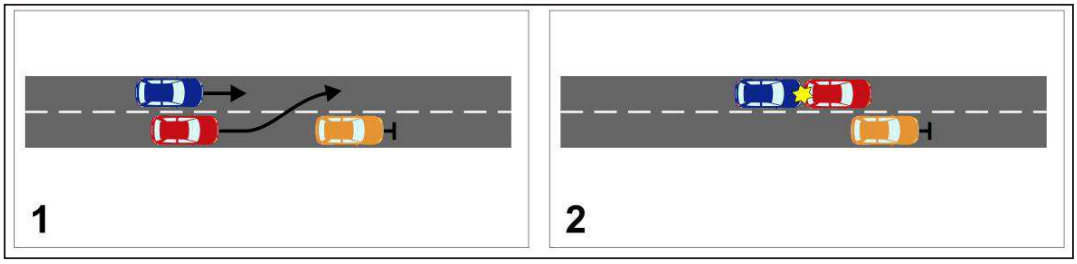
Figura 24. Errores de Colisión por Alcance, Caso 3



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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

Figura 25. Errores de Colisión por Alcance, Caso 4



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

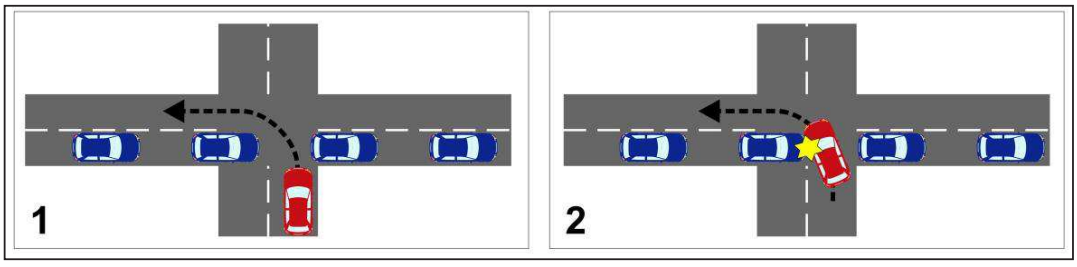
- Situaciones de distracción que pueden conducir al fracaso para detectar, retardar o detener vehículos por delante. Las situaciones de distracción podrían incluir:
  - Preocupación por los pensamientos personales.
  - Atención dirigida a las tareas de no-conducción dentro del vehículo.
  - La distracción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

B. ERRORES EN COLISIONES 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 de vehículos (gap) 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.

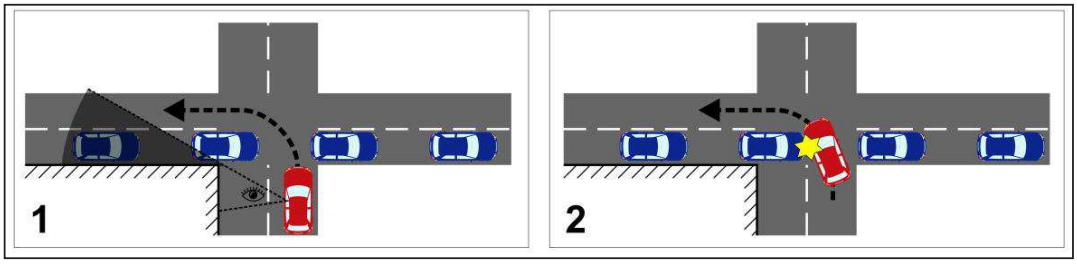
Figura 26. Errores en Colisiones en Giros, Caso 1



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- 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.

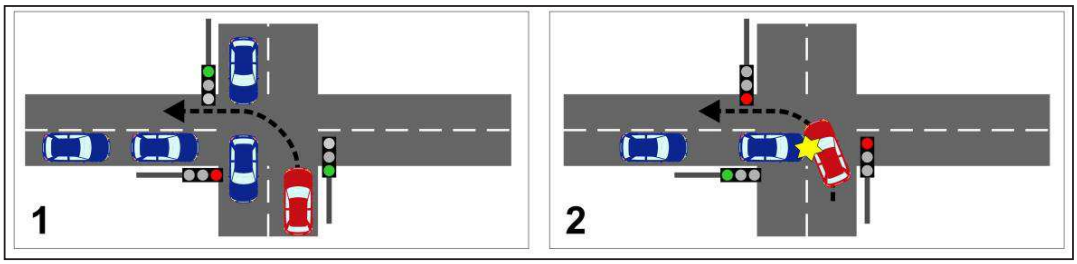
Figura 27. Errores en Colisiones en Giros, Caso 2



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- 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 amarillo para hacer el giro, momento en el que entran en conflicto con los conductores que se aproximan y cruzan en el sentido opuesto.

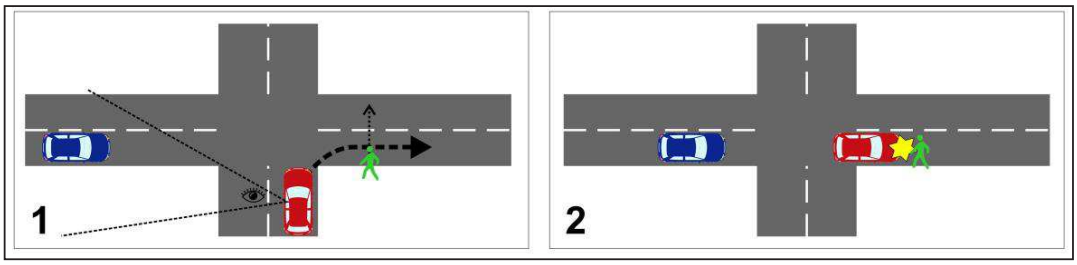
Figura 28. Errores en Colisiones en Giros, Caso 3



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- 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 29. Errores en Colisiones en Giros, Caso 4



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

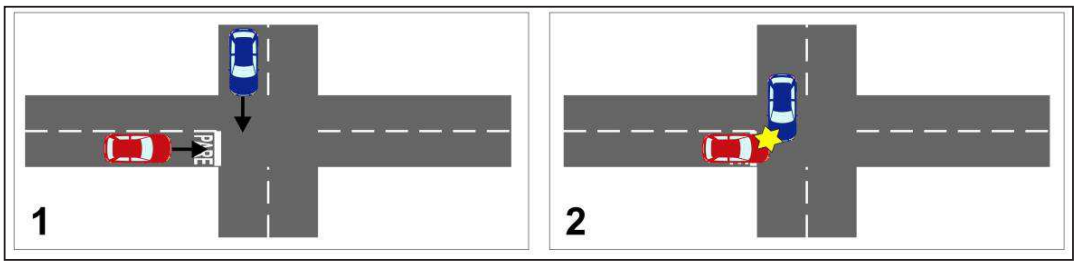
C. ERRORES EN COLISIONES FRONTO-LATERALES

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 30. Errores en Colisiones Fronto-Laterales



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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.

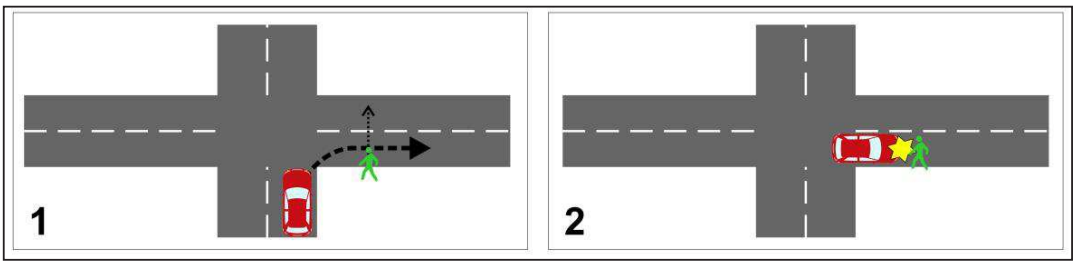
D. ERRORES EN COLISIONES CON USUARIOS VULNERABLES

Las colisiones 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 31. Errores en Colisiones con Usuarios Vulnerables



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 colisiones, 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.

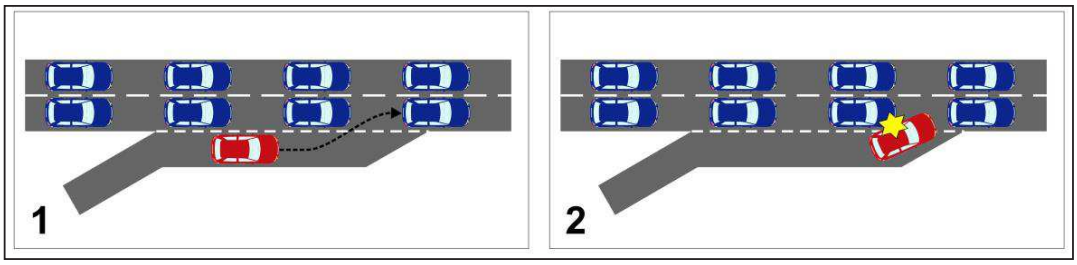
Aunque el alumbrado público ayuda a los conductores a ver a los peatones, este puede crear zonas irregulares de luz y oscuridad que hace que los peatones sean difíciles de ver a cualquier distancia.

E. ERRORES EN COLISIONES 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 sin peaje 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 (gap) 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 32. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 1

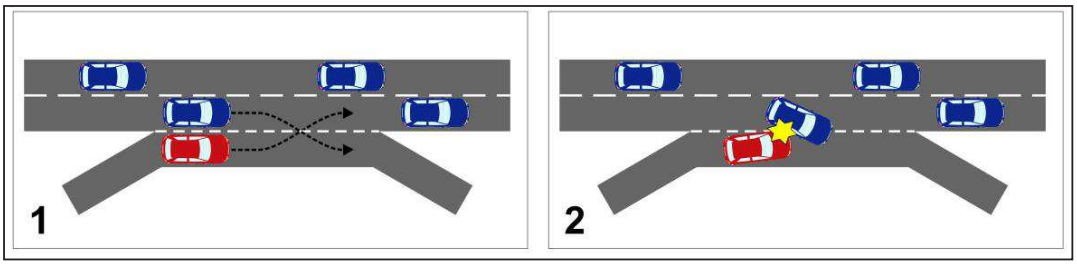


Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- 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 siniestro. 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 colisiones 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.

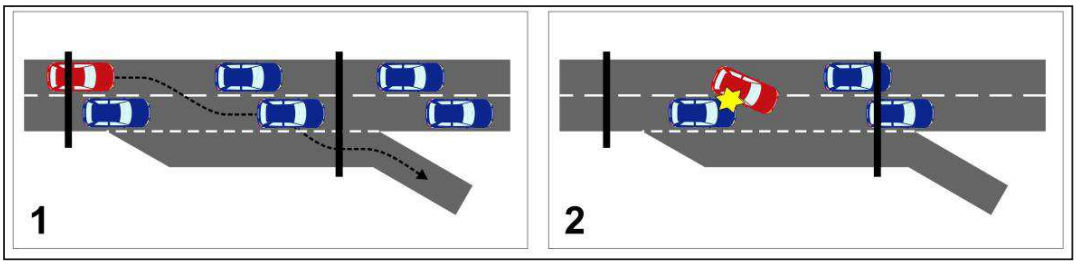
Figura 33. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 2



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- 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.

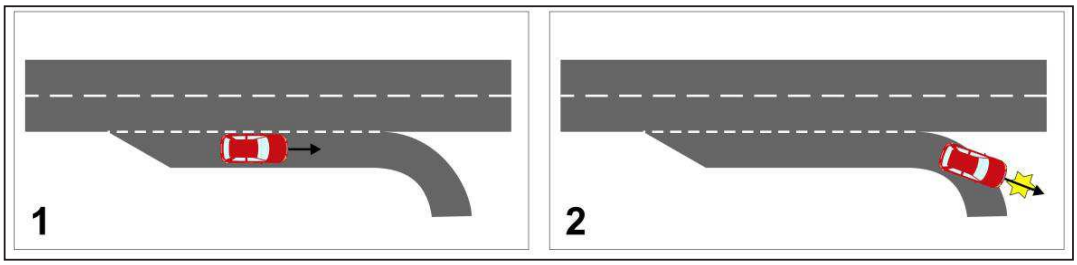
Figura 34. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 3



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- 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 colisiones posteriores o a salidas de la vía.

Figura 35. Errores en Colisiones en Alcances, Caso 4



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

1.12.2.2 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 poco 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 siniestros en este tipo de vías se describen a continuación.

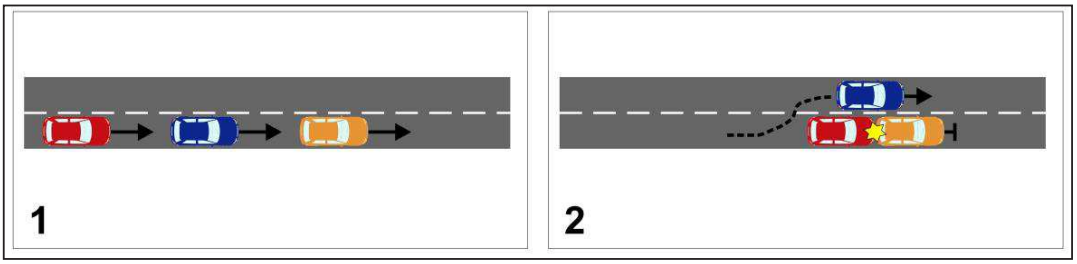
a. Falta de Atención del Conductor y Somnolencia:

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 fuertemente 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 las colisiones 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 colisiones en estas vías también pueden ocurrir cuando los conductores se encuentran con un movimiento lento o se detienen 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 la rapidez de la 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 primero 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 el siguiente vehículo con poco tiempo para responder.

Figura 36. Movimiento Lento o Detención de Vehículos Delante



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 ningún tiempo para el 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.

1.12.2.3 Carreteras Convencionales (Sin Separador Central)

Las carreteras convencionales varían mucho en diseño y por lo tanto también cambia la carga de trabajo del conductor y la percepción de riesgo. Algunas carreteras convencionales pueden tener curvas de gran radio, en su mayoría 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 muy poco exigente, dando lugar a la monotonía y posiblemente a la falta de atención del conductor o somnolencia. Por otro lado, las carreteras convencionales 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 convencional, estos problemas pueden llevar a salidas de la vía y colisiones 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. Tienden 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.

1.13 PROGRAMAS EDUCATIVOS

1.13.1 Propósito

La educación para la movilidad segura debe tener como finalidad que la persona sea capaz 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 deben incluir todas aquellas 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.

El Consejo Nacional de Seguridad Vial (en adelante CNSV) debe tener, entre sus funciones, elaborar programas de sensibilización vial y trabajar para promover la educación y movilidad segura.

1.13.2 Programas Educativos en el Perú

PROGRAMA EDUCATIVO DE SEGURIDAD VIAL

El Programa Educativo de Seguridad Vial, forma parte de la propuesta educativa del CNSV, que en cumplimiento del objetivo específico Nº 01 del Plan Nacional de Seguridad Vial 2007-2011 (aprobado mediante D.S. Nº 013-2007-MTC), contempla la "Implementación del Programa Educativo de Seguridad Vial al interior del sistema educativo peruano".

El objetivo del programa es generar, en los estudiantes de los niveles de formación primaria y secundaria, valores por el respeto 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 contiene 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 promueve 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 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 fue necesario el diseño de textos de formación pedagógica para docentes de los niveles de Educación Básica Regular Primaria y Secundaria, los cuales se denominaron Guías de Educación en Seguridad Vial. Dichos textos, han sido elaborados en cumplimiento a la estrategia Nº 1: Implementación del Programa Educativo en Seguridad Vial establecida en el Plan Nacional de Seguridad Vial, aprobado mediante Decreto Supremo Nº 013-2007-MTC, y son la principal herramienta de enseñanza para profesores y tutores, las cuales han sido oficializadas por el Ministerio de Educación mediante RM Nº 0374-2008-ME, la misma que determina su implementación en cada aula de las instituciones educativas a nivel nacional a partir del año escolar 2009.

e. Base Legal:

- DS Nº 013-2007-MTC, que aprueba el Plan Nacional de Seguridad Vial (Estrategia Especifica N° 1 "Implementación de un Programa Educativo en Seguridad Vial").
- Resolución Ministerial N° 374-2008-ED, que aprueba las Guías de Educación en Seguridad Vial para docentes y dispone su implementación en Aulas.
- Resolución Ministerial Nº 440-2008-ED, que incluye por primera vez en el Diseño Curricular vigente, temas y contenidos específicos de educación vial.

CAMPAÑAS E INICIATIVAS

El CNSV realiza campañas periódicas de concienciación en materia de Seguridad Vial. La más visible son sus spots publicitarios, que se realizan desde el año 2007 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. Así mismo brinda orientación e información pertinente a nuestra sociedad, generando una cultura de respeto por las normas viales.

Otra propuesta interesante es el portal de internet denominado transitando.com.pe. Se trata de una iniciativa público-privada, encabezada por TOYOTA Perú (que forma parte de las acciones de responsabilidad de la compañía), el Ministerio de Educación y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones con la intención de promover la concientización en torno a los temas de seguridad vial y velar por el cuidado del medio ambiente.

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 como la Fundación Transitemos o Cruzada Vial, que realizan publicaciones y campañas informativas a fin de lograr transmitir los valores de una movilidad segura en la sociedad peruana.

1.13.3 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 hasta edades bastante avanzadas, 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 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, es conveniente que las familias estén al corriente de las actividades que se van a realizar; ya sea mediante campañas o a través de la escuela y sus asociaciones de padres.

LA ESCUELA

Se debe 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. La educación en prevención y seguridad vial forman parte de esa educación en valores y así debe plasmarse en las enseñanzas mínimas del país como en el desarrollo de los currículos escolares específicos.

Los programas de prevención y educación vial deben implicar profesores y alumnos de todas las etapas educativas de la educación formal.

Tienen como objetivos la adquisición de actitudes, valores y comportamientos que los niños deben adquirir para garantizar su seguridad, así como fomentar la enseñanza de la educación en prevención y seguridad vial en los centros docentes, facilitando al profesor su tarea a la hora de poder implementar estas materias dentro del currículo escolar.

Su finalidad es mejorar la seguridad en los desplazamientos, tanto peatonales como motorizados, para incidir en la prevención de accidentes y el fomento de otros modos de movilidad a través de la formación e información.

LA ESCUELA DE CONDUCTORES

Se debe fomentar el aprendizaje de la educación vial en las escuelas de conductores como un aspecto clave para poder obtener la licencia de conducir.

En la actualidad se tratan en profundidad los aspectos relacionados con el reglamento de tránsito y con el mantenimiento del automóvil. Sin embargo, la finalidad del sistema de formación debe ser la de conseguir formar conductores responsables.

Asimismo, esta debe ser la función del sistema de otorgamiento de licencias de conducir, la formación de personas al volante responsables y educadas en materia de seguridad vial.

Para ello se propone dividir la función de capacitación que deben realizar las escuelas de conductores privadas de la función de evaluación, certificación de conocimientos y otorgamiento de licencias, que deben ser efectuadas por una entidad pública que derive del MTC.

EL ENTORNO LABORAL

El desplazamiento obligado por motivos de trabajo, ya sea de conductores profesionales o no, 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. Así pues, en este marco, se incrementa la formación a los trabajadores sobre conocimientos de 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 choferes bien formados en seguridad vial.

Por último es necesario desarrollar un Plan de Comunicaciones 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.

CAPÍTULO 2. INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

Los conceptos, metodologías y tecnologías presentadas en este capítulo no podrán ni deberán ser implementadas en su totalidad en cada proyecto vial. Cada proyecto es único y podrá ser beneficiado por uno o más conceptos desarrollados en este capítulo. Acorde al Filósofo e Ingeniero Vial Ezra Hauer en su tesis "Dos Mitos Dañinos y una Tesis", se debe partir de un escenario base que asume que no hay carreteras totalmente seguras, pero que si pueden diseñarse y construirse de forma más o menos segura. El propósito de este capítulo es conseguir que las vías se diseñen y luego se construyan con la máxima seguridad posible.

El propósito de este capítulo es describir inicialmente la Etapa de Diseño que incluye el proceso de diseño, elementos de diseño geométrico, diseño de zonas laterales, márgenes laterales, elementos de drenaje y otros que se pueden utilizar para minimizar el uso de sistemas de contención. Estos conceptos se relacionan con la posible presencia de usuarios vulnerables. Con esa base se expande el propósito de este capítulo con una presentación de los elementos básicos del diseño de los sistemas de contención que pueden ser necesarios en los casos de terraplenes altos, puentes, separación entre calzadas, entre otros. Adicionalmente, el propósito de este capítulo es destacar como diversos elementos pueden ser tratados durante el proceso de diseño para mejorar la seguridad vial. Se presentan conceptos de superficies, intersecciones, cruces ferroviarios, iluminación, túneles, puentes, peaje y pesaje. Todos estos elementos se deben tomar en cuenta durante el proceso de diseño para lograr una vía más segura.

Al final de este capítulo se presentan conceptos fundamentales que se pueden aplicar durante la Etapa de Construcción con la idea de construir con la misma seguridad que se diseñó.

Las normas viales se deben realizar con información reciente y actualizada. Sin embargo estas pueden demorar en publicarse debido a los procesos de revisión, edición, y publicación. Por tal motivo este Manual brinda directrices de seguridad que pueden exceder los requerimientos de las normas actuales.

2.2 DISEÑO GEOMÉTRICO

Cuando un vehículo abandona, por cualquier motivo, la superficie de rodadura de una vía, 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 peruanas. Sin embargo, si el usuario desea conocer en detalle la normatividad en diseño geométrico, debe revisar en profundidad el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2014) aprobado por RD N028-2014-MTC/14 (30.10.2014) Vigente del 27.06.2015. La seguridad debe recibir especial atención en la etapa inicial del diseño de vías o de intersecciones.

2.3 ZONAS LATERALES Y MEDIANAS

2.3.1 El Concepto de Carreteras que Perdonan

De acuerdo a estadísticas internacionales, los eventos conocidos como "siniestros por salida de 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).

2.3.2 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 3.

Tabla 3. 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(1)	1:5 a 1:4	1:3	1:5 a 1:4	1:6(1)
<60	<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
70-80	<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
90	<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(2)	5.0 -5.5	6.0 – 6.5	6.5 – 7.5
100	<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(2)	3.5 – 4.5	5.0 – 5.5	6.0 – 6.5
	1,500-6,000	8.0 – 9.0	10.0 – 12.0(2)	4.5 – 5.5	5.5 – 6.5	7.5 – 8.0
	>6,000	9.0 – 10.0(2)	11.0 – 13.5(2)	6.0 – 6.5	7.5 – 8.0	8.0 – 8.5
110(3)	<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(2)	3.5 – 5.0	5.5 – 6.0	6.0 – 6.5
	1,500-6,000	8.5 – 10.0(2)	10.5 – 13.0 (2)	5.0 – 6.0	6.5 – 7.5	8.0 – 8.5
	>6,000	9.0 – 10.5 (2)	11.5 – 14.0(2)	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: Manual de Carreteras de Chile (Tabla 6.502.503.A). 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 4.

Tabla 4. 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: Manual de Carreteras de Chile. (Tabla 6.502.503.B). 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.

2.3.2.1 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.

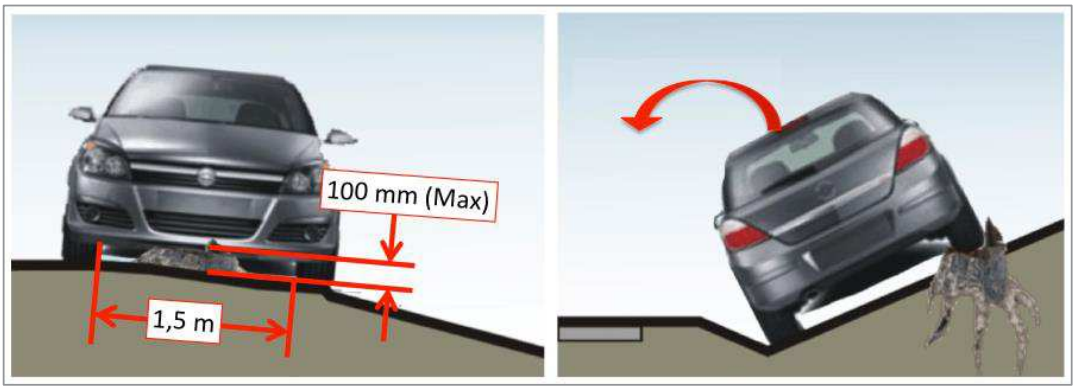
(Fuente: Manual SCV - Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras).

2.3.3 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 37 y Tabla 5).

Figura 37. Ejemplo de la Zona Despejada - Contar con un Terreno Transitable



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Tabla 5. 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 Figura 44 y Figura 45
Cunetas transversales	Por lo general requieren barrera cuando hay alta probabilidad de impactos frontales
Terraplén	Ver Figura 75
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

2.3.3.1 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 común 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 aumentar 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.

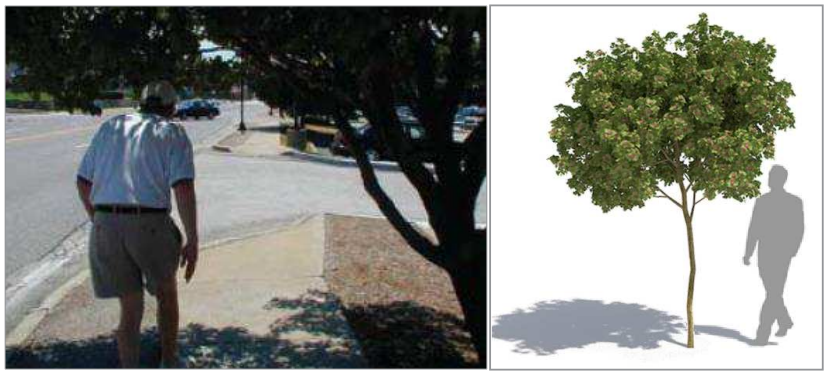
e. Paraderos de transporte colectivo

- Hacer visible de día y de noche la infraestructura del paradero.
- Alejar en lo posible de los carriles de circulación.

f. Paisajismo

- Seleccionar especies 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 38.

Figura 38. Consideración del Peatón al Podar los Arboles

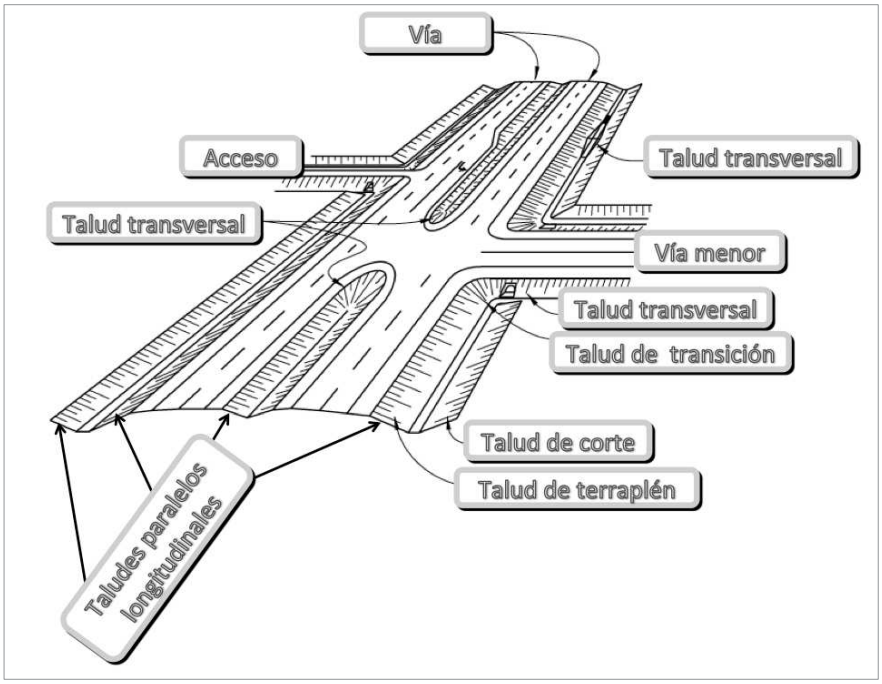


Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

2.3.4 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 39. Éstos afectarán la trayectoria, estabilidad, control y el alcance del movimiento lateral de un vehículo errante.

Figura 39. Configuración de Taludes



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

2.3.4.1 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.

Pendientes relativamente planas permitirán a un conductor de un vehículo que se 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 6, Clasificación de Taludes Paralelos Longitudinales.

Tabla 6. Clasificación de Taludes Paralelos Longitudinales

Clasificación	Pendiente (S)
Preferible	S <= 1V:6H
Transitable y recuperable	1V:6H < S <= 1V:4H
Transitable no recuperable	1V:4H < S <= 1V:3H
Crítico no transitable	S > 1V:3H

Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Si una pendiente se considera "transitable y recuperable" el proyectista debería asegurar el cumplimiento del ancho de la zona despejada indicada en la Tabla 3 y Tabla 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 un talud, tiene poca capacidad de frenar y casi nula capacidad de cambiar de rumbo.

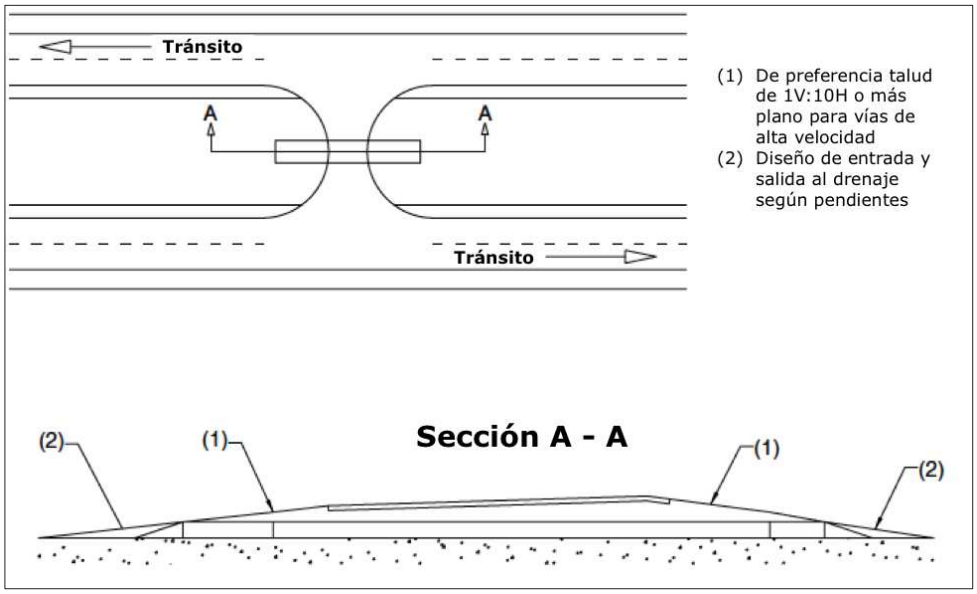
Por otra parte, si la pendiente del talud se clasifica como "crítico no transitable" el vehículo correrá el riesgo de volcarse y para evitar este escenario se recomiendan sistemas de contención tomando como factor determinante la altura del talud.

2.3.4.2 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.

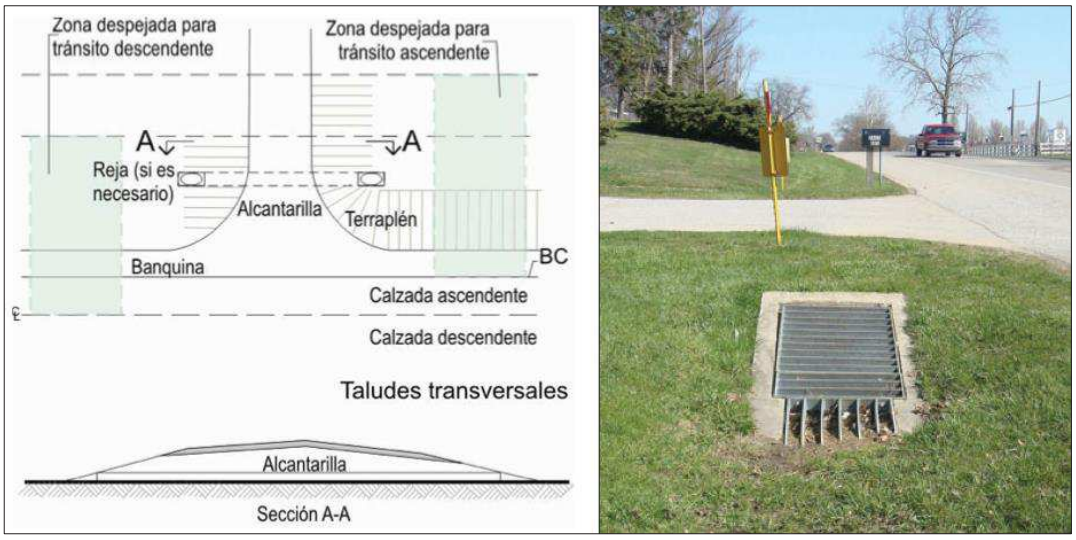
Lo ideal es que una pendiente transversal presente un perfil de máximo 1V:10H.

Figura 40. Diseño de Cruce de Separador Central con Alcantarilla



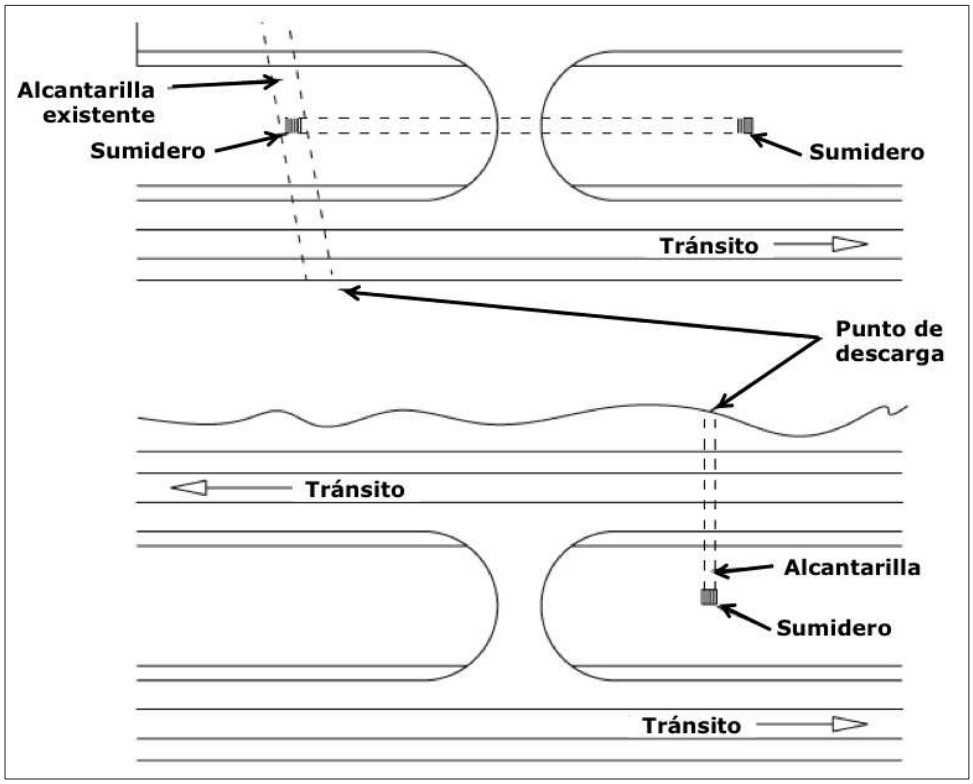
Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 41. Tratamiento Seguro del Drenaje con Pendiente Transversal en un Acceso Lateral



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 42. Diseño de Cruce de Separador Central con Sumideros



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 43. Ejemplo de Sumidero en el Separador Central



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

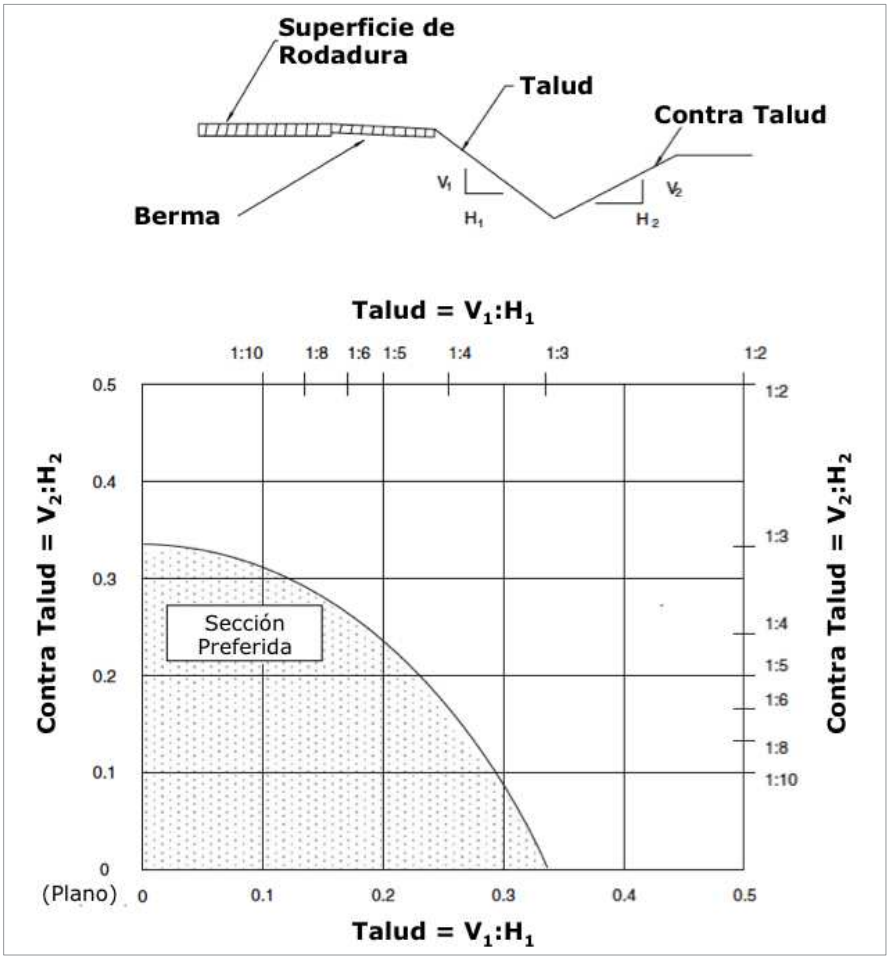
2.3.4.3 Taludes de Cunetas de Drenaje

Las cunetas y los canales 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 44 y Figura 45 presentan configuraciones de los taludes de las cunetas de perfil de cambio abrupto o "V" y las de cambio gradual o trapezoidal. El proyectista debería siempre tratar de elegir combinaciones de talud y contra talud que estén en la zona sombreada ya que estas se consideran transitables.

Figura 44. Configuración de Cunetas con Cambio de Talud Abrupto

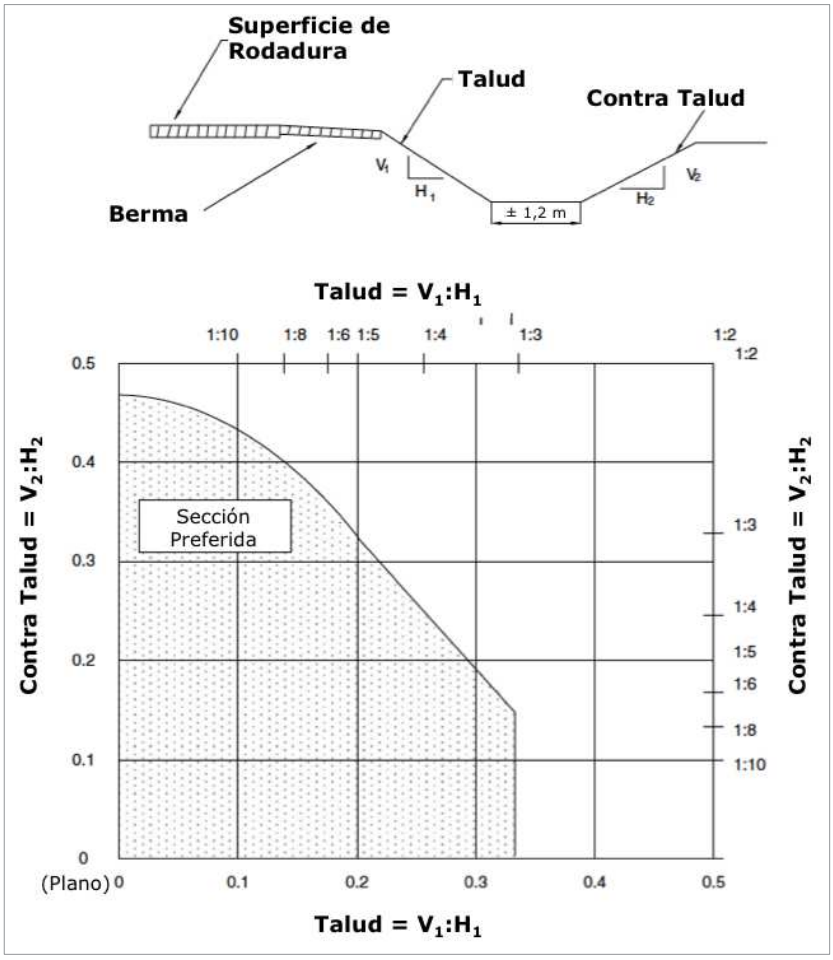


Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

La Figura 44 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.

La Figura 45 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 45. 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 46). De lo contrario se debería considerar el uso de un sistema de contención.

Figura 46. Sistema de Drenaje Cerrado con Entradas Laterales



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

2.3.5 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.

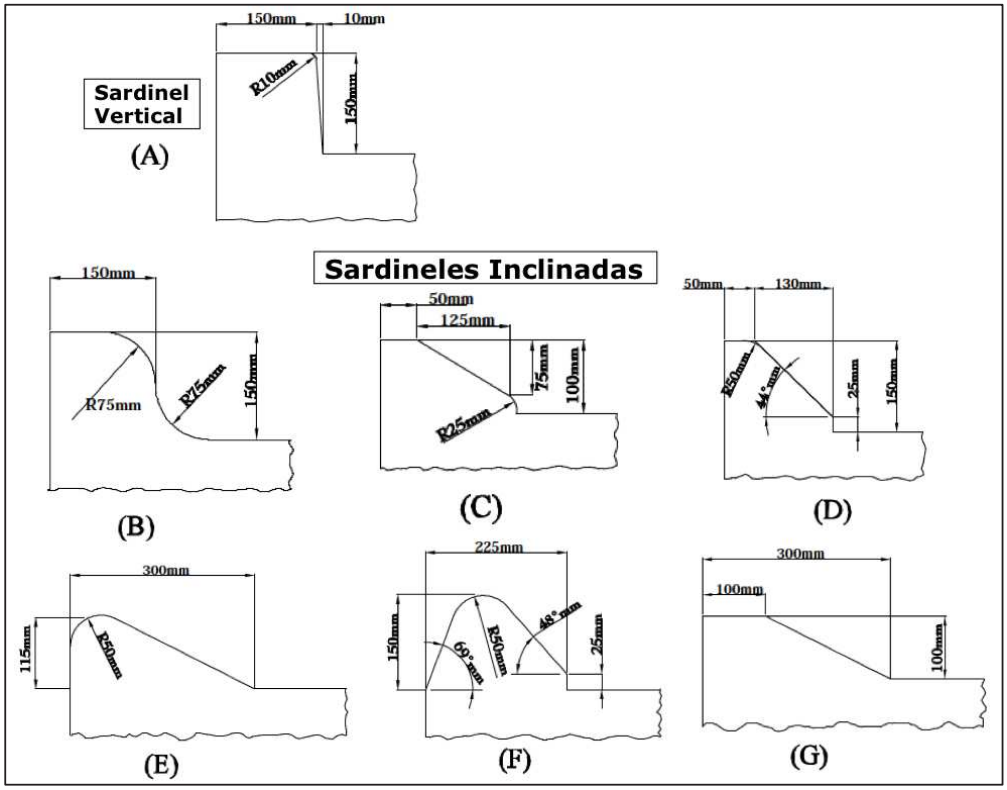
De este modo, en orden de preferencia se debe:

- 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 escudar los usuarios del peligro que representan.

2.3.5.1 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 47 se puede apreciar la configuración de sardineles según AASHTO.

Figura 47. Configuración de Sardineles

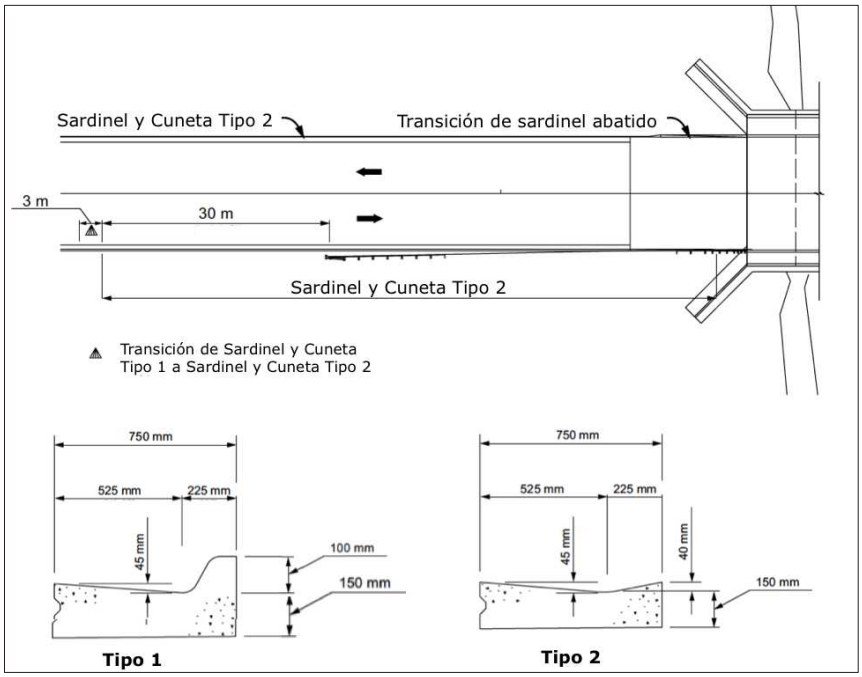


Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

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 48.

Figura 48. Transición de Sardinal con Cuneta en Caso de Puentes en Vías de Alta Velocidad

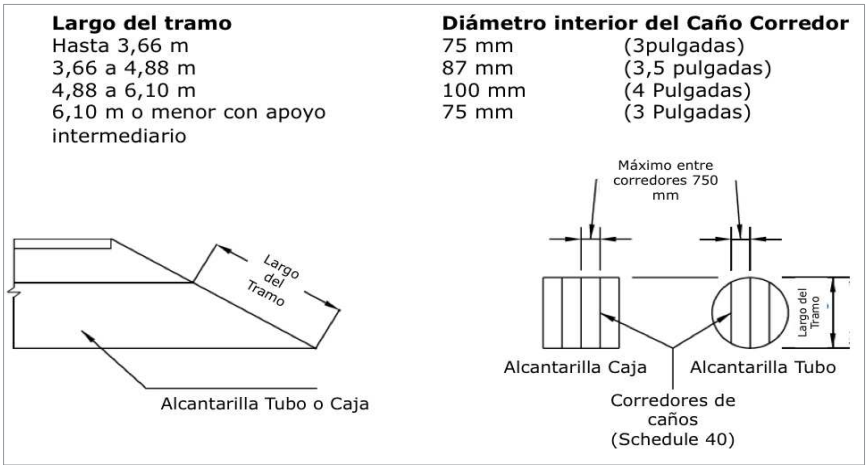


Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

2.3.5.2 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 49. Configuración de Entradas y Salidas de Caños



Fuente: Basado en RDG 2011 AASHTO

Figura 50. Imagen de Tratamiento Seguro de Alcantarillas Transversales



Fuente: Roadside Design Guide, 2011 de AASHTO

2.3.6 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 tráfico no motorizado deben ser rentables socialmente y sostenibles financieramente.

2.3.6.1 Peatones

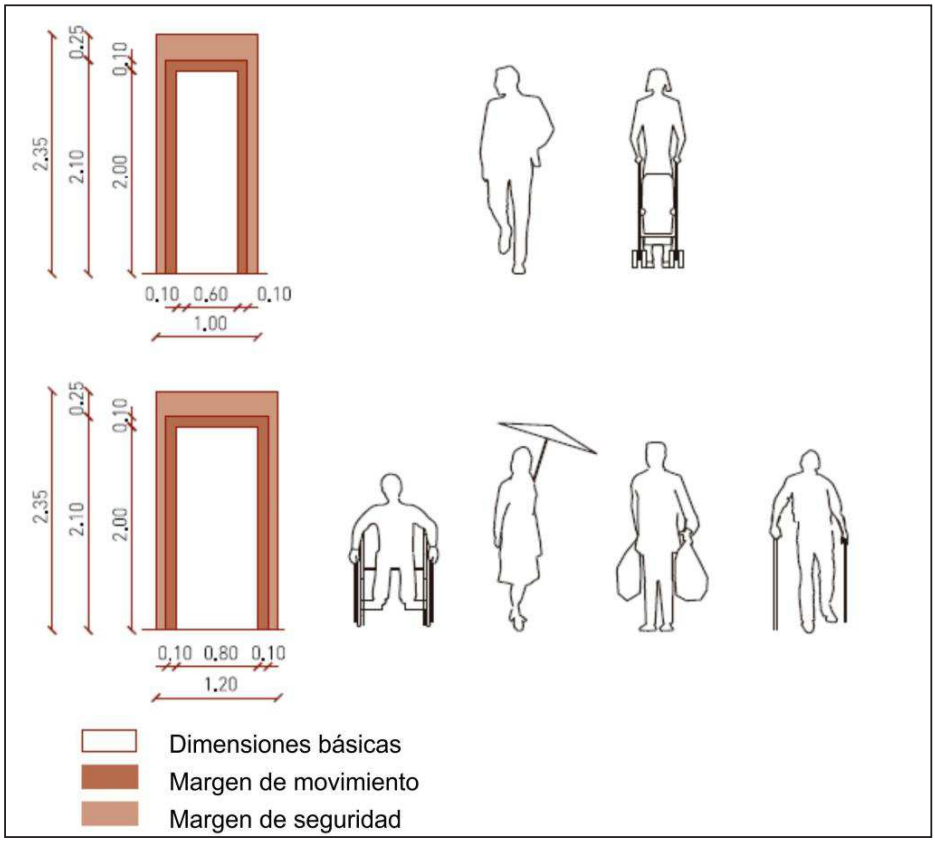
A. DIMENSIONES BÁSICAS DEL PEATÓN

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 51. 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 aceras 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 aceras.

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.

Ecuación N° 1. Anchura Libre de la Vereda

$$Av = Db + Mm + Ms + Si\ (cm)$$

Tabla 7. 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 Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

El suplemento de anchura libre (S_l) considera las condiciones del entorno. Si diferentes condiciones se presentan simultáneamente, habrá que sumar los valores de la tabla siguiente:

Tabla 8. Suplemento de Anchura Libre

Condiciones	Suplemento de anchura libre S_l (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 semibateria	50

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

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:

Ecuación N° 2. Anchura Libre de la Vereda

$$Av = \left(\frac{Ip}{Dp}\right) * Vm\ (m)$$

Donde: I_p: Intensidad de peatones expresada en peatones/segundo

D_p: Densidad de peatones en peatones/m^2, y define la calidad de servicio deseada (ver la tabla siguiente)

V_m: Velocidad media en metros/segundo

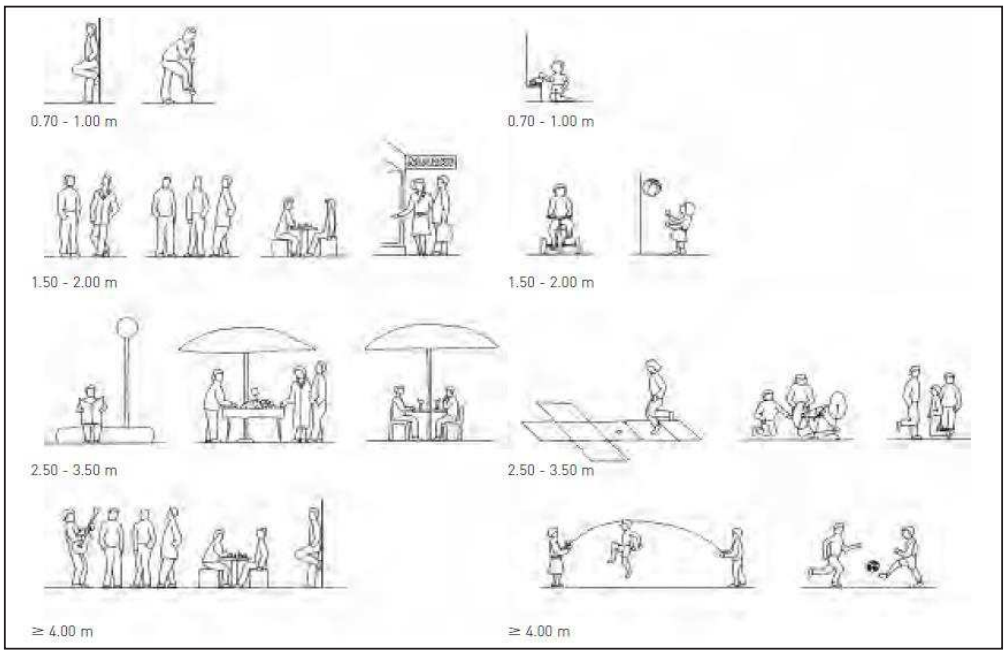
Tabla 9. Densidad de Peatones

Calidad de servicio	D_p (peatones/m^2)
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 Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

En los apartados 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.

Figura 52. Dimensiones del Espacio de Peatones según los Usos y Actividades

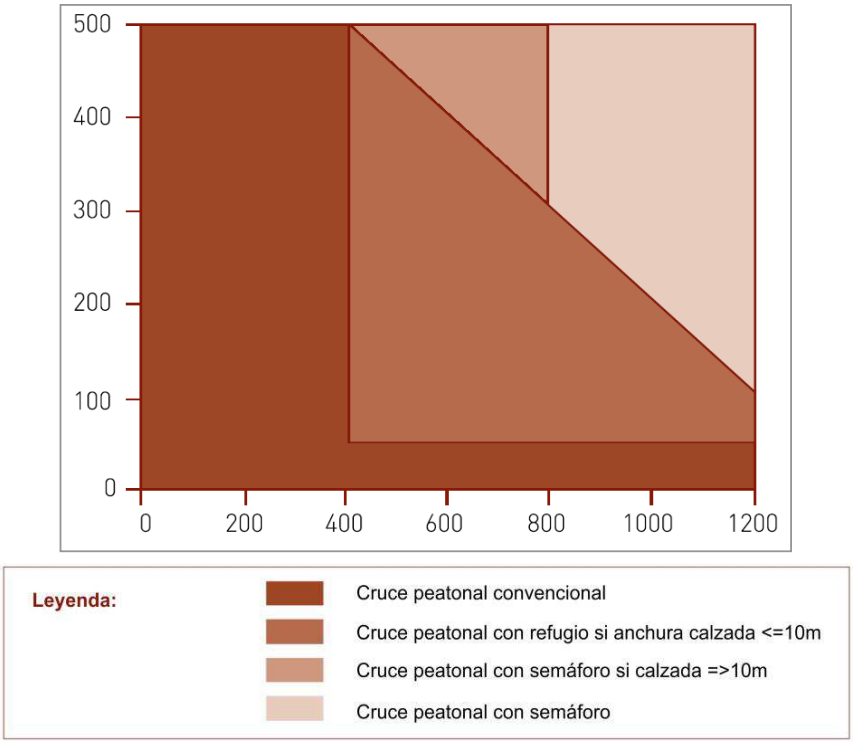


Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

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 53. Tipos de Cruce Recomendado en Función de las Intensidades de Tránsito Vehicular y Peatonal



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

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.

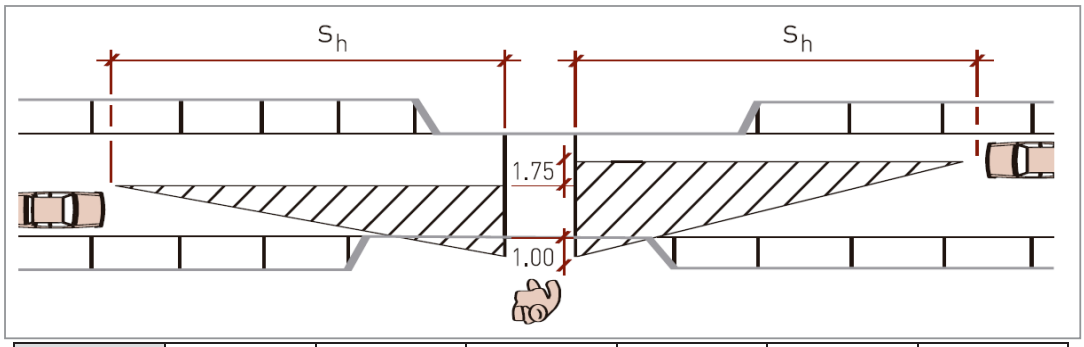
En cuanto a los pasos de peatones convencionales, se dispondrán en la máxima continuidad posible a lo largo de los itinerarios de peatones, y para aumentar la percepción pueden incluir:

- 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 54. Cálculo de la Distancia de Visibilidad de los Peatones

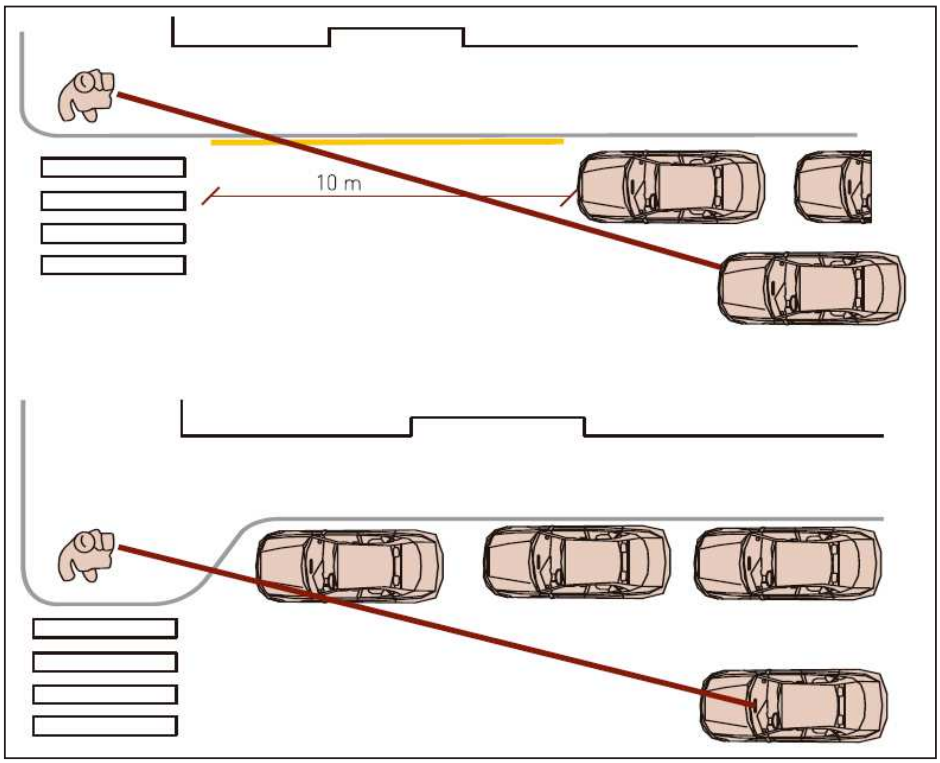


V (km/h)	20	30	40	50	60	70
S_h (m)	10	20	30	40	50	60

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

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 55. Mejora de la Visibilidad en Cruces



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

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 circulan por ella con velocidades muy reducidas.

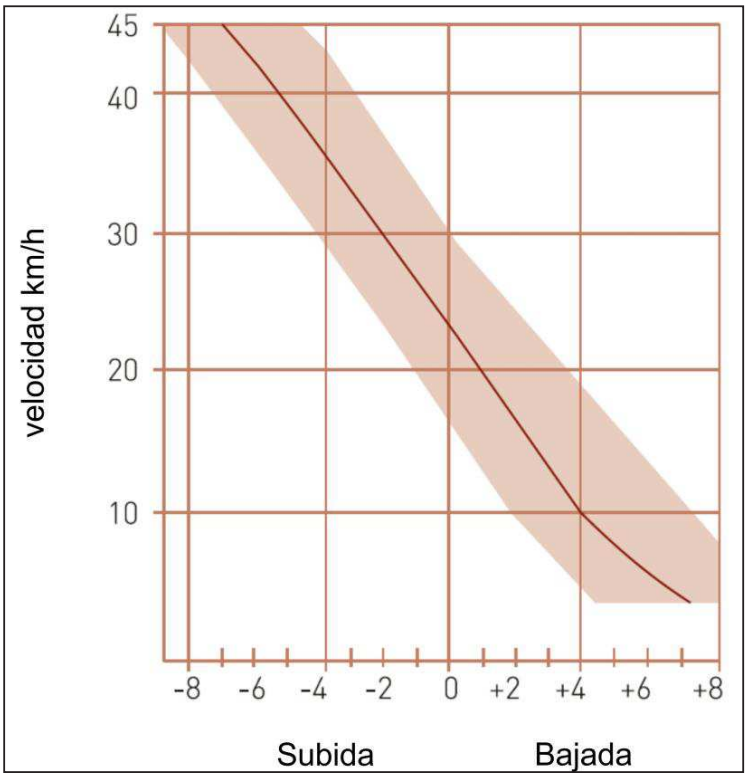
2.3.6.2 Bicicletas

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 56. Relación entre Pendiente y Velocidad



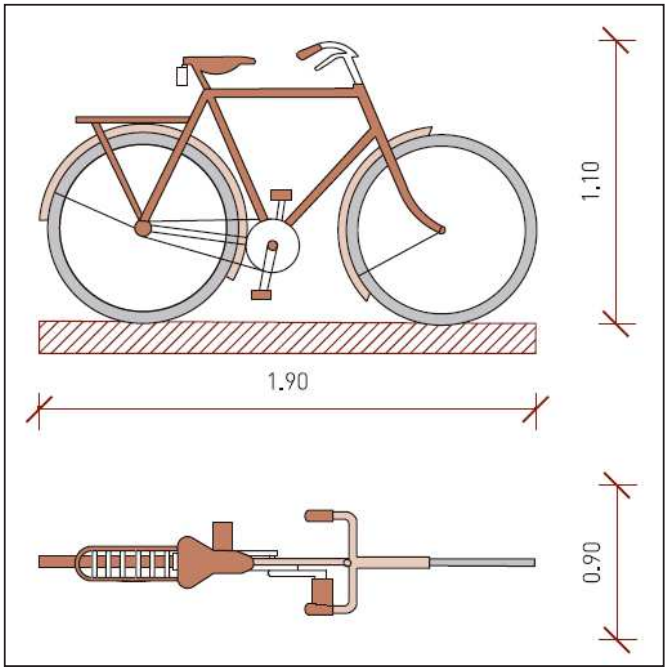
Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

A continuación se presentan las principales características del comportamiento 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.

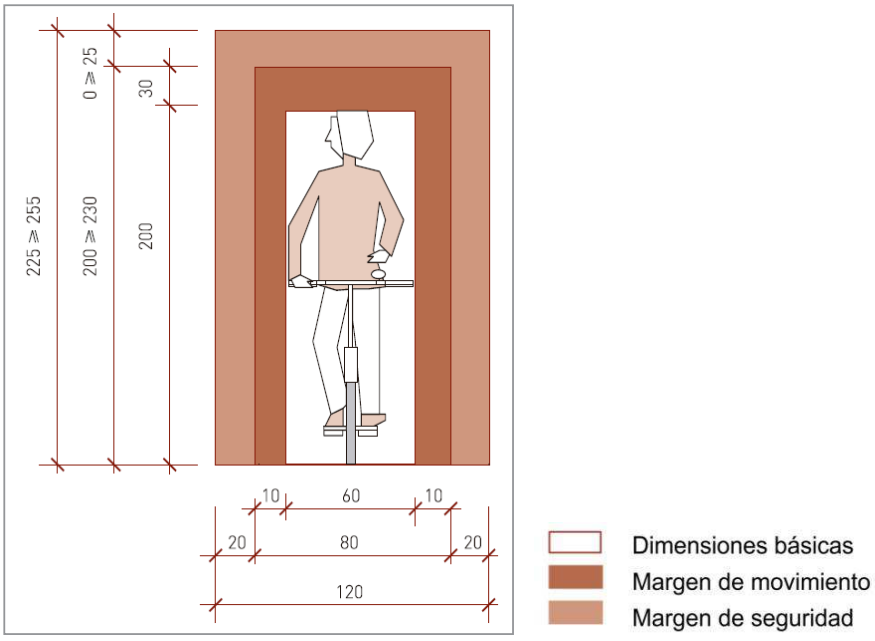
Las dimensiones básicas de la bicicleta pueden variar en función del manillar y de eventuales equipamientos adicionales. Seguidamente se presentan las dimensiones del vehículo estándar:

Figura 57. Dimensiones Básicas de una Bicicleta



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

Figura 58. Dimensiones Básicas para un Ciclista



Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

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 libra. La anchura de la vía ciclista (A_c) es definida por la fórmula siguiente:

Ecuación N° 3. Anchura de la Vía Ciclista

$$Av = Db + Mm + Ms + Si\ (cm)$$

Tabla 10. 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 ≤ 4%	Pendiente ≥ 5%	
60	20	ver tabla	20

Fuente: Recomendaciones de Movilidad para el diseño urbano de Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

El margen de movimiento varía con la pendiente y cubre los balanceos del ciclista. La tabla siguiente presenta los valores:

Tabla 11. 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 Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

El suplemento de anchura libre (S_l) considera las condiciones del entorno. Si diferentes condiciones se presentan simultáneamente, habrá que sumar los valores de la tabla siguiente:

Tabla 12. Suplemento de Anchura Libre

Condiciones	Suplemento de anchura libre S_l (cm)
Borde de la vereda < 12cm	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 Catalunya (Departamento de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya)

A pesar de que la anchura mínima de una vía ciclista unidireccional resulta, con este método de cálculo, de 120 cm, se estima que ésta no debería ser inferior a los 150 cm. En el caso de vías bidireccionales la anchura mínima recomendada es de 300 cm.

C. TIPOS DE VÍAS PARA CICLISTAS

En función del grado de segregación con el resto de los medios de transporte se pueden clasificar en:

- Ciclovía: Plataforma exclusiva para la circulación ciclista, situada en la calzada de circulación vehicular y delimitada por señalización.
- Cicloruta: Independientes del tráfico peatonal y de la calzada de circulación vehicular.
- Ciclovereda: vías unidas o superpuestas al espacio de circulación peatonal. El agravio al tránsito peatonal puede generar irrupciones cruzadas, incidentes y mal funcionamiento de la infraestructura. Se recomienda emplear este tipo de sección únicamente cuando las aceras tengan un ancho suficiente para albergar la circulación peatonal libre de obstáculos de 3 m. además de la ciclovía.
- Ciclobandas: Transcurren por espacios no urbanizados o parques. Generalmente se trata de caminos peatonales aprovechados por ciclistas en los que la separación entre ambos puede ser estricta, nula o basada en señalética horizontal y vertical.

Las ciclovías para velocidades normales, entre los 15 Km/h y los 30 Km/h, y en condiciones adecuadas para la rodadura, se considera que el ancho ocupado por un ciclista en marcha es de 1.00 m recomendándose un resguardo de 0.25 m a ambos lados por seguridad ante posibles movimientos, paradas o puestas en marcha. Pudiéndose considerar que el ancho estricto necesario en ciclovias unidireccionales es de 1.50 m.

Para la circulación de una ciclovia de dos sentidos se requiere un resguardo de 0.25 m a ambos lados siendo el espacio mínimo de 2.50 m.

La sección de una ciclovia dependerá también de la existencia de obstáculos laterales. Si a los lados de la ciclovia no existen obstáculos o éstos son de altura inferior a 0.05 m (gálibo de pedaleo), el resguardo a ambos lados, será de 0.25 m.

Cuando existan sardineles de altura superior a los 0.05 m, éste resguardo será de 0.50 m, con lo que la sección transversal pasará a ser de 3.00 m.

En el caso de que los obstáculos laterales sean árboles, farolas o una pared, este resguardo pasaría a estar en un rango comprendido entre 0.50 m y 1.00 m.

Cuando la ciclovia discurra al lado de una línea de estacionamientos, debe reservarse una banda o un resguardo de 0.80 m que permita la apertura de las puertas de los vehículos sin peligro para el ciclista.

El ancho recomendable de ciclovias bidireccionales estará comprendido entre 2.50 a 3.00 m.

En los casos de tráfico intenso de ciclistas, sería conveniente separar ambos sentidos mediante una línea discontinua y/o con flechas pintadas en el pavimento y considerar un ancho mayor para evitar el ingreso de los ciclistas a la vía vehicular.

D. SISTEMAS DE BICICLETAS COMPARTIDAS

El sistema de bicicletas compartidas pone en la ciudad una serie de puestos (estaciones) en las que se puede coger y dejar una bicicleta. Normalmente los puestos funcionan de forma automática, de modo que el usuario se identifica (con una tarjeta o un código) y

automáticamente se libera una bicicleta. La bicicleta puede ser depositada en cualquier otro puesto sin necesidad de volver al punto original.

El sistema complementa el transporte público convencional. Para su puesta en servicio se requiere una infraestructura específica, implantar medidas de pacificación de tráfico, disponer de un marco jurídico adecuado y suficientes recursos financieros y humanos.

2.4 SISTEMAS DE CONTENCIÓN

2.4.1 Introducción

Este subcapítulo tiene como propósito resumir la información básica de los sistemas de contención y de presentar un procedimiento de diseño que permita seleccionar y ubicar dispositivos adecuados para diferentes situaciones que se pueden presentar. Tiene como fuente el Roadside Design Guide de AASHTO, versión 2011 y tres normas de ensayos: 1) El National Cooperative Highway Research Report 350 del Transportation Research Board, 2) la EN 1317 de la Comunidad Europea de Normas, y 3) el Manual for Assessing Highway Safety Hardware de AASHTO. También se consideró el Manual de Carreteras de Chile, Volumen 6, Edición 2015 y la Directiva Nº 007-008 MTC-02, Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad.

Las siguientes secciones presentan primero los conceptos básicos de los sistemas de contención, una terminología de uso frecuente al tratar este tema, las referencias a las normativas de evaluación de estos sistemas y la certificación de los mismos. Con esa base se procede a considerar las barreras de contención incluyendo sistemas flexibles, semi-rígidos y rígidos, terminales de barrera, amortiguadores de impacto, transiciones y conexiones entre sistemas. Luego se lista un procedimiento de diseño y como final los requerimientos de mantención.

2.4.2 Conceptos Básicos

Se puede definir un sistema de contención como un sistema diseñado con la finalidad de mantener los vehículos en la calzada y evitar la colisión con elementos de riesgo al costado de la vía de una manera que minimice los daños al vehículo y el riesgo a los ocupantes. Típicamente, un sistema debería escudar a los usuarios de un peligro o punto duro al costado de la vía y dicho sistema consistirá de una barrera y sus terminales en ambos extremos. La finalidad principal de un sistema de contención, como su nombre indica, es contener y redireccionar un vehículo fuera de control, siempre con la expectativa de que el daño producido durante el impacto resulte menor que las consecuencias esperadas sin este elemento. Un sistema de contención debe evitar impactos con elementos de alto riesgo, tales como: puntos duros del entorno y accidentes geográficos o topográficos de potencial peligrosidad.

Adicionalmente, es deseable que un sistema de contención, también sea un medio eficiente para proteger a otros usuarios de la vía como son los peatones y ciclistas, los que en diversas ocasiones requieren de un dispositivo que pueda mitigar los riesgos que involucra la interacción con los vehículos.

Se deberán proyectar soluciones que sean compatibles con el riesgo observado en los diversos tramos de una vía considerando la velocidad operativa anticipada y el tamaño y configuración de los vehículos; mayores riesgos se presentarán en zonas con mayor velocidad de operación.

El diseño, funcionamiento y materiales de los sistemas de contención deberían ser comprobados para diferentes niveles de contención según las normativas internacionalmente aplicadas en laboratorios acreditados para llevar a cabo estos ensayos. Los sistemas podrán ser ensayados

por pedido de una entidad pública en cual caso se trata de dispositivos no propietarios o podrán ser ensayados por un fabricante particular.

En términos generales, los sistemas de contención de vehículos se pueden clasificar en: barreras de contención, terminales de barreras, amortiguadores de impacto, transiciones, conexiones y pistas de emergencia.

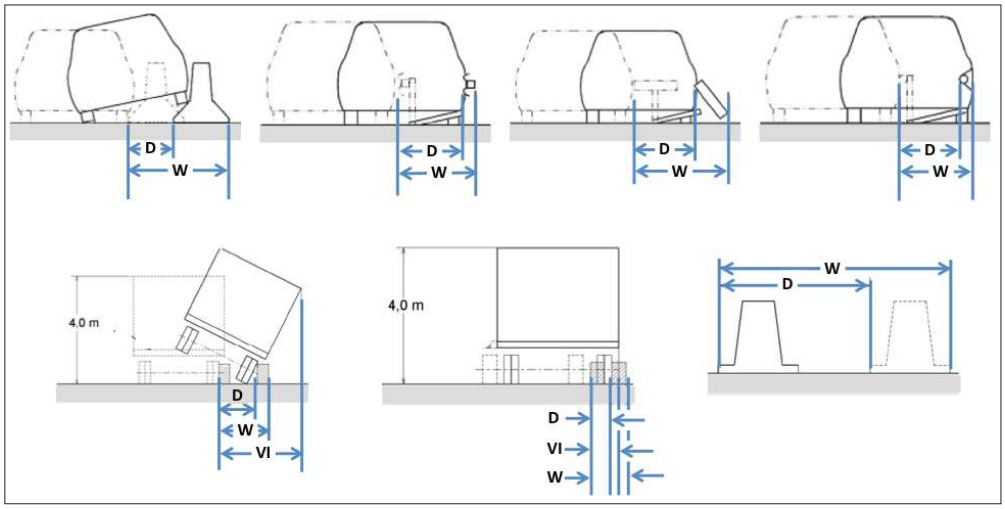
2.4.3 Terminología

Conviene definir algunos de los términos para poder entender las normas y los informes de certificación

- Abocinamiento (Flare): Conocido también como ensanchamiento o esviado; es la separación lateral gradualmente variable de una barrera para alejarla de la calzada; generalmente en el extremo aguas-arriba de la barrera.
- Amortiguador de impacto (Crash Cushion): Dispositivo diseñado principalmente para detener con seguridad a un vehículo en una distancia relativamente corta.
- Amortiguador de impacto montado en camión (Truck Mounted Attenuator): Aquel que puede ser montado a un camión o en un arrastre.
- Ángulo de impacto o Ángulo de aproximación (Impact Angle): Ángulo de impacto entre el sentido normal de circulación y el rumbo del vehículo de ensayo hacia el artículo de ensayo. Para la mayoría de los ensayos, los ángulos de impacto pueden variar entre 0 a 25 grados.
- Ancho de trabajo (Working Width - W): 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 ésta no se pueda usar para medir la anchura de trabajo, debe emplearse como alternativa la máxima posición lateral de cualquier parte del vehículo (Ver Figura 22).
- Barrera (Barrier): Dispositivo que limita físicamente, a través del cual normalmente no pasa un vehículo; diseñado para contener o redirigir un vehículo errante.
- Centro de masa (Center of Mass): Punto en el vehículo en el que puede suponerse la concentración de su masa total.
- Criterios de evaluación (Evaluation Criteria): Criterios para evaluar los resultados de un ensayo de choque o el desempeño en-servicio de una característica de seguridad.
- Deflexión dinámica (Dynamic Deflection - D) Desplazamiento lateral máximo de la cara frontal de la barrera después de ser impactada (Ver Figura 22).
- Desaceleración conjunta (Ridedown Deceleration): Aceleración que experimentaría el ocupante junto con el vehículo una vez que el ocupante impacte la parte interior del vehículo.
- Dispositivo traspasable (Gating Device): Dispositivo diseñado para permitir la penetración de un vehículo.
- Dispositivo no traspasable (Nongating Device): Dispositivo diseñado para no permitir la penetración de un vehículo.
- Espacio de azoteo (Flail Space): Espacio hipotético en el que los ocupantes se mueven durante un impacto.
- Índice de severidad de aceleración (Acceleration Severity Index - ASI): Medida de intensidad del impacto a los ocupantes.

- Intrusión vehicular (Vehicular Intrusion - VI) es el máximo desplazamiento lateral dinámico de la cara al tráfico de la barrera sin deformar. (Ver Figura 22).
- Masa vehicular (Curb Mass): Masa del vehículo con equipamiento estándar, capacidad máxima de combustible, aceite y refrigerante y si es equipado, aire acondicionado y masa opcional adicional. Sin ocupantes ni carga.
- Nivel de Contención (Containment Level): Capacidad de una barrera de contener y redireccionar un vehículo fuera de control y disipar la energía cinética proveniente del impacto contra ella.
- Nivel de ensayo (Test Level): Conjunto de condiciones, definido en términos de tipo y masa vehicular, velocidad de impacto vehicular y ángulo de impacto vehicular, que cuantifica la gravedad de impacto de una matriz de ensayos.
- Pista de emergencia (Truck Escape Ramps): Plataformas diseñadas con el objetivo de viabilizar el frenado de vehículos pesados en condiciones de emergencia por fallas en sus frenos.
- Punto de impacto (Impact Point): Punto inicial sobre un artículo de ensayo contactado por vehículo de ensayo que lo impacta
- Punto de impacto crítico - PIC (Critical Impact Point - CIP): Para un ensayo determinado, el PIC es el punto inicial de contacto vehicular a lo largo de una característica considerada que tiene el mayor potencial para causar un fallo cuando el ensayo es evaluado por el criterio de evaluación recomendado.
- Rompible o Quebradizo (Breakaway): Una característica de diseño que permite a un dispositivo como señal, semáforo o luminaria ceder o separarse tras el impacto.
- Separación o retranqueo (Offset): Distancia lateral desde el borde de calzada hasta un objeto o característica exterior.
- Terminal (Terminal): Dispositivo diseñado para tratar el extremo de una barrera longitudinal.
- Transición (Transition): Sección de barrera entre dos barreras de diferente rigidez.
- Válido al choque (Crashworthy): Característica que demuestra aceptabilidad desde el punto de vista de riesgo a ocupantes de vehículos.
- Vehículo de ensayo (Test Vehicle): Vehículo modelo de producción comercialmente disponible usado en un ensayo de choque para evaluar el desempeño de impacto de un artículo de ensayo.
- Velocidad de impacto de ocupante (Occupant Impact Velocity): Velocidad a la cual un ocupante "punto masa" hipotético impacta una superficie de un hipotético compartimiento de ocupante durante un ensayo o choque.
- Velocidad teórica de choque de la cabeza (Theoretical Head Impact Velocity - THIV): describe la velocidad teórica de la cabeza del ocupante durante el impacto cuando el vehículo colisiona con un obstáculo.

Figura 59. Relación entre Deflexión Dinámica (D), Ancho de Trabajo (W) e Intrusión Vehicular (VI).



Fuente: Norma Europea EN 1317

2.4.4 Referencias Normativas y Procedimientos

Las normativas y procedimientos comentados son las vigentes durante la preparación del MSV. El lector debería consultar en todo caso por cambios posteriores a la publicación.

2.4.4.1 Norma Europea EN 1317, Sistemas de Contención para Carreteras (Versión Vigente).

Esta norma consta de las siguientes partes, algunas aprobadas y otras en proceso de aprobación (Nótese que "pr" indica propuesta de regla y "ENV" implica norma experimental):

- EN 1317-1 Sistemas de contención para carreteras. Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo.
- EN 1317-2 Sistemas de contención para carreteras. Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad incluyendo pretiles.
- EN 1317-3 Sistemas de contención para carreteras. Parte 3: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para atenuadores de impactos.
- ENV 1317-4 Sistemas de contención para carreteras. Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad.
- prEN 1317-4 Sistemas de contención para carreteras. Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para transiciones de barreras de seguridad (en preparación: este documento anulará y sustituirá a la Norma Experimental ENV 1317-4:2001 en los capítulos relativos a transiciones).
- EN 1317-5 Sistemas de contención para carreteras. Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos.
- prEN 1317-6 Sistemas de contención para carreteras. Sistemas para contención de peatones. Parte 6: Parapetos para peatones (en preparación).

- prEN 1317-7 Sistemas de contención para carreteras. Parte 7: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para terminales de barreras de seguridad (en preparación: este documento anulará y sustituirá a la Norma Experimental ENV 1317-4:2001 en los capítulos relativos a terminales).
- prEN 1317-8 Sistemas de contención para carreteras. Parte 8: Sistemas para protección de motociclistas que reducen la severidad del impacto de las colisiones de los motociclistas con las barreras de seguridad (en preparación).

2.4.4.2 Programa Nacional Cooperativo de Investigación Vial (NCHRP) Informe 350, Procedimientos Recomendados para Evaluar el Desempeño de Seguridad de Dispositivos Viales

Este documento (National Cooperative Highway Research Program Report 350, Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features) se encuentra disponible en español e incluye procedimientos para ensayar choques vehiculares y evaluar los dispositivos de seguridad y/o elementos al costado de la calzada. Los dispositivos incluidos en estos procedimientos son:

- Barreras longitudinales; tales como barandas de puentes, barreras laterales, barreras de separador central, transiciones y terminales.
- Amortiguadores de impacto.
- Soportes de señales y luminarias quebradizas o flexibles.
- Postes quebradizos de servicios públicos.
- Amortiguadores de impacto montados en camión.
- Dispositivos de control de tránsito en zonas de trabajo.

2.4.4.3 Manual para la Evaluación de Dispositivos de Seguridad Vial (MASH)

Existen otras normativas a nivel internacional, como el Manual For Assessing Safety Hardware de AASHTO que también podrían ser usadas como referencia; sin embargo, se considera que las normas referenciadas en los párrafos anteriores consideran vehículos que son más similares a los vehículos de la flota nacional peruana.

Dado que las normativas son bastante extensas, el lector debería acudir a estas para cualquier aclaración de conceptos ya que no corresponde repetir en este documento lo pertinente a las especificaciones de vehículos, los daños permitidos durante un ensayo, o los criterios de aprobación de un sistema de contención de las dos normas, entre otros.

2.4.5 Certificación de los Sistemas de Contención

Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Todos los sistemas de contención deben ser aprobados según los requerimientos de las normativas listadas anteriormente y según se detallan en esta sección.
- Las pruebas de impacto deben ser realizadas en un laboratorio autorizado y acreditado. Los informes documentan los componentes de cada sistema, sus materiales y el nivel de contención.
- Los niveles de contención son diferentes según la normativa y no son intercambiables.

- Los criterios de aceptación son también diferentes para cada norma, pero la documentación del ensayo debería aclarar el cumplimiento de los criterios correspondientes.
- En ningún caso se debe exigir cumplimiento de un criterio de una norma cuando el ensayo se realiza acorde a otra norma. Bastará en cada caso cumplir con una sola norma.

2.4.5.1 Revisión de Informes de Ensayo de Sistemas de Contención

Los criterios de aceptación de las normas NCHRP 350 y EN 1317 son diferentes y por ende no corresponde indicar en este documento un listado parcial de criterios que un especialista podría considerar como mínimo para la aprobación de un sistema particular. Se recomienda revisar la documentación pertinente en las normas EN 1317-2 o NCHRP 350 y confirmar que los resultados descritos en los informes de ensayos y evidenciados en las fotografías y videos confirman ensayos exitosos.

Se debe tomar en cuenta que los resultados formales de los ensayos serán relevantes durante la revisión de la documentación y la eventual selección de un sistema de contención para una obra en particular.

En el caso de las barreras de contención se requieren varios ensayos para confirmar la aceptabilidad de un sistema particular ya que cada sistema debería poder contener y redireccionar no solo el vehículo de diseño, sea una camioneta, camión o bus pero también contener y redireccionar uno o más vehículos típicos de pasajeros.

Acorde a la normativa NCHRP 350, se debe ensayar para cada sistema una conexión a un sistema de mayor rigidez. Por ejemplo, una barrera de acero con una barrera de puente de hormigón. Este requerimiento está bajo consideración por la normativa europea.

En los casos de terminales de barrera y amortiguadores de impacto las normas contemplan impactos de ensayo con diferentes vehículos típicos de pasajero y a diferentes ángulos y orientaciones. La norma NCHRP 350 requiere mostrar un ensayo documentando de una conexión con barreras ubicadas a continuación del dispositivo. Este requerimiento está bajo consideración por la normativa europea.

2.4.5.1.1 Conformación del Sistema de Contención

El informe de ensayo indicará en cada caso las dimensiones, materiales, espesores, tipos de tuerca, entre otros del sistema ensayado. Durante el proceso de instalación de un sistema de contención se debería respetar rigorosamente las dimensiones indicadas en los informes de ensayo.

2.4.5.1.2 Deformación del Sistema de Contención Durante el Ensayo

La deformación de las barreras de seguridad en los ensayos de impacto está caracterizada por la deflexión dinámica, el ancho de trabajo y la intrusión del vehículo. Estos valores, definidos en el informe de ensayo, sirven para definir el espacio necesario para el funcionamiento adecuado de un sistema de contención.

2.4.5.2 Responsabilidad Compartida de los Sistemas de Contención Certificados

Dado que los sistemas de contención representan el último resguardo para proteger la vida y minimizar las lesiones de los usuarios viales, estas requieren un control total durante el proceso de ensayo, fabricación, instalación y mantención. Las responsabilidades son compartidas entre:

- El proyectista, responsable de definir los lugares de aplicación de los sistemas y el nivel de contención requerido en cada caso. Debe considerar las características de los vehículos que van a circular por la ruta para definir el vehículo de diseño. Según los demás elementos en la vía, podrá definir el ancho de trabajo mínimo de los sistemas a usar según las características de cada tramo.
- El fabricante, responsable del diseño y ensayo de sus sistemas. Tiene que asegurar que la fabricación sea siempre según lo ensayado. Debería ayudar a asegurar la correcta instalación de los dispositivos lo cual se puede realizar por inspección directa e indirecta por documentación.
- El laboratorio, responsable de ensayar con criterio los procedimientos establecidos en la normativa correspondiente. El laboratorio debería documentar los ensayos y producir los informes que serán de apoyo durante los procesos de instalación y eventual reparación de los sistemas.
- El distribuidor, responsable de representar al fabricante de los sistemas y de asegurar la correcta instalación de los dispositivos.
- El contratista instalador, estudia la documentación pertinente y asegura que cada elemento de cada sistema cumpla con los requerimientos, materiales y dimensiones originalmente ensayadas.
- La entidad vial responsable, sea gubernamental o concesionaria debería asegurar la correcta instalación y reparación oportuna de los dispositivos usando materiales iguales a los ensayados.

2.4.6 Barreras de Contención

Son elementos de contención cuya función principal es la de contener y redireccionar vehículos fuera de control, que han abandonado la calzada de circulación y se desvían hacia sectores de riesgo para los diferentes usuarios de la vía y/o el medio ambiente aledaño. Estas barreras pueden ser laterales o simétricas, capaces de ser impactadas en ambos lados y pueden formar parte de la contención dispuesta sobre puentes, pasos superiores, viaductos y túneles.

Las barreras de contención se pueden clasificar según:

a. Tiempo de uso: definitivas o provisionales
b. Materiales: metálicas, hormigón, metal-madera, cables y otros
c. Capacidad de función: por uno o ambos lados
d. Nivel de contención

Durante su desarrollo y comprobación por ensayos a escala real se definen los parámetros de cada sistema tales como su deflexión dinámica y ancho de trabajo según los diferentes niveles de contención.

Los diferentes sistemas contarán con postes de diferentes dimensiones, diferentes elevaciones, diferentes espacios entre postes, diferentes configuraciones de cables, diferentes bloques separadores, entre otros.

2.4.6.1 Clasificación Tradicional de los Sistemas de Contención

Tradicionalmente, los sistemas de contención, se han clasificado en los siguientes grupos:

- Sistemas flexibles.
- Sistemas semi-flexibles o semi-rígidos.

- Sistemas rígidos.

Cada grupo tiene ventajas y desventajas, como se explica en las siguientes secciones.

- **Sistemas Flexibles**
- Los sistemas flexibles de alto nivel de tracción pueden tener 3 o 4 cables y pueden usar postes hincados directamente en el suelo o postes insertados en vainas de acero con fundación de hormigón.
- La separación entre postes es función del diseño y el nivel de contención deseado. Son los sistemas más suaves durante un impacto, pero requieren el mayor espacio de deflexión dinámica.
- Dependiendo del fabricante y el espacio entre postes pueden tener un ancho de trabajo de 1,5 a 5,5 metros.
- Existen sistemas TL2, TL3, TL4, N2, H1 y H2.
- La reparación de estos sistemas es relativamente fácil y rápida ya que no hay que reemplazar los cables, solamente los postes.

La siguiente figura muestra algunos sistemas en el mercado.

Figura 60. Sistemas Flexibles



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

- **Sistemas Semi Flexible o Semi Rígido**
- Existen centenares de sistemas de esta clasificación. Cada uno con dimensiones diferentes, elementos diferentes, y espacio entre postes diferentes.
- Hay sistemas con nivel de contención TL2, TL3, TL4, N2, H1o L1, H2 o L2, H3 o L3, H4a o L4a, H4b o L4b.
- El ancho de trabajo puede variar entre 0,5 a 3,5 metros.

- La reparación de estos sistemas conlleva el reemplazo de cada elemento dañado durante el choque.
- Las piezas de respuesta deben ser siempre de la misma marca y modelo que el sistema original.

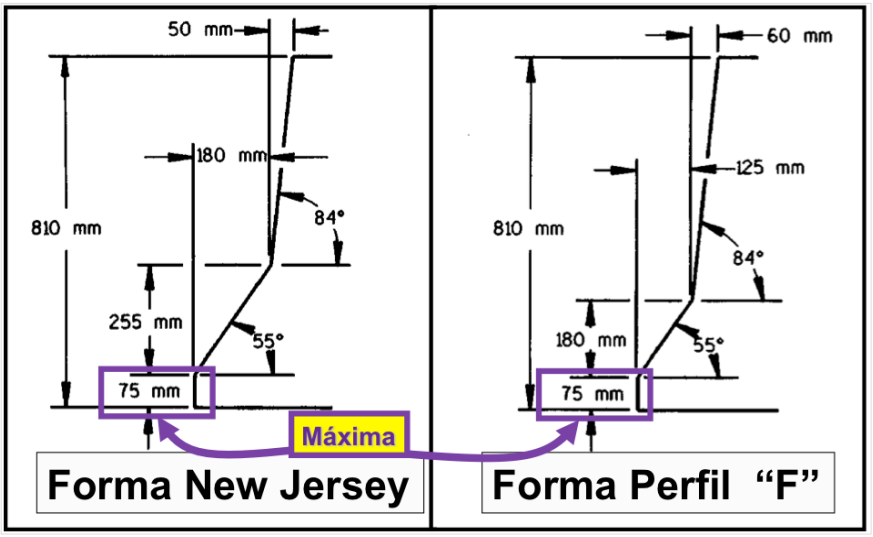
Figura 61. Sistema Semi Flexible o Semi Rígido



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

- **Sistemas Rígidos**
- Los sistemas rígidos pueden ser formados in-situ o prefabricados.
- El sistema de Perfil "F" es preferido al sistema "New Jersey" por su mejor comportamiento durante impacto, no obstante, se pueden usar los dos perfiles. En cada caso, hay que respetar las dimensiones indicadas en la Figura 62. Se comenta que la altura máxima del talón inferior de estos sistemas no debería superar los 75 mm.
- Otra opción es el muro liso vertical que tiene la ventaja de no reencausar los vehículos.
- Los 3 perfiles han sido ensayados exitosamente. Los primeros dos absorben la energía lateral del impacto levantando el vehículo, y el muro liso vertical depende de la deformación del vehículo.
- Existen también otros perfiles patentados por empresas particulares.
- El ancho de trabajo puede variar entre 0,0 a 0,6 m.
- Normalmente los sistemas rígidos no requieren reparación.

Figura 62. Croquis de perfiles de sistemas rígidos



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.4.7 Terminales de Barrera

Corresponden a los elementos extremos de una barrera longitudinal, no catalogados como amortiguadores de impacto, encargados del anclaje inicial y final de las barreras de contención. El buen funcionamiento de un sistema de contención, al ser impactado, dependerá en gran medida de la eficiencia de sus terminales, debido a que éstos aportan continuidad estructural; cumpliendo además la función de reducción de severidad del impacto.

En ningún caso será permitido emplear un terminal de tipo cola de pato, cola de pez o similar ya estos facilitan la penetración del vehículo, como un arpón, que lo impacta frontalmente tal como se puede apreciar en la Figura 63.

Figura 63. Colisión Relacionada a Terminales de Barrera



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

Se presentan a continuación los terminales de anclaje abatidos simples, terminales desviados e inserto en talud de corte y los terminales propietarios.

2.4.7.1 Terminal Abatido Simple

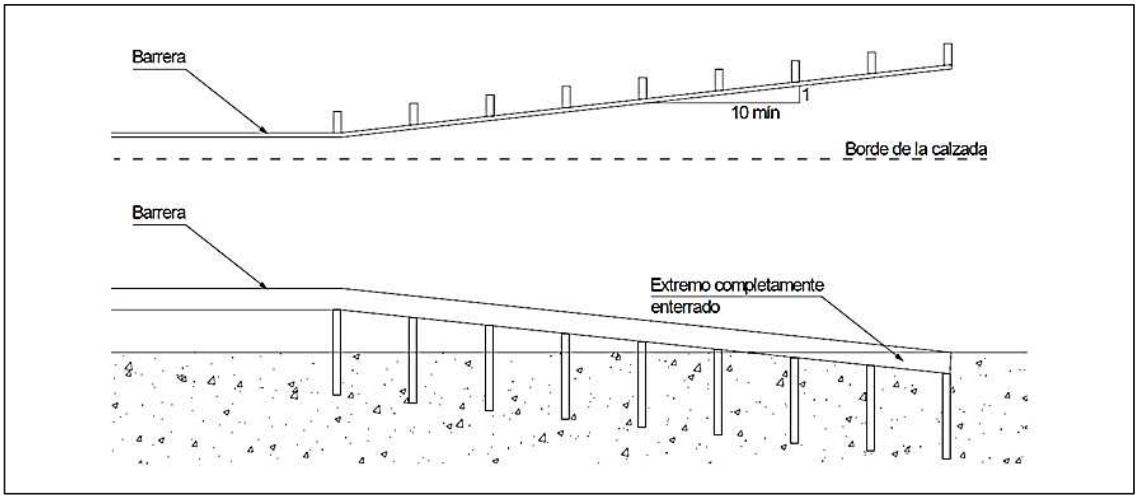
Consisten en disminuir la altura de la barrera hasta que ésta alcance el nivel del suelo. No ofrece un elevado riesgo de penetración del habitáculo del vehículo, pero puede producir el ascenso o vuelco de los vehículos que lo impactan frontalmente. A pesar de ser una solución de bajo costo, estos diseños no son recomendados para una velocidad superior a 60 km/h. El abatimiento se puede llevar a cabo en una longitud de 4 a 12 m. y requiere, en los casos de barrera metálica, una pieza de transición para lograr el ángulo de abatimiento. Las siguientes figuras muestran la configuración de un terminal abatido.

Figura 64. Terminal Abatido Simple en una Carretera



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

Figura 65. Abatido Simple



Fuente: Perú Directiva N007 del 2008

2.4.7.2 Terminal Desviado e Inserto en Talud de Corte

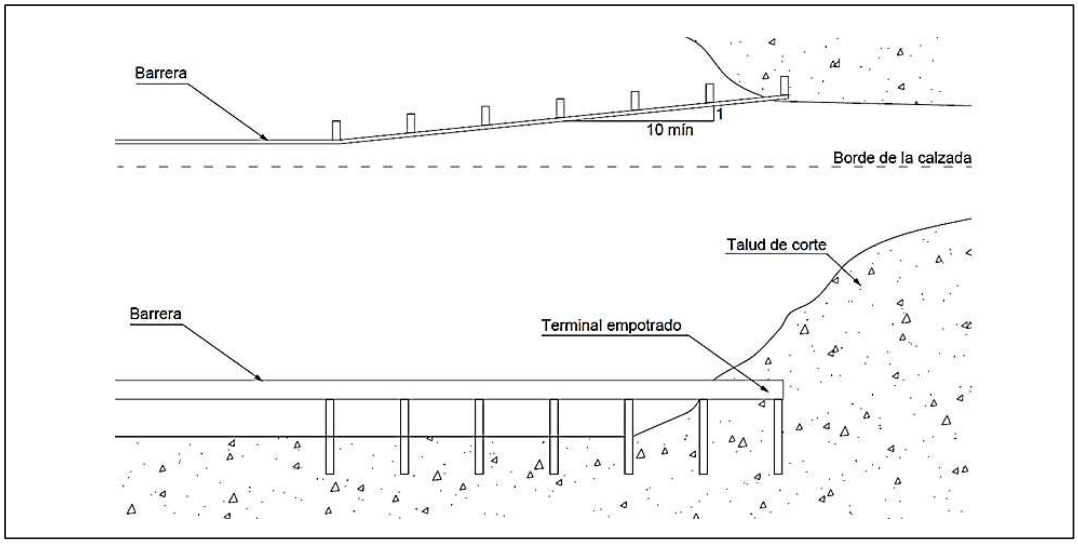
Es una solución muy eficiente que consiste en alejar el extremo de la barrera y anclarlo en un talud de corte. Este tipo de anclaje provee una defensa absoluta a los usuarios de la vía, elimina la posibilidad de colisión frontal con el terminal de la barrera y minimiza la posibilidad de que el vehículo traspase la barrera y alcance el obstáculo; por lo tanto, se considera que es un tipo de terminal infranqueable. Ver Figura 66 y Figura 67. En este caso, el terminal tendrá un nivel de contención igual al de la barrera en sí. Este terminal es una extensión de la barrera que cruza la cuneta y tiene dos postes incorporados en la talud de corte.

Figura 66. Terminal Desviado e Inserto en Talud de Corte en una Carretera



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

Figura 67. Terminal Desviado e Inserto en Talud de Corte



Fuente: Perú Directiva N007 del 2008

Los terminales abatidos, desviados e insertos en el talud de corte se ensamblan con los mismos elementos de la barrera de contención.

2.4.7.3 Terminales Ensayados y Certificados

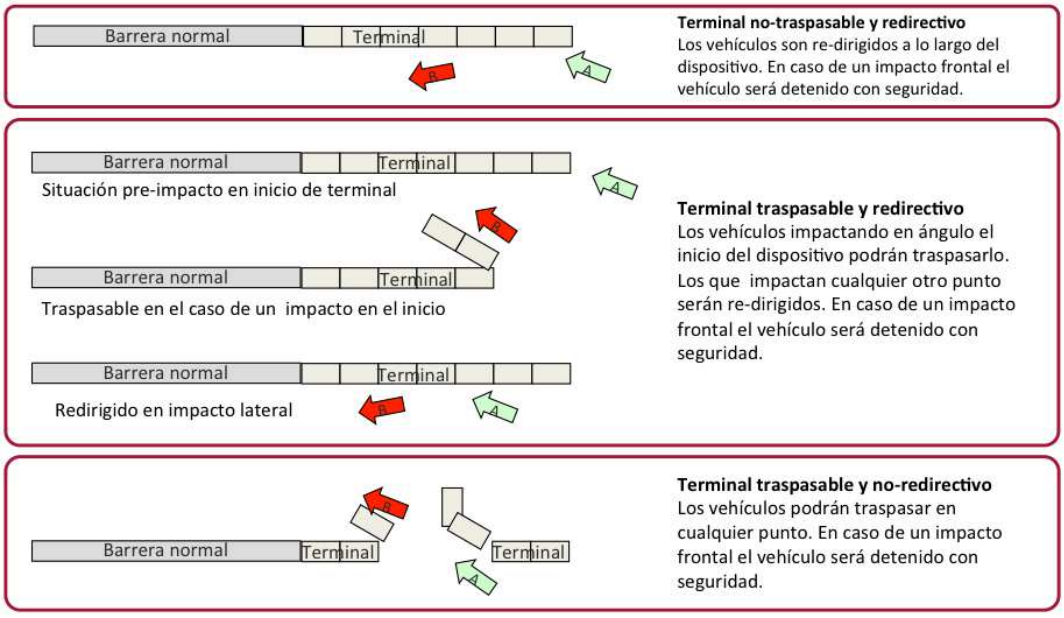
El nivel de contención de un terminal es la capacidad de absorber la energía de impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, deceleración y capacidad de redireccionamiento del vehículo. La energía de cada impacto está en función de la masa del vehículo, velocidad del impacto, ángulo de impacto y elevación del centro de masa del vehículo.

Los sistemas ensayados y certificados funcionan de tres maneras las cuales se muestran en la Figura 68.

- Terminal no-traspasable y redirectivo.
- Terminal traspasable y redirectivo, y
- Terminal traspasable y no-redirectivo.

En todos los casos, los dispositivos tienen la capacidad de frenar un vehículo en el caso de un impacto de diseño (una colisión frontal y centrada), de contener y redireccionar el vehículo en caso de ser impactado desde un solo lado (adyacente al tránsito), permitir el paso del vehículos en el caso de ser traspasable y no-redirectivo.

Figura 68. Terminales de barreras ensayados y certificados



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

En la siguiente figura se muestran los terminales patentados que son no-traspasables y redirectivos desde el primer poste.

Figura 69. Terminales Patentados No-Traspasables y Redirectivos desde el Primer Poste



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

En las siguiente figura se muestran algunos de los terminales de barrera patentados que son traspasables y redirectivos desde el tercer poste.

Figura 70. Terminales de Barrera Patentados Traspasables y Redirectivos desde el Tercer Poste



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.4.8 Amortiguadores de Impacto

Son elementos de contención orientados a mitigar el impacto directo de vehículos con puntos duros; como por ejemplo muros en vértices de bifurcaciones, columnas de puentes. La gran mayoría de productos disponibles son patentados y trabajan tomando en cuenta el principio de energía y trabajo o de conservación de momento.

Amortiguadores de impacto basados en el principio de energía y trabajo

La energía del vehículo se absorbe mediante: la deformación del vehículo y del amortiguador de impacto, la generación de energía potencial con la deformación momentanea de elementos deformables que luego del impacto vuelven a su forma original, la generación de calor mediante

la fricción de movimiento entre elementos y la producción de sonido. En la siguiente figura se pueden apreciar algunos modelos incluyendo los resultados luego de un impacto.

Figura 71. Amortiguadores de Impacto Basados en el Principio de Energía y Trabajo



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

Amortiguadores de impacto basado en la conservación de momento

La energía del vehículo se absorve acelerando cantidades de arena y agua. La siguiente figura muestra algunos modelos de este tipo de amortiguador de impacto.

Figura 72. Amortiguadores de Impacto Basados en la Conservacion de Momento



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

En lo que respecta a los amortiguadores de impacto, se pueden definir las siguientes tipologías:

- Sacrificiales, cada elemento impactado debe ser reemplazado. Suelen ser los de menor costo pero su costo de reparación es alto.

- Mayoritariamente reutilizables luego de un impacto. Tienen un costo mediano pero su costo de reparación puede ser menor.
- Autorestaurables de baja mantención. Su costo inicial es el más alto, pero requieren poca o nula reparación de ocurrir un impacto.

2.4.9 Transiciones y Conexiones

Uno de los aspectos más importantes de cualquier ruta, consiste en el empalme de sistemas de distinto ancho de trabajo, donde es necesario diseñar una transición adecuada y proveer de los elementos especiales de conexión. De esta forma, generalmente en base a una disminución de la distancia entre postes, se logrará rigidizar paulatinamente el elemento de contención más flexible, antes de que empalme con el sistema de contención más rígido. Esta transición será obligatoria en vías bidireccionales de un carril por sentido. En cambio, para rutas bidireccionales con dos o más carriles por sentido y vías unidireccionales, esta obligatoriedad se dará cuando, en el sentido de tránsito, se pasa de un elemento de mayor deflexión a uno de menor deflexión, resultando opcional en el caso contrario.

La longitud de la transición se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

Ecuación N° 4. Longitud de transición para caminos

$$L = (di - df) \times 8$$

Ecuación N° 5. Longitud de transición para carreteras

$$L = (di - df) \times 12$$

Donde:

L = Longitud de transición (m).

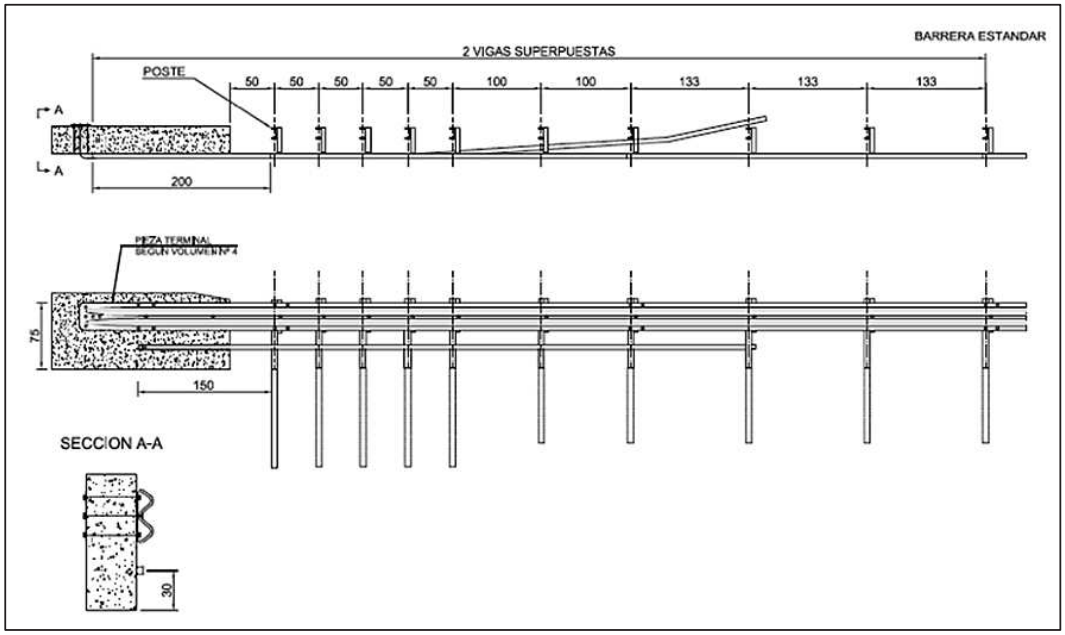
di = Deflexión típica del primer sistema (m).

df = Deflexión típica del segundo sistema (m).

El resultado obtenido de las fórmulas anteriores se aproximará al entero múltiplo de 4 inmediatamente superior.

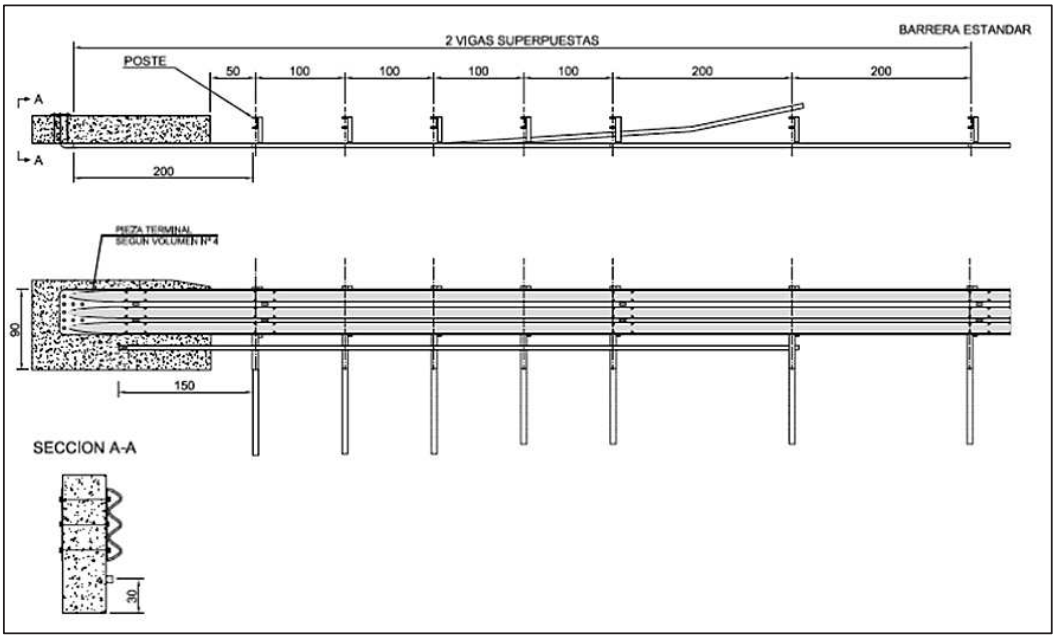
Otro aspecto importante es el sector de conexión entre una barrera metálica de aproximación y una barrera de hormigón de un puente o estructura. Este sector debe ser fuerte y resistente, de manera que, en condiciones de impacto, la conexión no colapse. Se deberá dar preferencia al anclaje mediante la conexión con pernos pasados en la barrera de hormigón, cuyo número y características deberán estar en correspondencia con la necesidad de asegurar el funcionamiento del sistema (ver Figura 73 y Figura 74).

Figura 73. Planta y Perfil Longitudinal Transición Tipica Barrera Doble Onda



Fuente: Volumen 6, Manual de Carreteras de Chile

Figura 74. Planta y Perfil Longitudinal Transición barrera Triple Onda



Fuente: Volumen 6, Manual de Carreteras de Chile

2.4.10 Proceso de Diseño de los Sistemas de Contención

2.4.10.1 Definición de Tipología de Vehículos

Durante el diseño de cualquier via conviene determinar los tipos de vehículo que usarán la vía y basados en el flujo y composición anticipada seleccionar un nivel de contención para las barreras, los terminales y los amortiguadores de impacto.

2.4.10.2 Definición de niveles de contención

2.4.10.2.1 Nivel de Contecncion para Barreras

El nivel de contención es la capacidad de una barrera de seguridad de absorber la energía de impacto de un vehículo, manteniendo una adecuada deformación, deceleración y capacidad de re-direccionamiento del vehículo. La energía de cada impacto está en función de la masa del vehículo, velocidad del impacto, ángulo de impacto y elevación del centro de masa del vehículo.

Se han definido los siguientes niveles de contención y criterios básicos para su aplicación:

a. P1 - Liviano: se utilizarán estas barreras para vías donde predominen el tránsito de vehículos livianos con velocidades menores a 70km/h.

b. P2 - Medio: es el nivel mínimo requerido para carreteras de velocidades superiores a 70 km/h donde predomine el tránsito de vehículos livianos y vehículos de carga hasta 10 toneladas.

c. P3 – Medio alto: es el nivel de contención recomendado para vías que tienen un tráfico importante de vehículos de transporte público y autobuses interurbanos con pesos brutos de hasta 10 toneladas.

d. P4 - Alto: es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de vehículos pesados como camiones y autobuses con pesos brutos de hasta 30 toneladas.

e. P5 - Muy alto: es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de camiones "tráiler" y "semi tráiler".

En la Tabla 13 se aprecia los diferentes niveles de contención que pueden ser aplicados por los diseñadores tomando en consideración el tamaño máximo de los vehículos y las velocidades anticipadas o presentes en la ruta. Podrán especificar sistemas de contención ensayados según la norma NCHRP Report 350 o EN 1317.

Tabla 13. Niveles de Contención según Vehículo y Velocidad Máxima

Nivel de contención	Velocidad hasta 70 km/h		Velocidad superior a 70 km/h	
	NCHRP 350	EN 1317-2	NCHRP 350	EN 1317-2
P1 - Liviano	TL2	N1, N2 o H1	TL3	N2 o L1
P2 - Medio	TL3 o TL 4	H1 o L1	TL4	L2
P3 - Medio Alto	TL3 o TL 4	H2 o H3	TL4	L2 o L3
P4 - Alto	TL5 o TL 6	H4a	TL5 o TL 6	L4a
P5 - Muy alto	TL5 o TL 6	H4b	TL5 o TL 6	L4b

2.4.10.2.1 Relación de Nivel de Contención y Tipo de Tráfico

Para la selección del nivel de contención, primero se debe determinar mediante un estudio de tráfico los tipos de vehículos que transitan en el tramo de la vía donde será necesaria la instalación de la barrera de seguridad, con esta información en la Tabla 14 se designa el tipo de tráfico al que correspondería la vía.

Tabla 14. Tipo de Tráfico

Tipo de tráfico	IMDA	% vehículos con masa > 18t
A	>4000	≥25
B	>4000	<25
C	350 a 4000	≥25
D	350 a 4000	<25
E	<350	≥25
F	<350	<25

Posteriormente, acorde al tipo de trafico se puede seleccionar el nivel de contención de cada barrera de seguridad de acuerdo al tipo de via y el tipo de trafico indicado en la tabla 15.

Tabla 15. Niveles de Contención según Tipo de Vía y Tipo de Tráfico

Tipo de vía	Tipo de Tráfico	Barrera Central*	Barrera Lateral	Barrera de Puentes
Autopista	A	P4 o P5	P3	P4 o P5
	B	P3 o P4	P3	P3, P4 o P5
Doble Calzada	A	P4	P3	P4 o P5
	B	P3	P3	P3, P4 o P5
Dos Carriles	C	N/A	P2 o P3	P3
	D	N/A	P2	P3
Bajo Volumen	E	N/A	P2	P2
	F	N/A	P1	P2

Nota: * Selección se debe basar en separación de calzadas

Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones al momento de elegir la barrera más conveniente de los varios que cumplen con el nivel de contención seleccionada:

- El espacio disponible para emplazar el sistema de contención.
- Compatibilidad con otros sistemas de contención en el caso de tener que conectar sistemas de diferente rigidez.
- El costo del sistema.
- El costo de su reparación.
- La disponibilidad de piezas de repuesto.
- Los sistemas en uso en la repartición.
- Las condiciones de terreno incluyendo los tipos de suelo.
- Factores de riesgo a los ocupantes incluyendo entre otros las velocidades de impacto de los ocupantes, la deceleración conjunta en el caso del NCHRP 350 o en el caso del EN 1317-2, el ASI.
- La trayectoria probable pos-impacto.

Se debe considerar que casi siempre, un factor a favor de un sistema va de la mano con otro factor en contra del mismo. Por ejemplo, un sistema con deceleración baja requiere un ancho de trabajo mayor; por lo tanto, se deben escoger factores que permitan balance del sistema en general.

2.4.10.3 Niveles de Contención para Terminales de Barrera

Se han definido los siguientes niveles de contención y criterios básicos para la aplicación de terminales de barrera:

- TB1 - Liviano: se utilizarán estos terminales en vías donde predominen el tránsito con velocidades menores a 70km/h.
- TB2 - Medio: es el nivel mínimo requerido para carreteras de velocidades igual a 70 o 80 km/h. Se contempla un nivel de protección para vehículos livianos de hasta 2000kg.
- TB3 – Alto: es el nivel de contención para vías con velocidades superiores a 80 km/h. Se contempla un nivel de protección para vehículos livianos de hasta 2000kg.

En la Tabla 16 se aprecia los diferentes niveles de contención que pueden ser aplicados por los diseñadores tomando en consideración las velocidades anticipadas o presentes en la ruta.

Se observa que la normatividad europea, origianlmente conocida como la norma experimental ENV 1317-4 esta siendo considerado por la comunidad europea como propuesta de norma prEN 1317-7. Ambas versiones ensayan vehículos con dimensiones y masa muy inferiores a los vehículos en uso en Perú y por lo tanto no son considerados como solución.

Tabla 16. Niveles de Contención de Terminales de Barrera

Nivel de contención	Nivel de ensayo
TB1 - Liviano	N/A
TB2 - Medio	TL2
TB3 - Alto	TL3

2.4.10.4 Niveles de Contención para Amortiguadores de Impacto

Se han definido los siguientes niveles de contención y criterios básicos para la aplicación de amortiguadores de impacto:

- TA1 - Liviano: se utilizarán estos amortiguadores en vías donde predominen el tránsito con velocidades menores a 70km/h.
- TA2 - Medio: es el nivel mínimo requerido para carreteras de velocidades igual a 70 o 80 km/h. Se contempla un nivel de protección para vehículos livianos de hasta 2000kg.
- TA3 – Alto: es el nivel de contención para vías con velocidades superiores a 80 km/h. Se contempla un nivel de protección para vehículos livianos de hasta 2000kg.

En la Tabla 17 se aprecian los diferentes niveles de contención que pueden ser aplicados por los diseñadores tomando en consideración las velocidades anticipadas o presentes en la ruta. Podrán especificar sistemas de contención ensayados según la norma NCHRP Report 350 o prEN 1317-7.

Tabla 17. Niveles de contención de amortiguadores de impacto

Nivel de contención	Nivel de ensayo
TA1 - Liviano	N/A terminal abatido
TA2 - Medio	TL2
TA3 - Alto	TL3

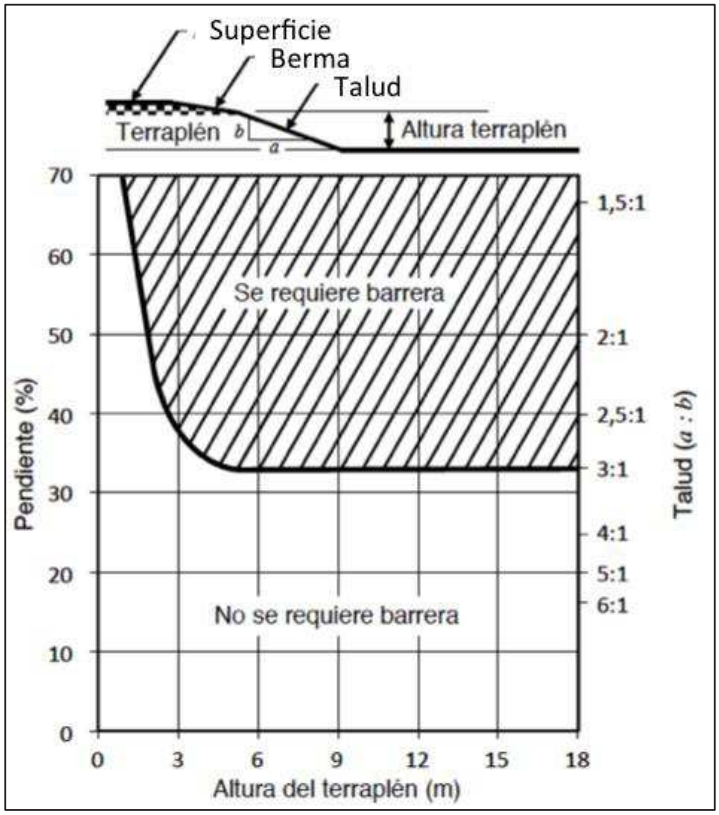
2.4.10.5 Definición de lugares que requieran barreras de contención

Una vez definido los niveles de contención de aplicación se puede proceder a definir los lugares que requieran una barrera de contención.

2.4.10.6 Barreras de Contención en Terraplenes

Los factores que determinan la necesidad de una barrera en el caso de terraplén, ya sea en tangente o en curva, son la altura y la pendiente de sus taludes, como se muestra en la Figura 75, en la que el punto definido por la altura y la pendiente, determina si se debe o no colocar la barrera. Para carreteras con velocidades de operación menores de 50 km/h y tránsito diario medio anual (IMD) menor de 1,000, la barrera es opcional.

Figura 75. Definición de Necesidad de Barrera Lateral según Condición de Talud



Fuente: Roadside Design Guide AASHTO 2011

2.4.10.7 Obstáculos Laterales

La necesidad de aplicar una barrera lateral para escudar la presencia de un obstáculo lateral dependerá del obstáculo, su rigidez, su cercanía a la calzada, entre otros factores. En cada caso, antes de colocar una barrera se debería tratar de:

- Eliminar el obstáculo.
- Alejar el obstáculo.
- Reducir la rigidez del obstáculo.
- De no ser posible lo anterior, se debería consultar la Tabla 18.

Tabla 18. Guía para la Aplicación de Barreras Laterales para Escudar Obstáculos Laterales

Obstáculo Lateral	Recomendación
Pilas, columnas, estribos u otros elementos estructurales que representen peligro	Colocar barreras laterales
Obras menores de drenaje y muros cabezales	Cuando su tamaño, forma o ubicación representen peligro, colocar barreras laterales
Obras de drenaje longitudinal	Cuando sea probable traspasarlas y ello represente peligro, colocar barreras laterales
Taludes de cortes sin irregularidades	Generalmente no se requieren barreras
Taludes de cortes y terraplenes con irregularidades	Cuando sea probable que los vehículos impacten contra las irregularidades, colocar barreras laterales
Muros de contención	Cuando la forma y ubicación de un muro de contención sea tal que represente un peligro, colocar barreras laterales
Estructuras de señalamiento elevado y de iluminación	Colocar barreras laterales
Postes de servicios públicos y de semáforos	De acuerdo con las características del lugar y del tránsito, colocar barreras laterales
Árboles	Cuando sea probable que los vehículos impacten contra árboles con troncos de diámetro mayor de diez (10) centímetros, colocar barreras laterales
Rocas con una magnitud tal que el costo de removerlas sea significativo	Cuando sea probable que los vehículos impacten contra rocas de tal tamaño que el costo de removerlas sea significativo, colocar barreras laterales
Cuerpos de agua permanentes	Cuando su ubicación y profundidad representen peligro, colocar barreras de laterales

Fuente: Roadside Design Guide AASHTO

2.4.10.8 Disposición de Barreras de Contención

Uno de los aspectos de mayor relevancia en el funcionamiento de un sistema de contención está relacionado con la disposición o emplazamiento de éste, tanto longitudinal como transversalmente, respecto de la situación de riesgo que se debe mitigar.

Siempre se deberá cuidar que el suelo bajo la barrera esté nivelado y libre de obstrucciones, tanto dentro de los espacios correspondientes a las distancias desde el borde de la calzada, como entre las separaciones de los postes y la zona del ancho de trabajo. Paralelamente, se debe prever que la zona próxima a los postes presente características compatibles con el sistema instalado; por ejemplo, en caso de barreras con postes hincados, se debe verificar que el suelo alrededor de ellos esté en condiciones para permitir un adecuado funcionamiento ante un impacto, esto es, libre de pavimentos asfálticos o de hormigón, que pueden generar una trabazón incompatible con el desplazamiento y torsión esperadas para los postes.

2.4.10.9 Utilización de Barreras de Contención

En general, una barrera de contención se emplazará paralela al eje central de la vía. De no ser así, el proyectista o especialista en seguridad vial deberán justificar una ubicación distinta. Se debe tener en cuenta que una barrera debe proyectarse de modo que el impacto de los vehículos sea previsiblemente en un ángulo que se encuentre dentro del rango máximo aceptable para la capacidad de contención, esto es, aproximadamente entre 15º y 25º.

Las barreras de borde de se deben instalar en aquellos lugares de las carreteras o vialidades urbanas, donde exista el riesgo de que ocurra un accidente que pueda ocasionar fatalidades o lesionados graves. Como es el caso de lugares donde un vehículo puede salir del camino por pérdida de control del conductor, ya sea por la altura e inclinación de los taludes de terraplenes, la existencia de una curva horizontal, la cercanía a obstáculos laterales o para proteger a peatones o ciclistas que convivan con el tránsito vehicular bajo condiciones especiales.

2.4.10.10 Conexión de Sistemas de Contención Cercanos

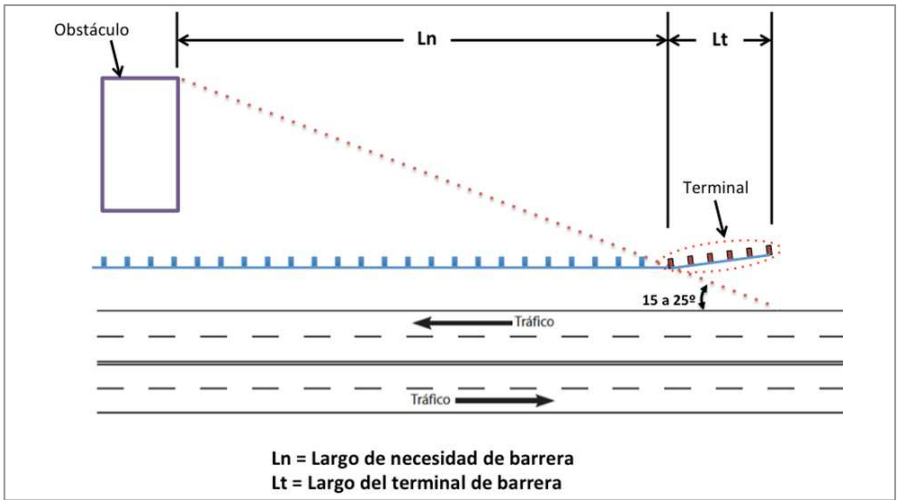
Si dos sistemas laterales de contención se encuentran ubicados muy próximos entre sí, se deberán conectar, generando una solución continua, salvo que existan situaciones tales como intersecciones, cruces, cruces peatonales, entre otros, que impidan su conexión.

2.4.10.11 Largo de Necesidad de Barrera

La Figura 76 muestra de manera simplificada el concepto de extender la longitud de la barrera para escudar en su totalidad el obstáculo. El proyectista debería seleccionar en cada caso un ángulo entre 15 y 25º para poder conocer una trayectoria posible de un vehículo que deje la calzada y luego definir hasta donde debe llegar la barrera. Los tipos de terminales, la longitud y ángulos de éstas se presentan en la sección 2.4.14. Cuando se trate de terminales ensayados comercialmente disponibles, algunos son redirectivos a partir del primer poste y otros a partir del tercer poste.

La Figura 76 muestra la extensión de la longitud de la barrera en una sola dirección. En cualquier caso que un vehículo pudiera llegar al Obstáculo en el otro sentido, se debería repetir el proceso en esa dirección.

Figura 76. Relación de Largo de Necesidad de Barrera y Terminal de Barrera



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.4.11Sistemas de Barreras Amigables a las Motocicletas

En el documento, "Barriers to Change", el EuroRAP documenta que los eventos involucrando motocicletas tienen cuatro modalidades: 1) Impacto con una barrera cuando el motorista aún está sentado en su vehículo (47%), 2) Motorista deslizando en la superficie (20%) 3) Motorista volteando en la suerfice (28%) y 4) Motorista en el aire sin contacto con la tierra (5%).

Algunos de los países europeos cuentan con una norma para ensayar sistemas de contención amigables para contener motociclistas derrapando en el pavimento, representando el 20% de las fatalidades. Existe una norma técnica para ensayar estos sistemas pero éste no forma parte de la normativa europea 1317.

Algunos países usan estos sistemas en curvas donde existe un estadística de eventos de motos que podrían beneficiarse con los sistemas.

2.4.12Pistas de Emergencia

La combinación de vehículos de grandes dimensiones, como camiones y buses con pendientes fuertes representan un gran riesgo para los usuarios de las rutas y para quienes habitan en propiedades colindantes a éstas.

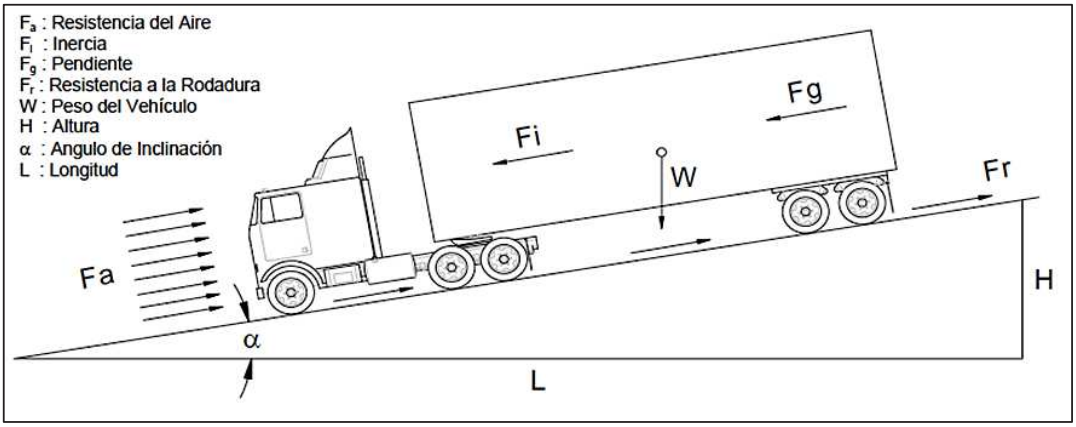
Características topográficas accidentadas, con continuos desniveles, generan rutas con pendientes pronunciadas, lo que se traduce en condiciones inseguras para la circulación de vehículos, debido a que se ven expuestos a constantes cambios de velocidad, utilización permanente de los frenos y acción retardante 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.

Tabla 19. Fuerzas que actuan 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.

2.4.12.1 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 debido a que ofrece mejores condiciones de seguridad para los usuarios, en esta sección se dará preferencia a la instalación de lechos de frenado, los cuales se describen a continuación.

2.4.12.2 Criterios de Diseño de Lechos de Frenado

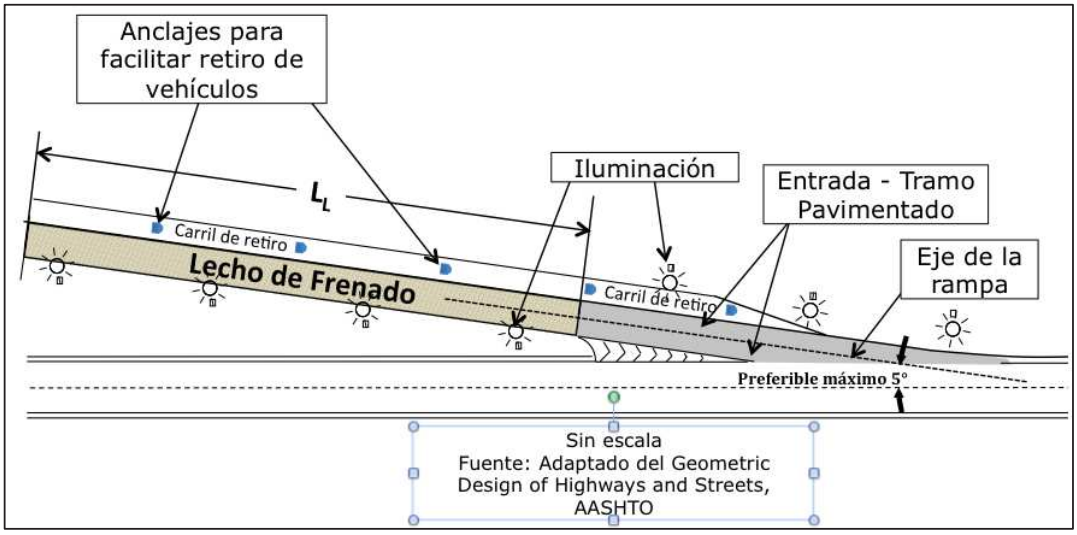
Existen fundamentos básicos en el diseño de las pistas de emergencia relacionados con las características físicas, pero también consideran la seguridad de los usuarios. El diseño de las pistas de emergencia está orientado a salvar vidas considerando que la persona que conduce un vehículo y que está completamente 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 15º.
- 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 77.

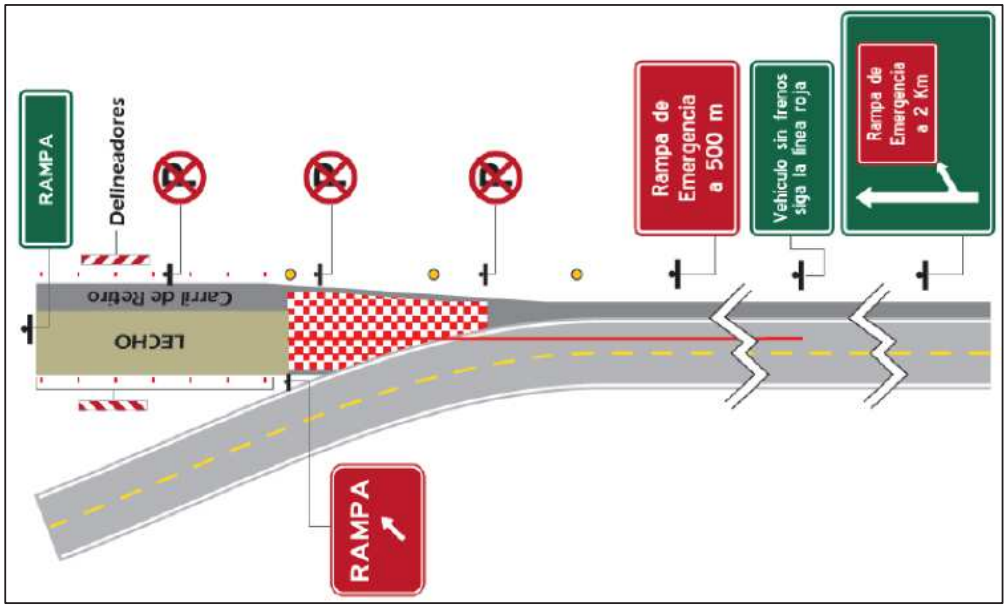
Figura 77. Elementos de Seguridad en Rampas



Fuente: Adaptado del Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO

- La señalización típica se puede apreciar en la Figura 78.

Figura 78. Elementos de seguridad en rampas



Fuente: Adaptado del Manual of Uniform Traffic Control Devices

2.4.12.3 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. (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.

2.4.12.4 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.

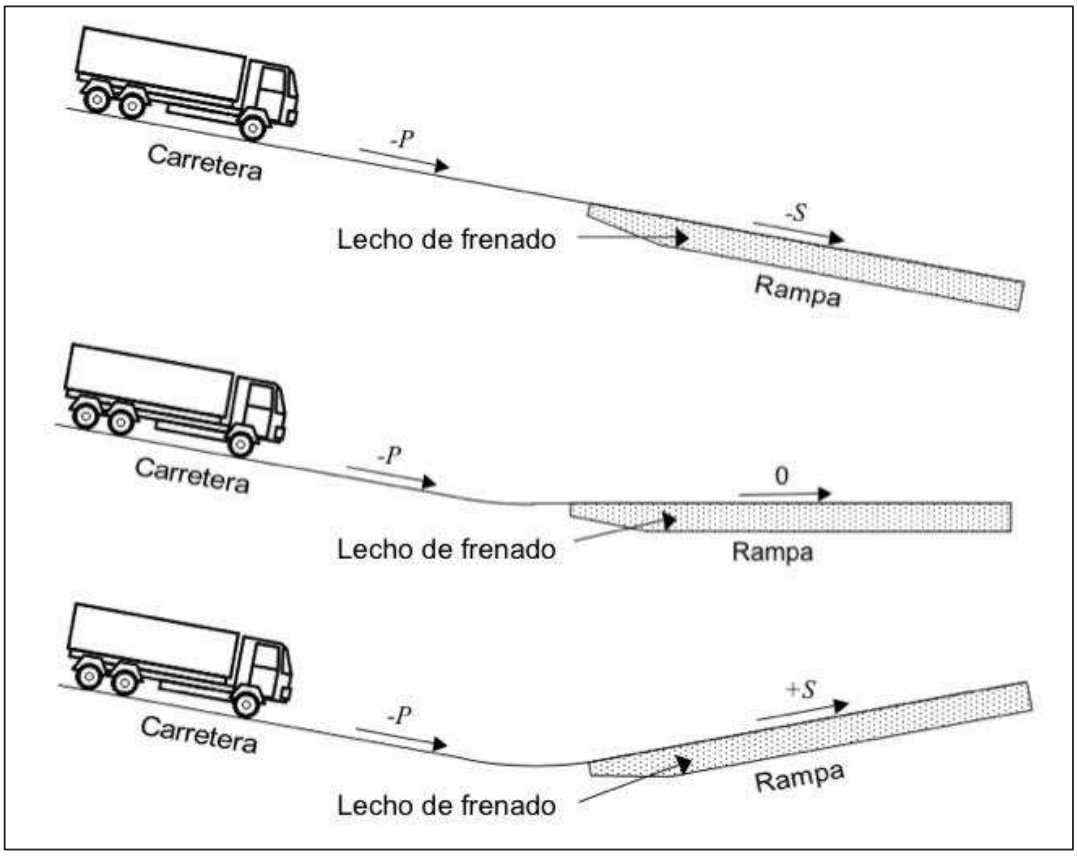
2.4.12.5 Dimensiones de una pista de emergencia con lecho de frenado

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 5º.

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.

Los 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 79. Lecho de Frenado



Fuente: A Policy on Geometric Design Of Highways and Streets 2001, AASHTO

2.4.12.6 Longitud del Lecho de Frenado

La longitud del lecho de frenado, se puede determinar utilizando la siguiente ecuación desarrollada por la AASHTO:

Ecuación N° 6. 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 = Vposteada + 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 20, para algunos de los tipos de materiales con que se puede construir una pista de emergencia:

Tabla 20. Resistencia a la Rodadura (R)

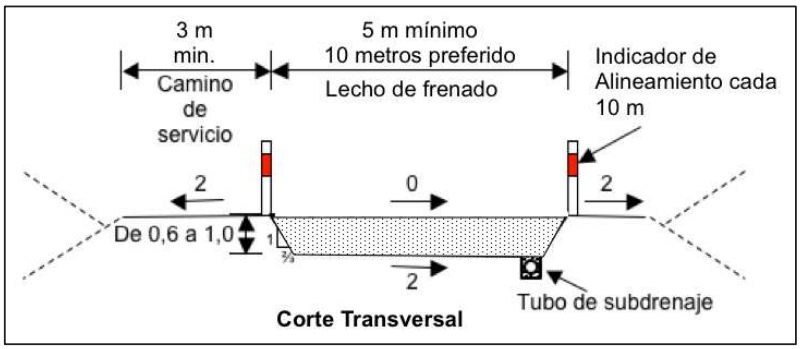
Material	Resistencia a la rodadura	Grado equivalente
Concreto Cemento Portland	10	0.010
Concreto asfáltico	12	0.012
Grava compactada	15	0.015
Tierra arenosa suelta	37	0.037
Agregado molido suelto	50	0.050
Grava suelta	100	0.100
Arena	150	0.150
Gravilla redonda mono- tamaño	250	0.250

2.4.12.7 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 muestra un corte transversal típico de un lecho de frenado.

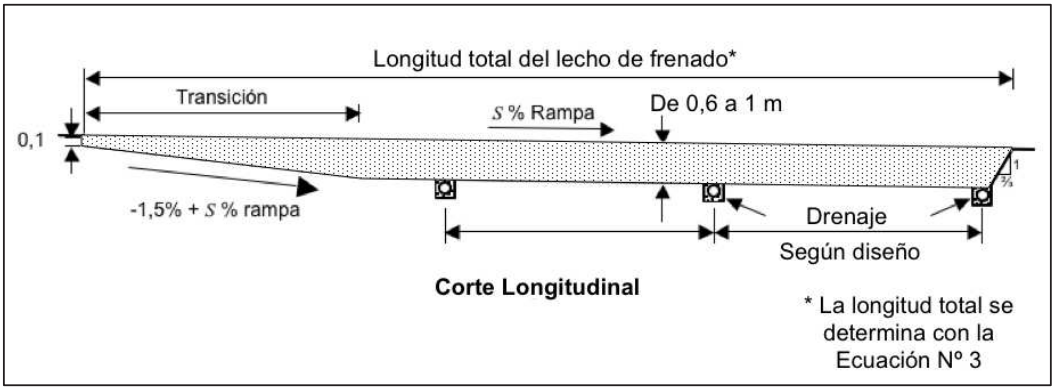
Figura 80. Corte Transversal de un Lecho de Frenado



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

La siguiente figura muestra un corte longitudinal típico de un lecho de frenado.

Figura 81. Corte Longitudinal de un Lecho de Frenado



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

2.4.13Tipos 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 ¼" a 1 ½", con un promedio de las mismas entre ½" y ¾". 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.

2.4.13.1 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.

2.4.13.2 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.

2.4.13.3 Mantención de los lechos de frenado

El buen funcionamiento de un lecho de frenando 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.

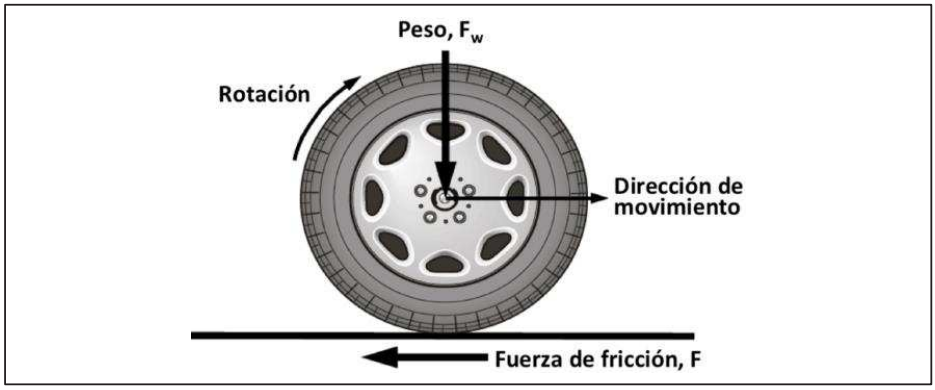
2.5 SUPERFICIES DE RODADURA

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.

2.5.1 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 82.

Figura 82. Diagrama Básico de las Fuerzas en una Rueda en Rotación.



Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

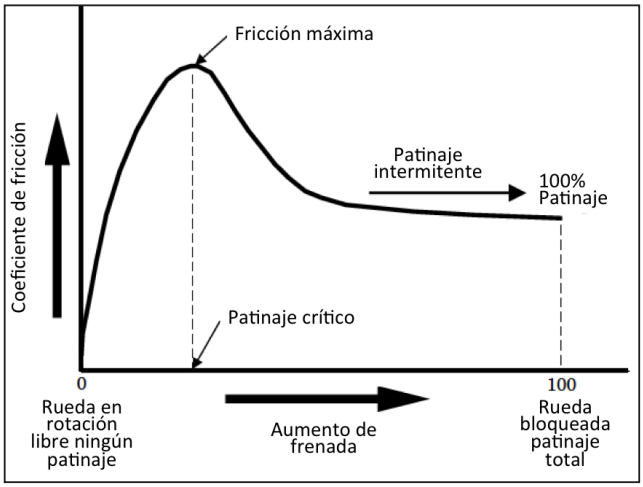
El coeficiente de fricción se puede calcular por la Ecuación N° 7:

Ecuación N° 7. Coeficiente de fricción

$$\mu = \frac{F}{Fw}$$

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 Figura 83. 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.

Figura 83. Relación de Coeficiente de Fricción – Patinaje de Neumático



Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

2.5.2 Durante el Diseño de un Pavimento

El diseño de la fricción de un pavimento es básicamente un proceso de selección de la combinación correcta de la 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. La micro-textura es definida 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 cada caso, el proyectista debería considerar lo anterior y documentar sus decisiones para el diseño del pavimento superficial.

2.5.3 Durante el Período de la Ejecución y Operación de un Pavimento

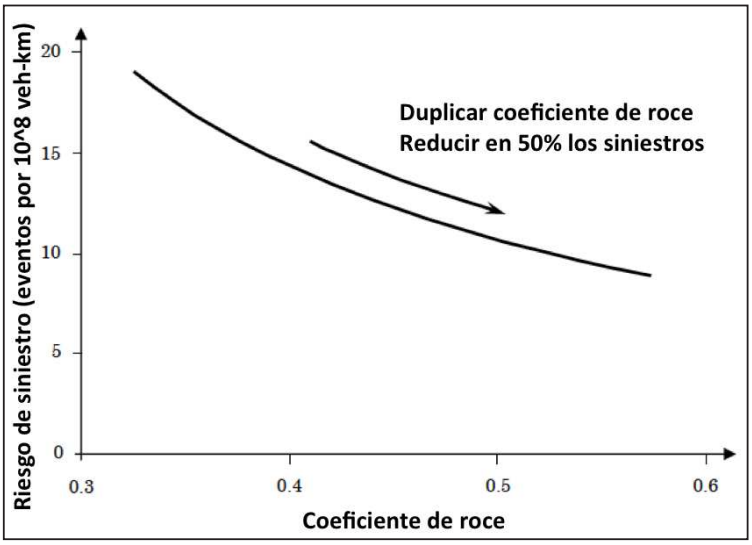
Aunque la mayoría de los siniestros viales involucran múltiples factores causales, investigaciones han mostrado consistentemente una relación entre los siniestros y las condiciones de la superficie del pavimento tales como la fricción y la textura. Es necesario entender la relación entre estos dos para que los ingenieros puedan desarrollar soluciones efectivas frente a situaciones potencialmente peligrosas.

2.5.4 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 84.

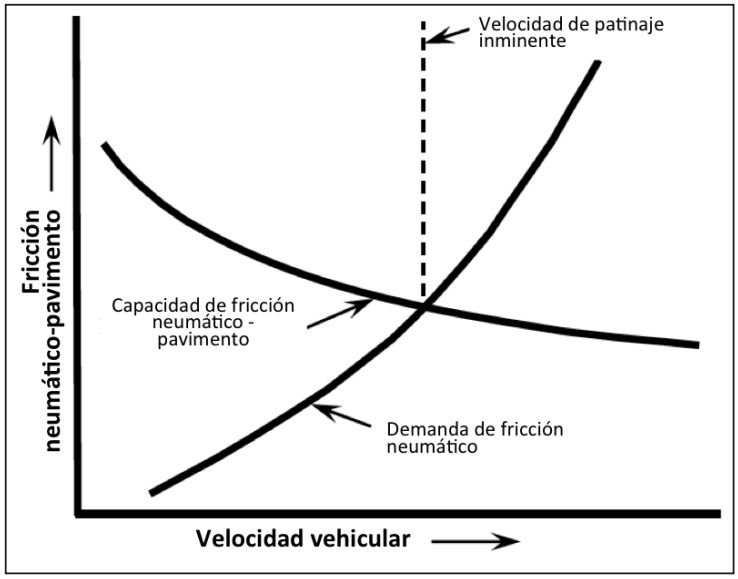
Figura 84. Relación Riesgo de Siniestro – Coeficiente de Roce



Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

La Figura 85 muestra la relación entre la fricción del neumático con el pavimento, la demanda de fricción según la velocidad vehicular.

Figura 85. Relación Fricción Neumático – Pavimento con Velocidad Vehicular

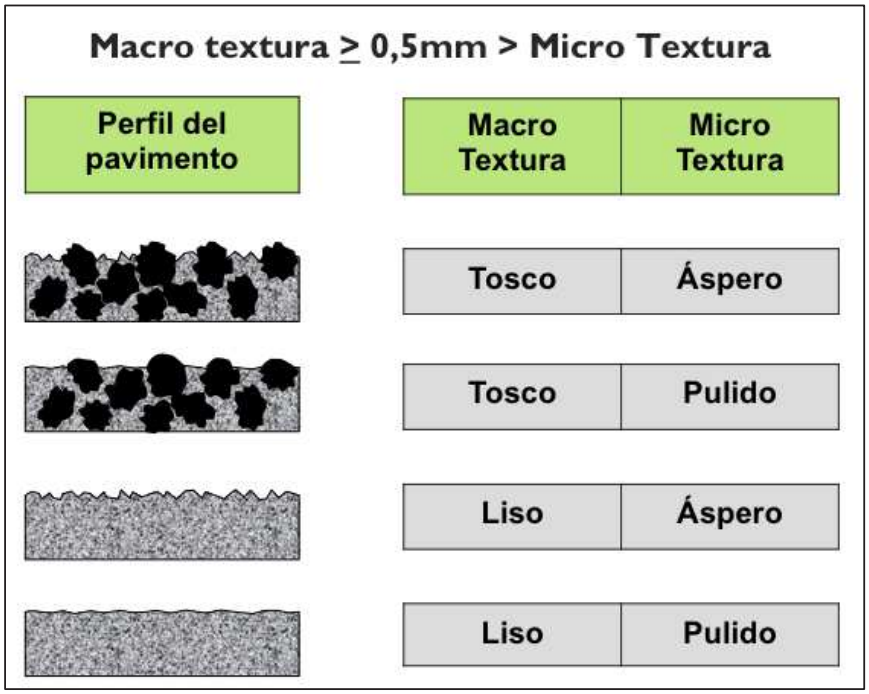


Fuente: NCHRP 108, Guide for Highway Friction

2.5.5 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.

Figura 86. Relación Fricción Neumático – Pavimento con Velocidad Vehicular



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Una superficie tosca y áspera tendrá buen drenaje y buena fricción. Una superficie lisa y áspera tendrá buena ficción por menor drenaje. En el caso de usar arridos susceptibles al pulimiento, las superficies toscas y lisas perderán su capacidad de fricción.

2.5.6 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 las colisiones 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 colisiones 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.

2.5.7 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 ligante 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.

2.5.8 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.

2.5.9 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.

Figura 87. Desniveles por Recapado

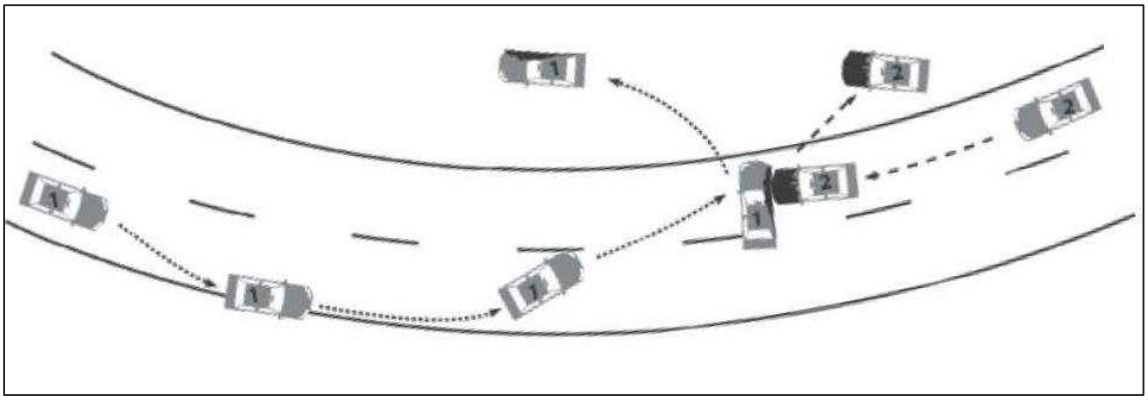


Fuente: Elaboración propia de Especialistas

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.

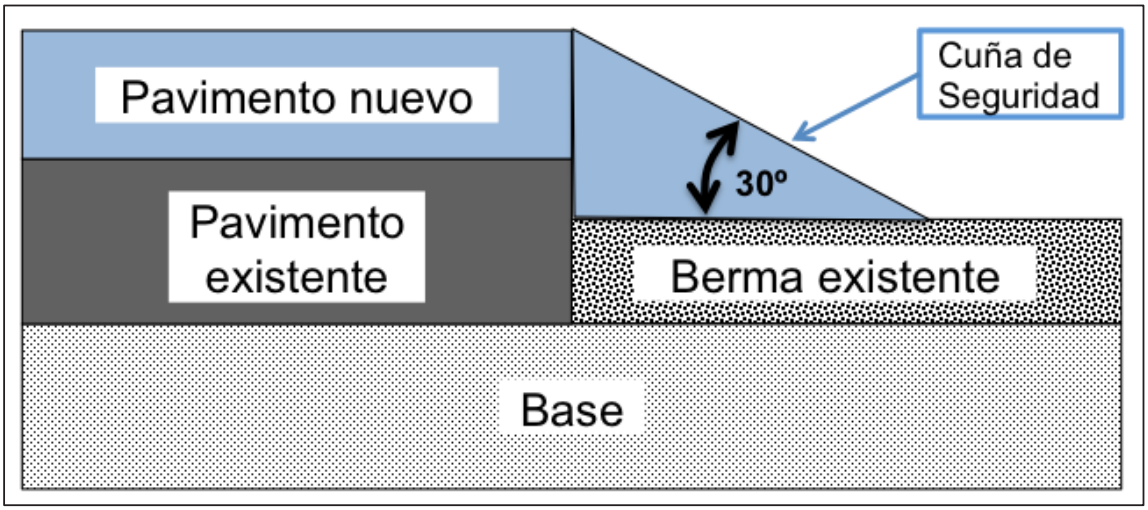
Figura 88. Cadena de Eventos



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 30º.

Figura 89. Cuña de Asfalto



Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

La siguiente figura muestra una aplicación típica.

Figura 90. Aplicación Tipica



Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

2.5.10 Usos Operacionales de la 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 Nº 210-2000-MTC /15.02.

2.6 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.

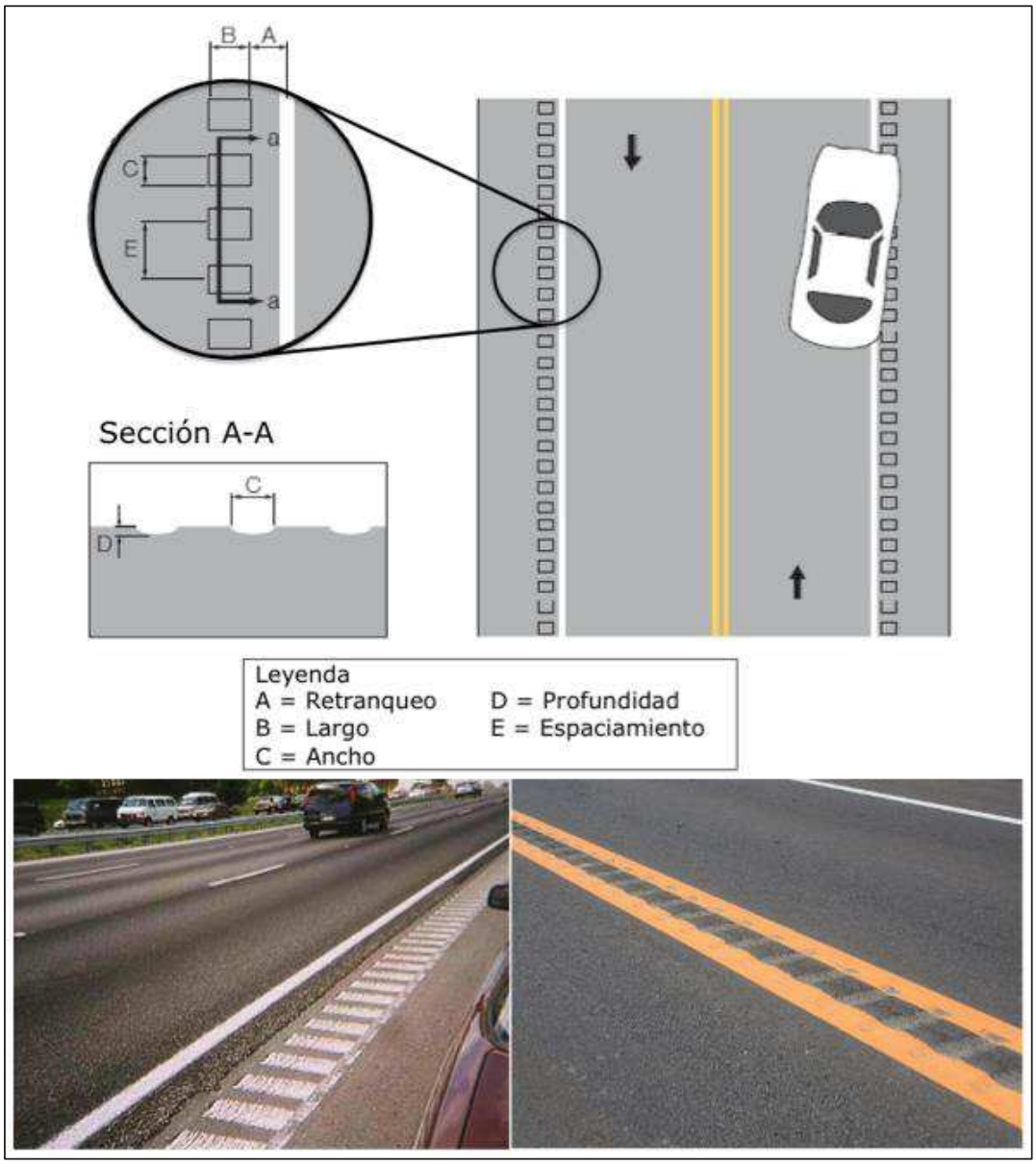
La seguridad vial de un tramo se puede mejorar cuando existe una diferencia de color o de textura entre la superficie de rodado y la berma. Estos darán indicación clara en cuanto a cuál

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 91. Bandas Sonoras



Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

2.7 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 colisiones, 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 92. Ejemplo de Control de Acceso en Autopista



Fuente: Elaboración propia de Especialistas

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 colisiones.

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:

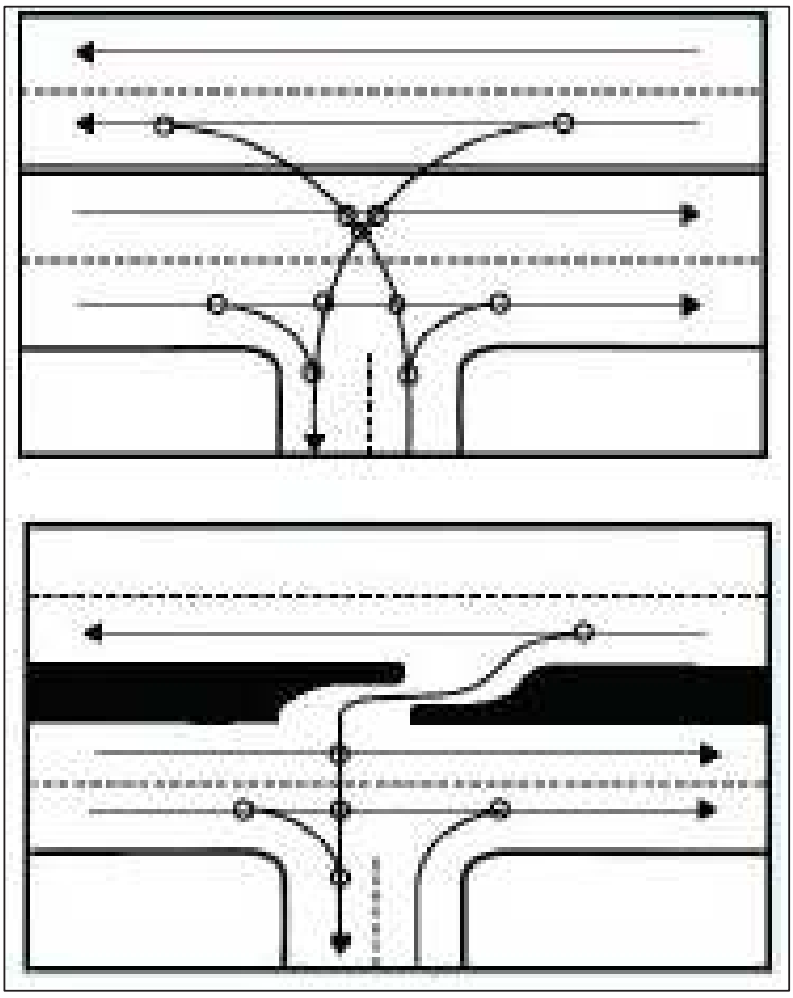
- Una reducción del 5 a 23 por ciento en todos los accidentes en las carreteras rurales de dos carriles y
- una reducción del 25 a 31 por ciento en colisiones y choques con fallecidos o lesionados a lo largo de arterias urbanas / suburbanas.

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 93. Ejemplo de Control de Acceso Restringiendo Salidas a la Izquierda

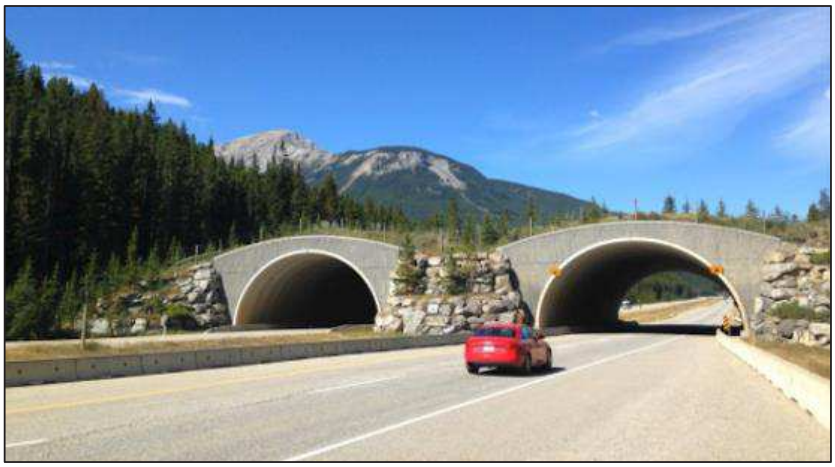


Fuente: Elaboración propia de Especialistas

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 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 94. Ejemplo de Cruce para Animales



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

2.8 INTERSECCIONES

2.8.1 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.

2.8.2 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.

2.8.2.1 Vehículos Motorizados

La frecuencia, tipo y severidad de las colisiones de tráfico que ocurren en las intersecciones pueden variar según la ubicación. Los tipos más comunes son: colisiones en ángulo, colisiones por alcance, colisiones frontales y colisiones 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.

2.8.2.2 Peatones

Las colisiones en las intersecciones que involucran a peatones son una preocupación significativa. Un alto porcentaje de colisiones 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 colisiones.

2.8.2.3 Ciclistas

Colisiones 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 las colisiones relacionadas 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 las colisiones 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

2.8.3 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 minimos de cruce entre otros que se requieren para la operación adecuada de intersecciones.

2.8.3.1 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 interseccion 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

2.8.4 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.

2.8.4.1 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:

a. Características físicas

La capacidad física y la probabilidad de un automovilista para ver los dispositivos de control de tráfico y los posibles conflictos se aborda 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 este 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.

b. 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.

A 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.

2.8.4.2 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.

a. 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.

b. Capacidades Cognitivas de los Peatones

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.

c. Peatones 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 21.

Tabla 21. Velocidad Promedio Peatonal Según Limitación

Condición	Velocidad Promedio
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	.7 a 1.1 m/s

Fuente: Toolbox on Intersection Safaetey 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.

2.8.4.3 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:

a. 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.

b. 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 (ciclovias) o bermas laterales amplias cuando se viaja con vehículos motorizados.

c. 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.

2.8.4.4 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.

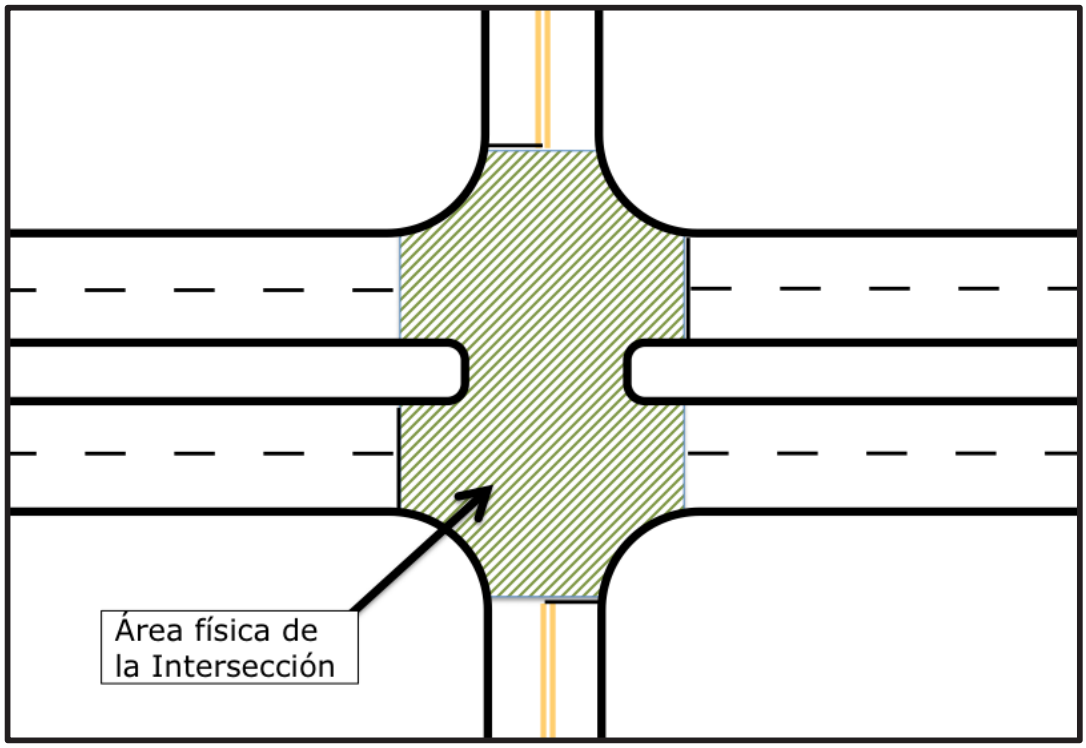
2.8.5 Elementos de una Intersección

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.

2.8.5.1 Área

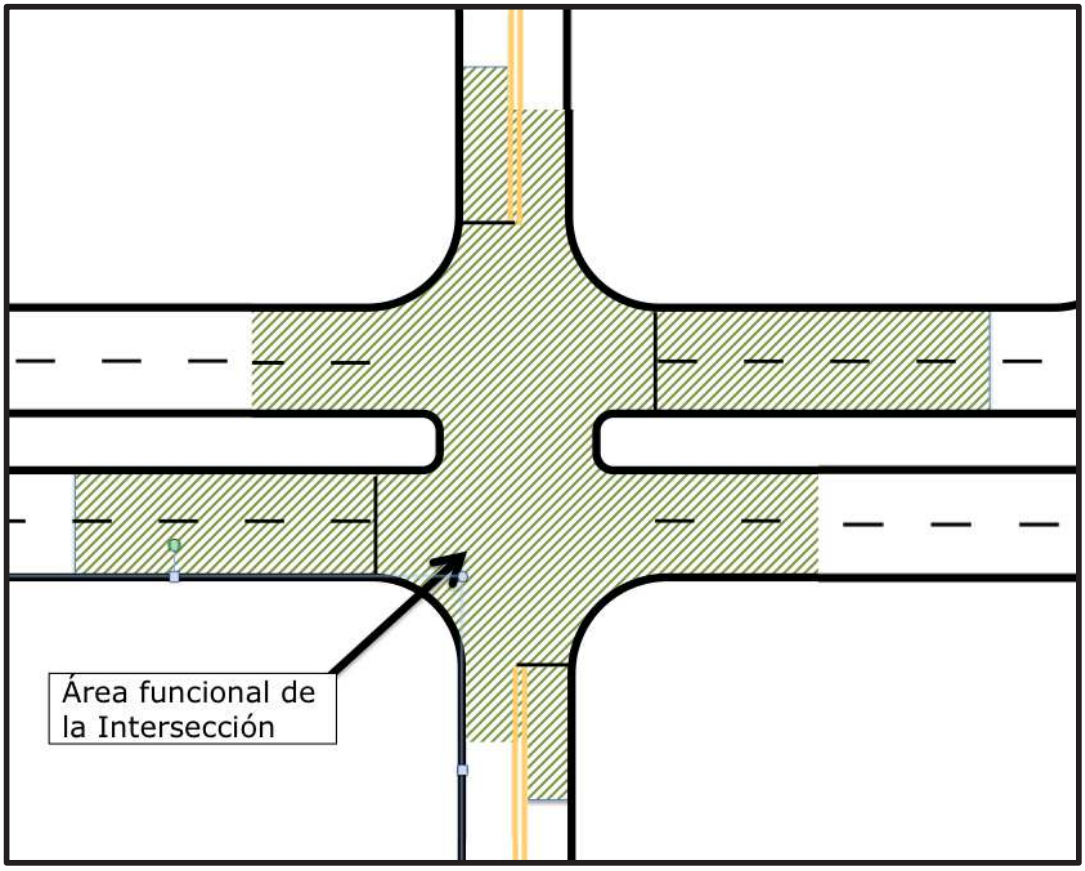
Las intersecciones se definen en términos de áreas físicas y funcionales. El área física de una intersección, que se muestra en la Figura 95, se define como el área donde se cruzan las vías. Es limitado por los bordes de radio de pavimento y se conoce comúnmente como el umbral de intersección. El área funcional de una intersección se extiende a cierta distancia previa los umbrales de aproximación, como se muestra en las figuras siguientes.

Figura 95. Área física de una intersección



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

Figura 96. Área funcional de una intersección



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

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, d1; la distancia necesaria para desacelerar mientras que conductor realiza a una parada, d2; y la distancia necesaria para el almacenamiento de colas, d3.

La distancia percepción-reacción (d1) 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 d2. En las zonas urbanas y suburbanas, donde ocurre lo opuesto a zonas rurales, la mayor parte de la distancia funcional está dada por d3. Distancias funcionales representativas para diversas combinaciones de tipo de área y velocidad se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22. Distancias Funcionales para Combinaciones de Tipos de Área y Velocidad

Ubicación	Velocidad km/h	Distancia recorrida durante Tiempo de Percepción-Reacción (d_1) metros	Distancia de Maniobra (d_2) metros	Percepción-Reacción más la distancia de maniobra (d_1+d_2) metros	Longitud de cola[a] (d_3) metros	Distancia funcional antes de la interseccion ($d_1+d_2+d_3$) metros
Rural	80	56	130	186	15[b]	201
	95	67	184	251	15	267
	115	78	250	318	15	333
Sub-Urbano	48-50	34	49	83	114[c]	197
	65	44	83	127	76[d]	203
	80	56	130	186	38[e]	224
Urbano	32	13	21	34	152[f-g]	186
	48	20	49	69	152 [f-g]	221

a	La longitud de cola debe ser determinada para cada acceso/entrada a la intersección
b	Mínimo almacenamiento de dos automóviles o un camión
c	Ejemplo de almacenamiento para 15 automóviles
d	Ejemplo de almacenamiento para 10 automóviles
e	Ejemplo de almacenamiento para 5 automóviles
f	Ejemplo de almacenamiento para 20 automóviles
g	Carriles de giro-izquierda pueden reducir la duración de almacenamiento de colas

Fuente: Toolbox on Intersection Safety and Design, ITE, FHWA

La determinación del área funcional después de la intersección se detallan en el apartado 5.2.1.2 del Capítulo 5. 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.

2.8.5.2 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.

2.8.5.3 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.

2.8.5.4 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 puede 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.

2.8.5.5 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 separados 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.

2.9 CRUCES FERROVIARIOS

2.9.1 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.

2.9.2 Diseño de Cruces Ferroviarios

Existen 3 grupos de usuarios: trenes, vehículos motorizados y usuarios no motorizados. Cada uno de éstos tienen 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.

2.9.3 Visibilidad de los Cruces Ferroviarios

Las llegadas a los cruces no deben tener dispositivos pasivos de control de tráfico, tales como gabinetes o cualquier estructuras que obstaculice la vista física. La vegetación debe ser estrictamente controlada.

2.9.4 Señalización Vertical y Horizontal, Luces Destellantes y Portones

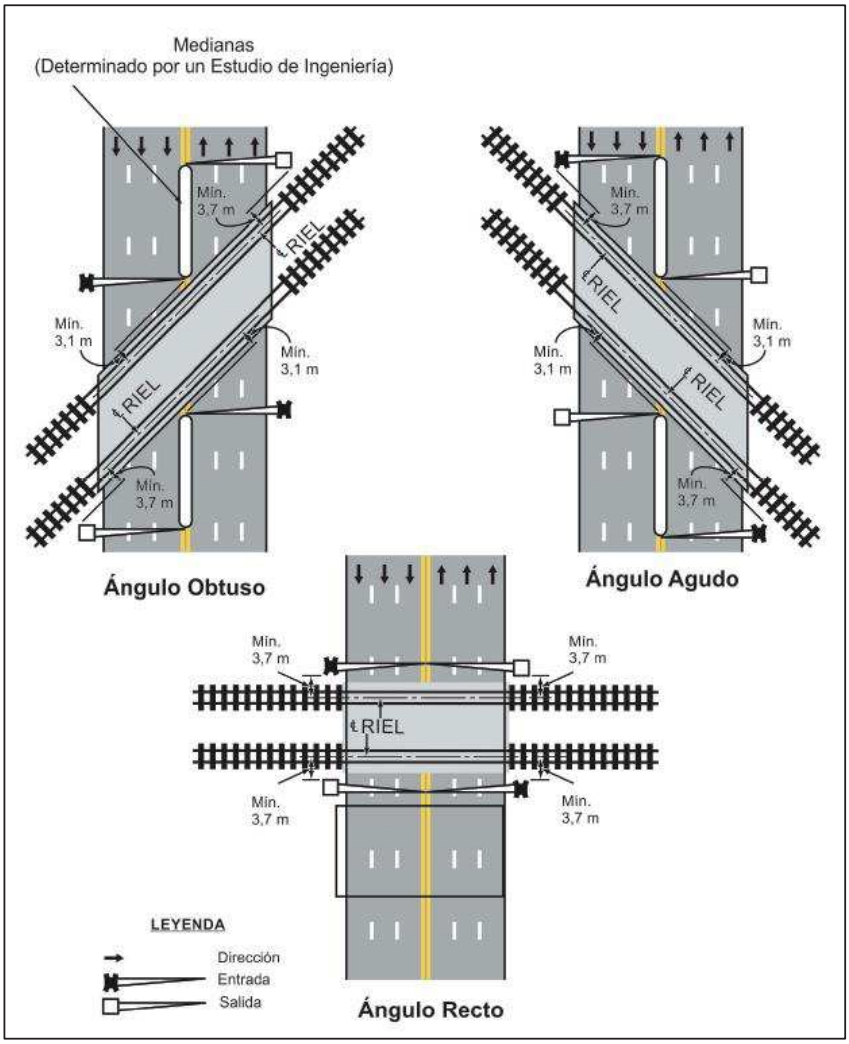
Los elementos de señalizacion para los cruces ferroviarios se definen en el Capítulo 7 del Manual de Dispositivas de Control de Tránsito para Calles y Carreteras.

2.9.5 Geometría de Cruces Ferroviarios

Las características geométricas de un paso a nivel impactan directamente la distancia de visibilidad para los usuarios. La distancia visual se caracteriza por la alineación horizontal y vertical, la transición de la pista a la carretera, y la superficie del cruce.

Normalmente, la configuración de ángulo entre la vía y el eje del ferrocarril se aproximará a lo mostrado en la Figura 1.126 del Manual de Señalización la cual se muestra a continuación.

Figura 97. Configuracion del Ángulo entre la Vía y el Eje del Ferrocarril

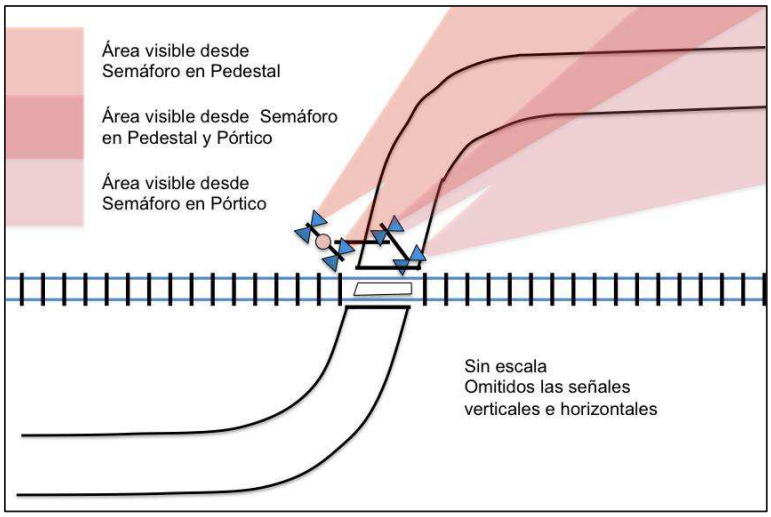


Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Transito

No obstante, se encuentran situaciones donde las curvas verticales de la vía previo 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

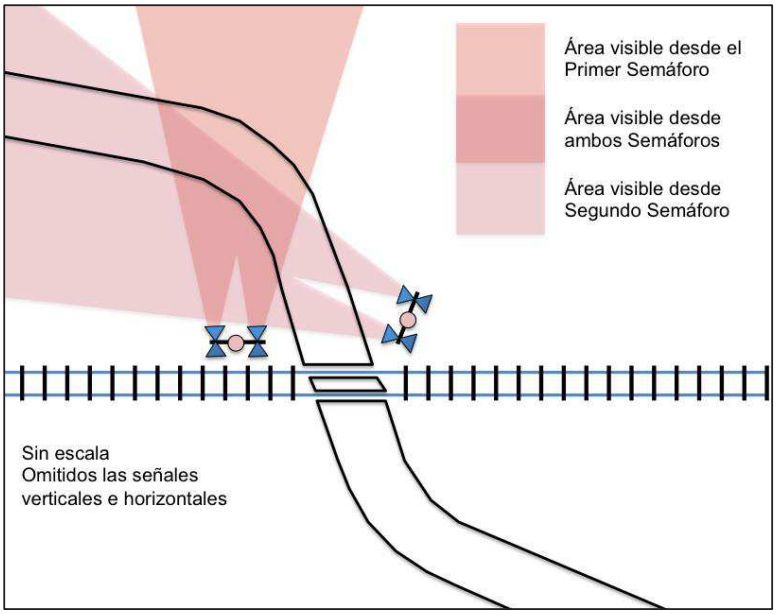
sea posible, se pueden modificar la ubicación y ángulo de los semáforos como se muestra en las siguientes dos figuras.

Figura 98. Modificacion de Ubicación y Angulo de Semáforos



Fuente: Railroad-Highway Crossing Handbook, FHWA, Second Edition, 2007

Figura 99. Modificacion de Ubicación y Angulo 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.

2.9.6 Iluminación de los Cruces Ferroviarios

Un cruce bien iluminado (Ver Sección 2.10 de Iluminación) 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.

2.9.7 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 (prefabricados y desmontables) 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 100.

Figura 100. Superficie de Cruce de un Ferrocarril



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

En algunos casos puede convenir demarcar el espacio que podría requeirir un tren con carga ancha. Se demuestra esta técnica en la 0. Éstas demarcaciones servirán para alertar a los conductores en cuanto hasta donde pueden llegar y estar seguros.

Figura 101. Demarcaciones ferroviarias



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

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 cubierta 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.

2.9.8 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 esta 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.
- Implementacion de los requerimientos del MUTCD de Estados Unidos o el Manual de Dispositivos de Control de Transito 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 requere 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.

2.9.9 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.

2.9.10 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.

2.9.11 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.

2.9.12 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 transito deberán regirse a al Manual de Dispositivos de Control de Transito vigente o en su defecto al Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) de Estados Unidos.

2.9.12.1 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 trafico realizado por un ingeniero civil competente demuestre lo contrario.

2.9.12.2 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 Transito vigente o en su defecto el Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) de Estados Unidos.

2.10 ILUMINACIÓN

2.10.1Introducción

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 y 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.

2.10.2Definición 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/m2: 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 adapto 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/m2). 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 102, 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 102. Iluminancia de un Pavimento



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

- 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 un foto-detector, generando una lectura análoga o digital.
- Poste de la lámpara: un soporte o columna provisto 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 Mantenida 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 a penas 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.

2.10.3Tipos de Lámpara

Existen cuatro tipos de lámpara: incandescente, fluorescente, carga de alta intensidad y LED (por sus siglas en inglés - Light emiting diode).

Los de carga de altas intensidad incluyen:

- Vapor de mercurio.
- Álido 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.

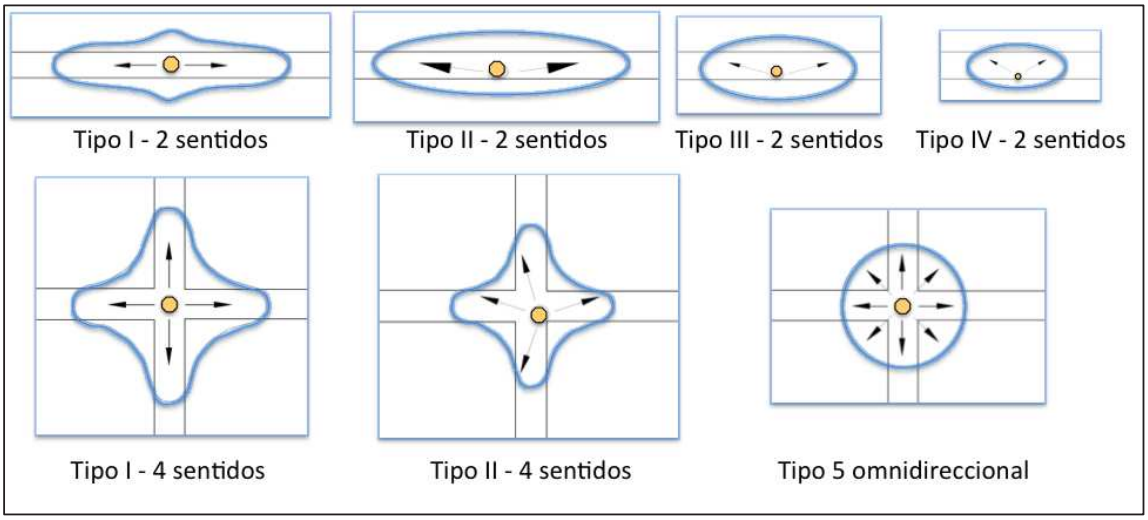
2.10.4Distribución Lateral de la Luz de una Lámpara

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 103. 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 dependen de las características de la luminaria y se deben considerar temprano en el proceso de diseño.

Figura 103. Distribución de Luz Típica de Lámparas



Fuente: Illuminating Engineering Society

2.10.5Justificación 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.

2.10.6Aplicaciones Típicas de Iluminación

2.10.6.1 Iluminación Continua

Ésta situación requiere la colocación de luminarias a lo largo de una vía, sus intersecciones y intercambiadores, sus ramales de entrada y salida, sus puentes peatonales y situaciones especiales. La Figura 104 muestra una vía de alta velocidad con iluminación continua basado en lámparas tipo LED.

Figura 104. Iluminación Continua con Lámparas LED



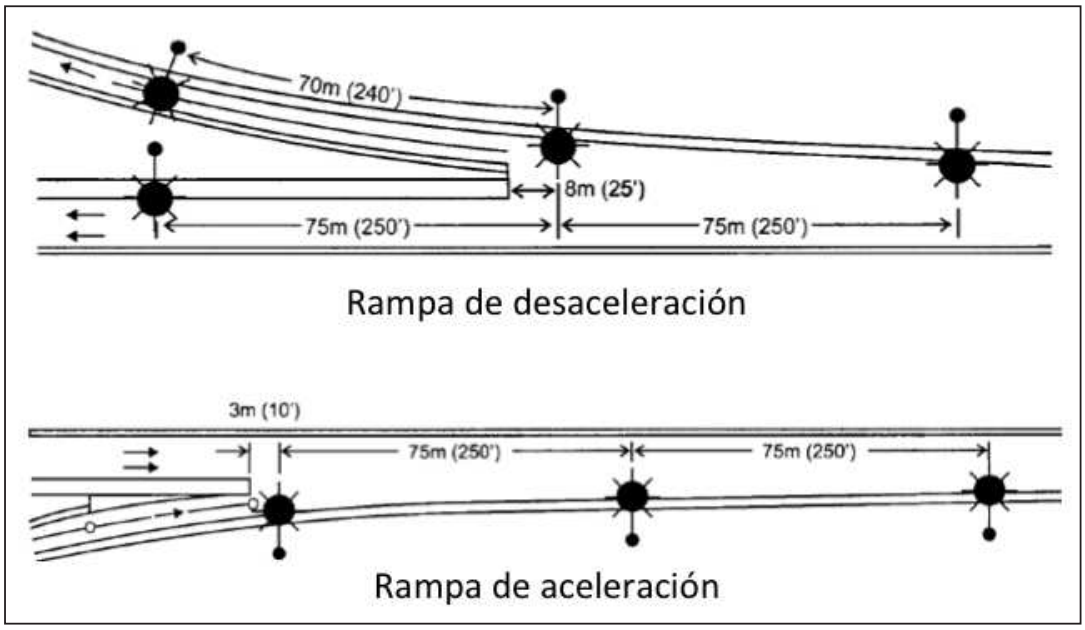
Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.10.6.2 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 105 se pueden observar distribuciones típicas para ramales de desaceleración y aceleración.

Figura 105. Ubicación Típica de Luminarias en Rampas de Desaceleración y Aceleración



FUENTE: MN/DOT Roadway Lighting Design Manual

2.10.6.3 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 colisiones, 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.

2.10.6.4 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.

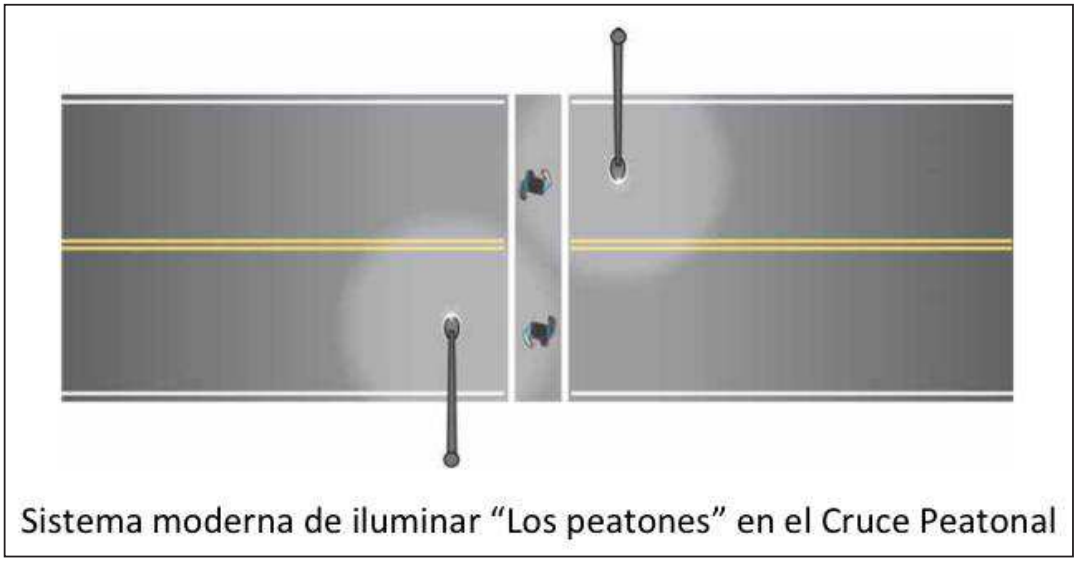
Figura 106. Diseño Peligroso de la Iluminación de un Cruce Peatonal



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 107. 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 107. Diseño Preferido de la Iluminación de un Cruce Peatonal



Fuente: FHWA-HRT-08-053, An Informational Report on Lighting Design for Midblock Crosswalks

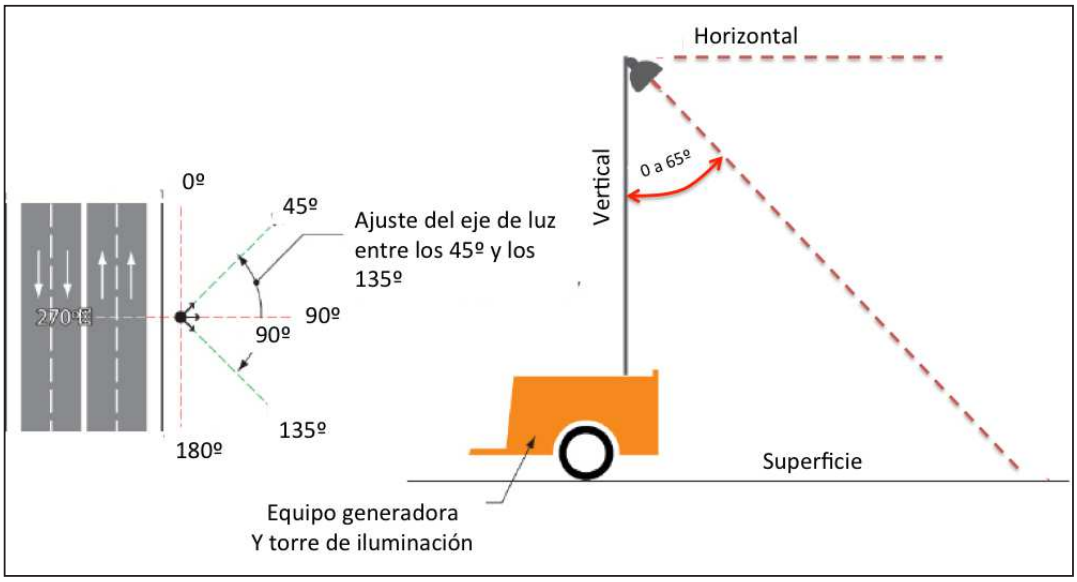
2.10.6.5 Iluminación de Túneles

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.

2.10.6.6 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 108.

Figura 108. Orientación Preferida de Torres de Iluminación en Zonas de Trabajo



Fuente: FHWA Lighting Handbook, 2012

2.10.6.7 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.

2.10.7 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.

2.10.8 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.

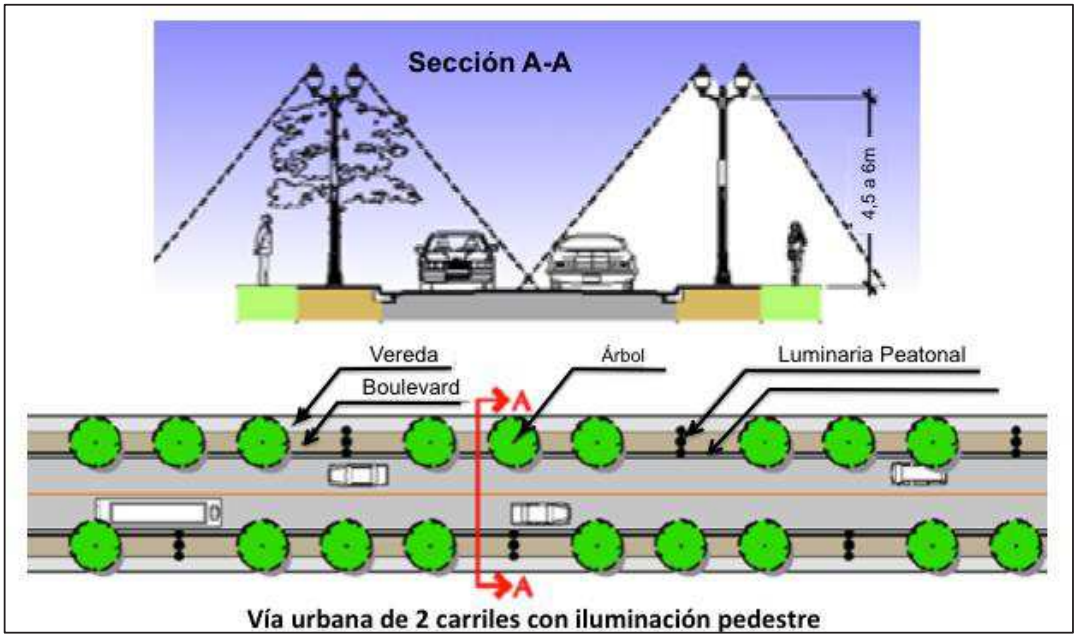
2.10.9 Relación entre Luminarias y su Entorno

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.

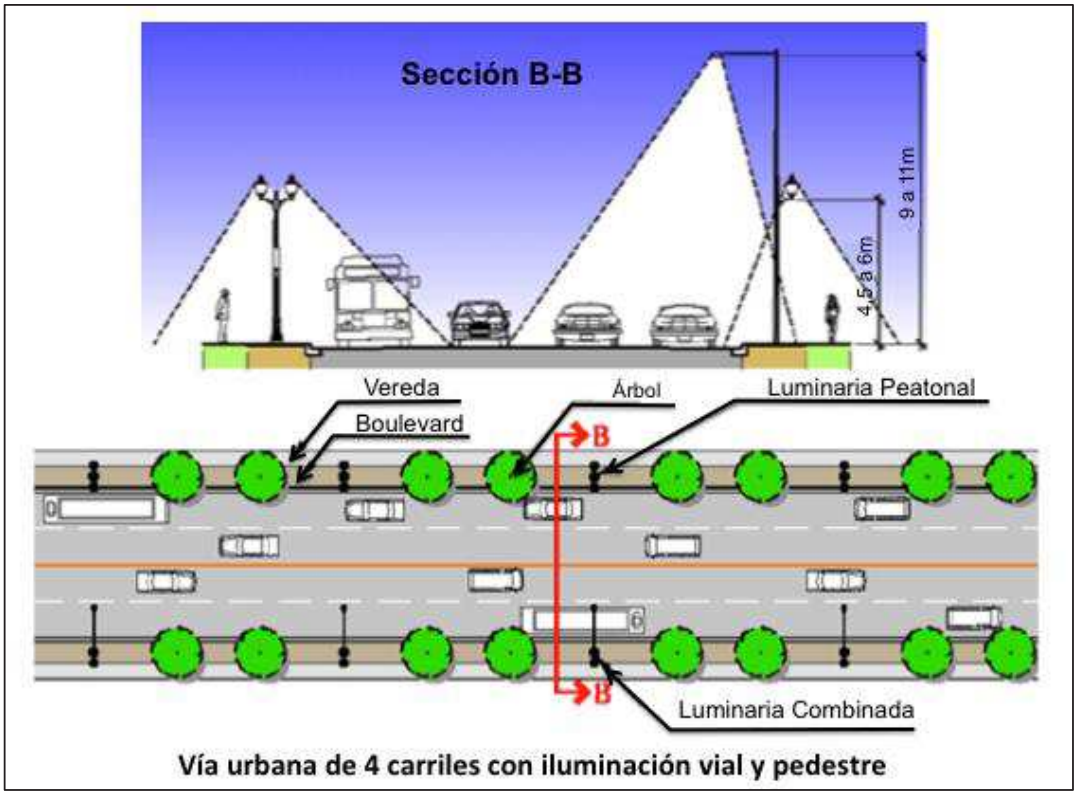
Para calles de dos carriles, la iluminación peatonal podrá proporcionar el nivel requerido de iluminación para la calle y la acera. Sin embargo, si esto no produce los resultados requeridos o si las vías son más amplias (4 o más carriles), la iluminación peatonal usualmente tendrá que complementarse 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 109. Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial



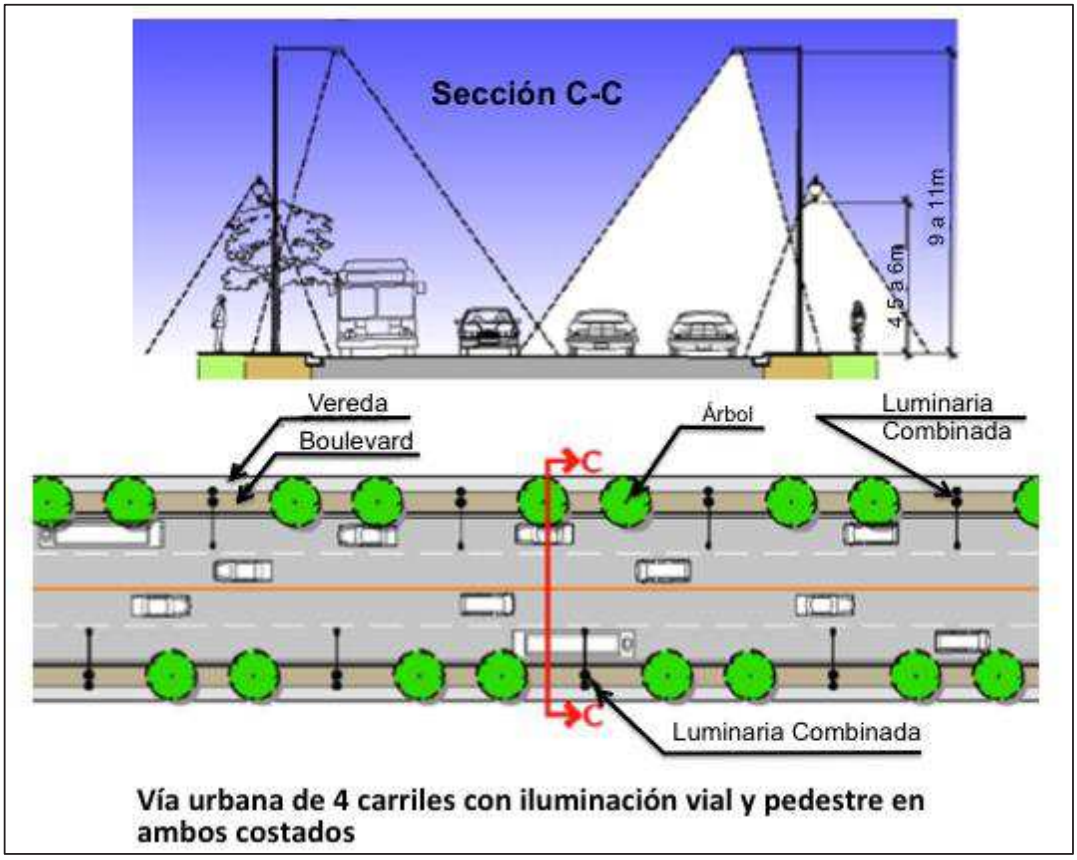
Fuente: FHWA Lighting Handbook, 2012

Figura 110. Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial



Fuente: FHWA Lighting Handbook, 2012

Figura 111. Relación entre Luminarias, Veredas, Árboles e Infraestructura Vial



Fuente: FHWA Lighting Handbook, 2012

2.11 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD VIAL EN INFRAESTRUCTURAS VARIAS

2.11.1Introducción

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 el camino seguro 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.

2.11.2Puentes

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.

2.11.2.1 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 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.

2.11.2.2 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.

2.11.2.3 Losa de Aproximación

La losa de aproximación es un ejemplo lamentable 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 dejarán claro el ancho de circulación del puente.

2.11.2.4 Sistemas de Contención Vehicular y Peatonal en Puentes

Las barreras de aproximación y las barreras de los puentes deberían contar con conexiones que son de igual resistencia a la barrera de aproximación o la del puente, la que sea menor. Deberían 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.

2.11.3Túneles

El siguiente texto toma en cuenta algunas de las recomendaciones de la Directiva 2004/54/CE sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.

Las medidas de seguridad por aplicar en cualquier túnel serán en función de los parámetros siguientes que deberían ser tomados en cuanta 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.

2.11.3.1 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.

2.11.3.2 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 colisiones o choques, controlar la señalización variable y ajustar los sistemas de ventilación entre otros.

2.11.3.3 Geometría del Túnel

Las pendientes se deben limitar a 3% con un máximo de 5% ya que pendientes mayores tienden a causar diferencias de velocidad y aumentan proporcionablemente la emisión de gases de los vehículos. En túneles cortos (L<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 largos (L>500 m) puede ser ventajoso proyectar los extremos en curva para graduar la luz exterior y para evitar el efecto agujero.
- En túneles cortos 100<L<500 m pueden ser curva o recta.
- En túneles muy cortos (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 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.

2.11.3.4 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.

2.11.3.5 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.

2.11.3.6 Vehículos Averiados

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.

2.11.3.7 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.

2.11.3.8 Resistencia de las Estructuras a los Incendios

La estructura principal de todos los túneles debería garantizar un nivel suficiente de resistencia al fuego.

2.11.3.9 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.

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.

2.11.3.10 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.

2.11.3.11 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 si 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.

2.11.3.12 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.

2.11.3.13 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.

2.11.4Pasos a Desnivel

La mayoría de las colisiones 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 colisiones 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, pilas, sepas, 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.

2.11.5Obras Complementarias

Cualquier obra complementaria debería ser incorporada en la totalidad de la obra sin generar situaciones adicionales de riesgo.

2.11.5.1 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 112. Ejemplo de Poste SOS



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.11.5.2 Paraderos de Bus

Las estructuras de los paraderos de bus constituyen un objeto fijo que merecen contar con un escudo de barreras. Conviene también pintar las estructuras de colores brillantes para que sean visibles y distinguibles a distancia y así evitar maniobras abruptas.

Figura 113. Paradero de Bus



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.11.5.3 Áreas de Servicio

Las entradas y salidas de las áreas de servicio deberían cumplir con todas las exigencias del Manual de Dispositivos de Control de Transito vigente y el Manual de Diseño Geometrico vigente.

2.11.6Control de Peaje

El cobro de peaje a los usuarios viales se logra mediante varios mecanismos. Entre ellos:

- Pago manual en efectivo con personal de cobro.
- Pago por tarjeta prepago en estación de peaje.
- Pago por tarjeta bancaria en estación de peaje.
- Telepeaje por medio de lectores aéreos sin estación 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 sobredimensionados.

- Oficinas.

2.11.6.1 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. Debera existir una canalización adecuada que permita una selección rápida y adecuada del carril mas conveniente. Para este fin se requiere colocar señalización anticipada a un minimo 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.

2.11.6.2 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 3.5 a 3.65 m.

2.11.6.3 Isleta de Peaje

La isleta 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.

2.11.6.4 Cabina de Peaje

Cada cabina de peaje tiene que estar equipada con lo siguiente:

- Unidad de aire-acondicionado/calefacción.
- Caja de seguridad antirrobo (se deposita el dinero y requiere llave y supervisor para su apertura).
- Teléfono directo con el supervisor.
- Radio 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.

2.11.6.5 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 de ancho.

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.

2.11.6.6 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 debería ser entre 4.9 a 5 m.

2.11.6.7 Carriles Exclusivos

- Carriles de Salida de la Zona de Peaje: La zona de salida debe ser amplia y con buena visibilidad hacia los carrieles 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.

2.11.6.8 Iluminación

Conviene que la zona de peaje esté iluminada en toda su extensión.

2.11.7Telepeaje

El telepeaje de alta velocidad requiere de una estructura similar a la indicada en la Figura 114 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 pos-viaje.

Estos sistemas tienen un costo alto inicial, pero no requieren espacio adicional para las casetas de cobro.

Figura 114. Infraestructura Típica de Tele-Peaje



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.11.8Infraestructura 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.

En la Figura 115 se aprecia un sistema de control de peaje en movimiento.

Figura 115. Vista de un Sistema de Pesaje en Movimiento



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas

2.11.8.1 Señalización

Conviene que exista una señalización vertical adecuada informando de la existencia de la estación de pesaje. Estos pueden ser acompañados por bandas alertadoras.

2.11.8.2 Iluminación

Conviene que los ramales de acceso y salida y toda la extensión del espacio para pesar y controlar la documentación de los vehículos esté iluminado.

2.11.8.3 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.

2.12 CALMADO DE TRÁNSITO

El calmado de tránsito se aplicará en vías urbanas, con el objetivo de dar una mayor prioridad a peatones y ciclistas en las calles.

Pero, ¿qué es una zona de tránsito calmado? En los años 50 en Estados Unidos, surgió la filosofía de la segregación de flujos resultando en ciudades con túneles y puentes que sacaron al peatón e incluso los ciclistas de la vía. En el presente se ha cambiado la visión sobre el papel de los vehículos motorizados, peatones y ciclistas en el espacio público y se promueven los espacios compartidos (shared spaces), donde todos los usuarios coexisten.

Las zonas de tránsito calmado (comúnmente conocidas como zonas-30km/h) son espacios públicos en los que se busca establecer un equilibrio entre las prácticas de la vía local y la circulación del tránsito motorizado. Para tal fin se restringe la velocidad en una vía o en una zona de la ciudad a un máximo 30 km/h. Esto permite la coexistencia segura entre los vehículos, las bicicletas y las personas. Esta velocidad permite detener un vehículo en menos de 13 metros (considerando un segundo de reacción al frenar) e implica bajas probabilidades de muerte para el peatón o el ciclista en caso de una colisión.

2.12.1Jerarquización de la Red Vial

El establecimiento de un orden o jerarquía funcional se asocia al objetivo de reducir el impacto del tráfico en determinados ámbitos, mediante su concentración en vías que soporten mejor las intensidades elevadas de tráfico.

Las calles se clasifican en vías básicas, locales y vecinales. En las básicas se permite, con carácter genérico, una velocidad máxima de 50 km/h; en las locales 30 km/h y en las vecinales de 20 a 30 km/h.

2.12.1.1 Red Básica

- Se compone por vías que conectan la ciudad con el entorno, las vías de acceso con los puntos de atracción de la ciudad y diferentes puntos entre sí.
- Debe absorber la mayor parte de los desplazamientos en vehículo privado.
- El vehículo motorizado tiene prioridad.
- No es recomendable instalar gibas o elementos de reducción de velocidades fisicos en la sección de la calle.
- Hay que asegurar el paso de peatones en condiciones seguras, por ejemplo mediante pasos regulados con semáforo o puentes peatonales.
- Tienen un límite de velocidad de 50 km/h.

2.12.1.2 Red Local

- Tiene funciones de conexión y distribución del tráfico hacia el interior de los barrios.
- Cierra las áreas ambientales.
- Tiene un límite velocidad de 30-40 km/h.

2.12.1.3 Red Vecinal

- Tiene la función circulatoria interna en las áreas ambientales y posibilita el acceso motorizado a garajes y edificios.
- Está compuesta por vías de cohabitación, que tienen que soportar el tráfico vecinal pero no el de paso.
- Debe disponer de veredas suficientemente anchas o con plataforma única.
- Se pueden aplicar todo tipo de medidas reductoras de velocidad.
- Pueden circular bicicletas por la calzada con seguridad.
- Tiene un límite de velocidad de 20 - 30 km/h.

2.12.2 Áreas Pacificadas

Una vez implementada la jerarquización viaria, es necesario aplicar medidas de pacificación del tránsito e impulsar la creación de áreas pacificadas con el objetivo, no solo de ordenar el tráfico, sino también de aumentar la seguridad vial en las calles de las zonas urbanas.

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 se 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.

2.12.3 Reductores de Velocidad

Existe una relación directa entre la velocidad, la siniestralidad y la severidad de los siniestros como se aprecia en la Tabla 23:

Tabla 23. 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

Fuente: Plan Local de Seguridad Vial de Catalunya

En el análisis de la accidentalidad de la red vial urbana 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.

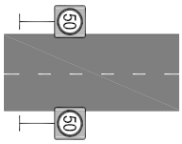
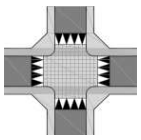
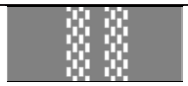
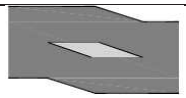
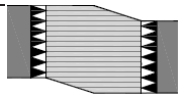
Tabla 24. Relación velocidad-distancia de los reductores de velocidad

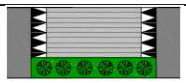
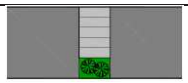
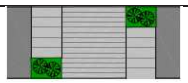
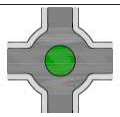
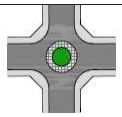
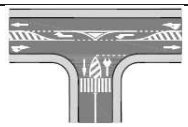
Velocidad objetivo	Distancia recomendable entre elementos reductores de velocidad	Distancia máxima de eficiencia entre elementos reductores de velocidad
50 km/h	150 m	250 m
40 km/h	100 m	150 m
30 km/h	75 m	75 m
10-20 km/h	20 m	50 m

Fuente: Plan Local de Seguridad Vial de Catalunya

Los lomos 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 25. 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	●	●	●
	Rotura horizontal de trayectoria con plataforma elevada		(●)	●
	Estrechamiento de calzada con elemento físico central	●	●	●

Elemento		Tipo de vía		
		Básica (50 km/h)	Secundaria (30-50 km/h)	Vecinal (20-30 km/h)
	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.

Fuente: Plan Local de Seguridad Vial de Catalunya

2.12.3.1 Elección de Elementos Reductores

Uno de los elementos de riesgo mas importantes es el exceso de velocidad; por esta razón, se deben elegir los elementos físicos o la combinación de elementos que se resulten en una reducción de la velocidad en la zona urbana, dependiendo de 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 via 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 bus 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 viaria 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.

2.13 CONSIDERACIONES EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION

La etapa de construcción presenta un riesgo inminete a los usuarios debido a que estos estarán expuestos a condiciones de geometría incostiente, 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:

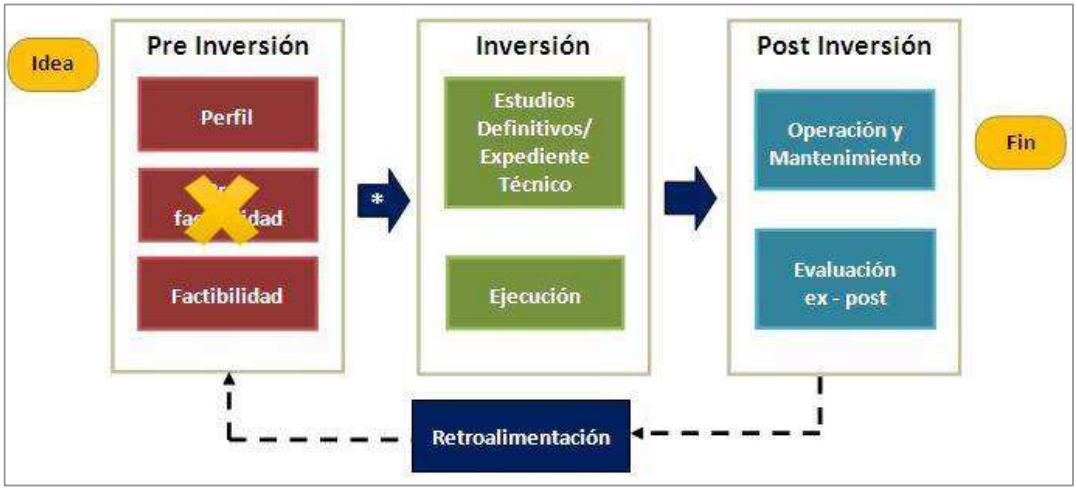
1) Debera desarrollarse un plan de desvio por un ingeniero civil debidamente capacitado en la ingeneria vial con conocimientos de trafico, capacidad vial, diseño geométrico, y señalización horizontal/vertical.
2) Dicho plan deberá ser implementado en campo y ensayado ANTES de iniciar las labores de construcción.
3) Deberan respetarse los colores, formas y características en general de las señales que se encuentran en el Manual de Dispositivos de Control de Transito vigente.
4) En todo momento los carriles deberán estar debidamente señalizados y canalizados, aunque estos sean temporales.
5) La via 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 permantentes.
7) Deberá respetarse el diseño de zonas de trabajo tal como se describe en diagramas en el Manual de Dispositivos de Control de Transito.

CAPÍTULO 3. INFRAESTRUCTURA VIAL EN LAS FASES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se aborda el seguimiento necesario de la seguridad vial durante la etapa de post-inversion de un proyecto mediante auditorías e inspecciones que sirven para evaluar una via en operación. La siguiente figura presenta el Ciclo del Proyecto según los lineamientos del Ministerio de Economia y Finanzas. Se puede apreciar que la etapa de Post-Inversion también sirve para retroalimentar proyectos de pre-inversion futuros. Desde el el punto de vista de la seguridad vial, las inspecciones y auditorias deben pasar por un seguimiento posterior que permita determinar su impacto (positivo o negativo) sobre la ocurrencia de coilsiones. De esta manera se retroalimentan proyectos futuros para implementar medidas con efectividad comprobada.

Figura 116. Ciclo del Proyecto



Fuente: Ministerio de Economica y Finanzas

3.2 NECESIDAD

El seguimiento de la seguridad vial es un hecho necesario para garantizar la aplicación de todas las medidas establecidas con el objetivo final de reducir la siniestralidad en las vías. Toda administración debe contar con un plan de seguridad vial para sus vías.

1. 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 y los daños producidos a los bienes y los costos asociados.

2. Deben analizarse las posibles causas de los siniestros, todo ello con el fin de tomar medidas para que los mismos, o similares, no vuelvan a ocurrir.

3. Es necesario realizar un seguimiento anual del grado de cumplimiento de los objetivos e indicadores de reducción de siniestros, con el objetivo de comprobar la efectividad de las actuaciones de los planes de acción.

3.3 PLANES DE SEGURIDAD

3.3.1 Definición y Características básicas

Un plan se puede definir como un conjunto de acciones coordinadas entre sí con el objetivo de alcanzar una meta común. 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 o estado, focalizando dicha reducción en un periodo determinado.

La visión de un Plan es garantizar que la movilidad de las personas se haga con la màxima seguridad posible, y reducir el número, la gravedad y las consecuencias de los accidentes trabajando con màxima eficacia.

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.

- **Organización Mundial de la Salud**. Las Naciones Unidas y sus estados miembros, conscientes del desafío a que se enfrenta el mundo, y avalados por el éxito de la Primera Conferencia Ministerial sobre Seguridad Vial, organizada por el gobierno de la Federación Rusa en 2009, proclamó oficialmente el decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 el marzo de 2010.

  El objetivo principal es detener y reducir el número de víctimas de accidentes de tránsito a escala mundial para el año 2020, procurando que una adecuada formación en seguridad vial llegue a todas las personas.

  Las recomendaciones que establece el decenio de acción se articulan sobre la base de cinco pilares:

  - Gestión de la Seguridad Vial
  - Vías y movilidad más seguras
  - Vehículos más seguros
  - Usuarios más seguros
  - Respuesta después de los accidenteso

En el contexto internacional, las directrices comunes de los organismos internacionales se centran en la reducción del número de heridos graves y en la prioridad de los colectivos vulnerables.

- **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 considerarse los señalados en la Tabla 26.

Tabla 26. Objetivos Estratégicos de los Planes de Seguridad Vial

Prioridad	Colectivos y temas clave	Objetivos Esperados
A. 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 currículo escolar
	Jóvenes	Mejorar la capacitación 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 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 Proporcionar espacios seguros de movilidad para peatones Promover el conocimiento e informar sobre la accidentalidad de los peatones y su movilidad
	Ciclistas	Promover el uso de la bicicleta como modo de desplazamiento eficiente Mejorar la capacitación de los ciclistas y resto de usuarios Proporcionar espacios seguros de movilidad para bicicletas Mejorar el conocimiento de los ciclistas
B Potenciar una movilidad segura en la zona urbana	Zona urbana	Proporcionar un espacio público urbano y entornos seguros Potenciar la disciplina en el ámbito urbano
C. Mejorar la seguridad de los motoristas	Motoristas	Promover comportamientos más seguros de los motoristas Incrementar la seguridad de las carreteras para los motoristas Promover el conocimiento e informar sobre la accidentalidad de los motoristas y su movilidad

Prioridad	Colectivos y temas clave	Objetivos Esperados
D. Mejorar la seguridad en las carreteras	Carreteras	Promover comportamientos más seguros en las carreteras Mejorar la seguridad de las carreteras a través de su diseño, especialmente para evitar salidas de la vía y colisiones frontales
E. Mejorar la seguridad en los desplazamientos relacionados con el trabajo	Seguridad vial en la empresa	Lograr una intervención activa de las empresas en las colisiones in itinere Mejorar el conocimiento de las colisiones in itinere
	Transporte profesional	Promover comportamientos más seguros de los conductores profesionales Mejorar la capacitación y habilidad de los conductores profesionales
F. Mejorar los comportamientos en relación a alcohol y velocidad en la conducción	Alcohol y drogas	Desarrollar acciones preventivas para reducir el consumo de alcohol y drogas en la conducción Consolidar las acciones de control de la norma
	Velocidad	Promover comportamientos más seguros en relación a la velocidad Promover un diseño seguro de las vías para reducir las situaciones de riesgo por velocidad: áreas 30, accesos a poblaciones

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.3.2 Tipos de Planes de Seguridad Vial y necesidades

Existen tres tipos de planes de seguridad vial:

- **Planes estratégicos de Seguridad Vial**. Tienen una vigencia de 6 años y son el marco estratégico en materia de seguridad vial. Fija unas líneas estratégicas enseguridad vial y unos proyectos para cumplir, con el objetivo de reducir la accidentalidad. En general, giran entorno a dos ejes: la persuasión y la disuasión. La persuasión está orientada a todos los elementos que forman parte de la movilidad, y la disuasión se orienta a las medidas que causan directa o indirectamente la accidentalidad, o los factores de riesgo casual, de las medidas de control policial para evitar accidentes yla infracción cometida y detectada.
- **Planes de seguridad vial.** Tienen vigencia de tres años. Es el instrumento técnico que ordena un conjunto de medidas, acciones y recursos necesarios con el fin de reducir la accidentalidad.
- **Planes locales de seguridad vial**. Tienen una vigencia de 4 años y sus objetivos van dirigidos a encontrar medidas para mejorar la seguridad vial en el ámbito urbano y reducir el nivel de riesgo en estos entornos. Es importante establecer una cooperación con municipalidades y autoridades locales.

3.3.3 Recomendaciones claves 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 intesección

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.

3.3.4 Propuesta de contenido mínimo de plan de seguridad vial

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, seguredad 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 sitios

- 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 possibilidad 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, estableciuendo valores actuales.
- Definir agentes implicados y propuesta de programación de cada acción.
- Segregar las acciones según se trate de Mantenimento (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 Coste/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 el CNSV.
- Detalle de la metodología propuesta para evaluar el plan desde una perspectiva cosot/beneficio, incluyendo los resultados de los planes anteriores.

3.3.5 Propuesta de check-list para planes de seguridad vial

DATA BÁSICA DE SEGURIDAD VIAL

- Víctimas
  - Víctimas mortales.
  - Usuarios vulnerables.
  - Accidenots laboralos de tránsito.
- Factores de riesgo
  - Velocidad excesiva.
  - Elementos de seguredad pasiva.
  - Alcohol, drogas y psicofármacos.
- Localización
  - Demarcaciones.
  - Intersecciones.
- Periodo temporal
  - Día de la semana.
  - Mes del año.

OBJECTIVOS DEL PLAN

- OBJECTIVO 1. Proteger a los usuarios de la movilidad y control eficaz de las conductas de riesgo.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 1.1 Reducción del consumo de alcohol, drogas y psicofármacos durante la conducción.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 1.2 Vigilancia y control de los comportamientos de riesgo y en especial de la velocidad como principal factor causal de lesividad en accidentes.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 1.3 Protección de los usuarios más vulnerables de la movilidad.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 1.4 Mejora continua de la atención a les víctimas de tránsito.
- OBJECTIVO 2. Impulsar un espacio continuo de seguridad vial (zonas urbanas y rurales).
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 2.1 Mejora de la seguredad en los desplazamientos en zona urbana.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 2.2 Integración de la seguridad vial en la planificación del uso del suelo y de la movilidad.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 2.3 Conseguir una red vial más segura y eficiente para los usuarios.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 2.4 Promoción de un cambio en el transporte modal hacia modalidades más eficientes y sostenibles (transporte público, transporte no motorizado).

- OBJECTIVO 3. Involucrar y coordinar entidades públicas y privadas en la mejora de la movilidad segura.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 3.1 Fomento de acuerdos entre entidades para desarrollar acciones conjuntas que mejoren la seguridad vial.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 3.2 Impulso de la resposabilidad vial en la empresa.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 3.3 Promoción de una presencia activa del CNSV en el ámbito internacional.
- OBJECTIVO 4. Disponer de las estructuras, instrumentos y mecanismos de gestión que permitan la consecución de resultados.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 4.1 Mejora continua del marco legal en materia de seguridad vial.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 4.2 Implantación de mecanismos orientados a mejorar la gestión.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 4.3 Promoción de una parque de vehículos seguros.
- OBJECTIVO 5. Facilitar el conocimiento de la movilidad segura a lo largo del ciclo vital.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 5.1 Promoción de un currículum de movilidad segura que acompañe a las personas a lo largo de su trayectoria como usuarios de la movilidad.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 5.2 Diseño de estrategias de comunicación que fomenten una cultura de la seguridad vial.
- OBJECTIVO 6. R+D+i en la seguridad vial.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 6.1 Incorporación y promoción del conocimiento externo.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 6.2 Promoción del sector privado y activación econòmica.
  - LÍNEA ESTRATÉGICA 6.3 Presencia internacional, plan de publicaciones y branding.

3.3.6 Plan Nacional de Seguridad Vial

Dentro de este marco, el Consejo Nacional de Seguridad Vial (CNSV) ha desarrollado recientemente el Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV) 2015 – 2024.

Éste ha sido desarrollado como una herramienta de gestión, donde desde el ámbito gubernamental se aborda a una política de Estado, que se distinga como una 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 busca ser aprobado por una norma de iniciativa del Poder Ejecutivo, que permita ser vinculante para todas las entidades públicas, especialmente las integrantes del Sistema Nacional de Tránsito y Seguridad Vial. La aprobación por Ley y/o Decreto Supremo del PNSV 2015 – 2024 ejercera como fuerza obligatoria haciendo factible la implementación del Plan. 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. Dentro de los objetivos específicos asociados a este objetivo general se destaca:

- Ampliar la capacidad y mejorar las características de la infraestructura de la red vial nacional.
- Garantizar la conservación de la infraestructura de los distintos modos de transporte, con participación del sector privado y comunidad organizada, propiciando la sostenibilidad de su financiamiento.

- Disponer de servicios de transportes seguros, eficientes y de calidad, incorporando la logística de transportes, preservación del medio ambiente e inclusión social. Esto queda reflejado en los siguientes objetivos estratégicos específicos:
  - Promover la formalización e impulsar la prestación de servicios de transportes seguros, eficientes y competitivos.
  - Propiciar e incentivar la renovación de la flota del parque automotor.
  - Promover la educación vial en coordinación con las entidades involucradas y operadores del transporte, contribuyendo al sistema de seguridad vial.
  - Fortalecer los mecanismos de supervisión y fiscalización de los servicios de transportes.
  - Gestionar el Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros de Lima y Callao, a través del Metro de Lima – Buses.
  - Crear y promover la implementación del marco institucional para ordenar el transporte urbano en las ciudades del país.
  - Reformar la normatividad del sector para que la oferta de servicios se brinden con estándares internacionales de calidad y seguridad.
  - Apoyar a las principales ciudades del país en la creación de Sistemas Masivos de Transporte Urbano.
- 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. Dentro de los objetivos específicos se encuentra:
  - Propiciar la complementariedad e integración de los proyectos de transportes con otros proyectos de infraestructura económica y social que se desarrollen en los ámbitos departamental y vecinal.
  - Promover las intervenciones planificadas en la ejecución de programas, proyectos y actividades de transportes con gobiernos regionales y locales.
  - Apoyar técnicamente a los Gobiernos Regionales y Locales en la institucionalidad, gestión de infraestructura y servicios de transportes.
  - Implementar mecanismos de evaluación y seguimiento de las funciones, proyectos y recursos transferidos a los Gobiernos Regionales y Locales.

Todos los objetivos mencionados son parte de estrategias específicas que serán complementadas en el Plan Operativo del PNSV 2015 – 2024.

3.3.6.1 Plan de Intervenciones Básicas

El PNSV, contiene un plan de intervenciones básicas a partir del análisis de la información relevante para la seguridad vial del Perú, y del diagnóstico de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). Es asi que se determinaron las siguientes líneas estratégicas:

- Línea estratégica institucional
- Línea estratégica del comportamiento humano
- Línea estratégica del vehículo

- Línea estratégica de la infraestructura
- Línea estratégica de atención a víctimas

A continuación se describe el plan de intervenciones para cada una de las líneas estratégicas donde se detallan las medidas, actividades y plazo de las mismas:

Tabla 27. Plan de Intervenciones. Línea estratégica: Institucional

Línea estratégica:	**E1**	**INSTITUCIONAL**	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
M1: **Fortalecimiento institucional del CNSV**	PIB 01	Incorporación permanente de Ministros al Consejo Vial.	01 Año. Corto plazo
	PIB 02	Elevar a rango de ley la creación o fortalecimiento de la CNSV.	01 Año. Corto plazo
	PIB 03	Implementar el plan con una fuerza legal o normativa para asegurar la viabilidad.	01 Año. Corto plazo
	PIB 04	Difundir las funciones y competencias del CNSV a través de su Secretaria Técnica.	01 Año. Corto plazo
	PIB 05	Generar autonomía administrativa y presupuestaria del CNSV a través de su Secretaría Técnica.	02 Años. Corto plazo
	PIB 06	Asignar presupuesto al acorde con a nuevas facultades del CNSV a través de su Secretaria Técnica.	02 Años. Corto plazo
	PIB 07	Creación del Comité Técnico Operativo (CTO), considerando entidades privadas.	02 Años. Corto plazo
	PIB 08	Potenciar funciones de los Consejos Regionales de Seguridad Vial (CRSV).	02 Años. Corto plazo
	PIB 09	Implementar un plan de acción para potenciar la imagen del CNSV a través de su Secretaria Técnica.	01 Año. Corto plazo
M2: **Reformulación del sistema actual de recolección de datos de accidentes de tránsito.**	PIB10	Formular e implementar la ficha única de recolección de datos in situ de la Policía Nacional del Perú (PNP).	01 Año. Corto plazo
	PIB11	Sistematizar mediante un instructivo o manual la recopilacion de datos de la PNP.	01 Año. Corto plazo
	PIB12	Implementar software para ingreso de datos de accidentes de tránsito recopilados por la PNP.	02 Años. Corto plazo
	PIB13	Designar y/o capacitar a efectivos de la PNP que realizan recolección y digitación de datos.	01 Año. Corto plazo
	PIB14	Formular una ficha única de recolección de datos en recintos hospitalarios por parte del Ministerio de Salud (MINSA).	02 Años. Corto plazo
	PIB15	Sistematizar la recopilacion de datos de accidentados del MINSA.	02 Años. Corto plazo
M3: **Implementación de Observatorio de Seguridad (OSEVI)**	PIB16	Implementar en la Secretaría Técnica del CNSV el OSEVI.	02 Años. Corto plazo
	PIB17	Implementar sistemas de informacións en el OSEVI para procesar y analizar datos de la PNP y del MINSA.	02 Años. Corto plazo
M4:	PIB18	Estudiar la factibilidad de reasignar dotación de la PNP en labores de control de tránsito.	01 Año. Corto plazo

Línea estratégica:	E1	INSTITUCIONAL	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
Fortalecimiento de la PNP en materias de control de tránsito.	PIB19	Dotar de equipamiento computacional a todas las comisarías de la PNP del país.	02 Años. Corto plazo
	PIB20	Dotar de conexión a internet a todas las comisarías de la PNP del país.	02 Años. Corto plazo
	PIB21	Capacitar a más efectivos de la PNP en el uso de aparatos tecnológicos de fiscalización y control.	02 Años. Corto plazo

Fuente: PNSV 2015-2024

Tabla 28. Plan de Intervenciones. Línea estratégica: Comportamiento Humano

Línea estratégica:	E2	COMPORTAMIENTO HUMANO	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
M6: **Fiscalización de exceso velocidad**	PIB22	Realizar la adquisición de 500 equipos de medición de velocidad para la PNP.	02 Años. Corto plazo
	PIB23	Mantención y calibración de equipos de control de velocidad.	02 Años. Corto plazo
	PIB24	Diseñar programa de fiscalización de velocidades.	01 Año. Corto plazo
	PIB25	Implementar programa de fiscalización focalizado con dispositivos manuales por parte de la PNP.	01 Año. Corto plazo
	PIB26	Realizar estudio para evaluar el nivel de cumplimiento de la Ley 30.076 (19-08-13)	01 Año. Corto plazo
M7: **Fiscalización de alcohol en la conducción**	PIB27	Incrementar los controles de alcohol en la conducción por parte de la PNP.	01 Año. Corto plazo
	PIB28	Adquirir 5,000 instrumentos de medición de alcohol y 1,000,000 boquillas, para la PNP.	01 Año. Corto plazo
	PIB29	Mantención y calibración de equipos de control de alcohol.	01 Año. Corto plazo
M9: **Revisar y fortalecer el sistema de otorgamiento de licencias de conducir**	PIB30	Realizar auditoría al sistema de otorgamiento y renovación de licencias de conducir.	01 Año. Corto plazo
M10 **Realizar Plan de Comunicaciones de sensibilización de la seguridad vial**	PIB31	Campaña dirigida a conductores para concientizar el riesgo que produce el exceso de velocidad.	01 Año. Corto plazo
	PIB32	Campaña dirigida a conductores sobre el riesgo que produce conducir bajo la influencia del alcohol.	01 Año. Corto plazo
	PIB33	Campaña dirigida a peatones sobre conducta responsable y de autocuidado al circular por la vía pública.	01 Año. Corto plazo
M13: Fortalecimiento y continuidad de programa de Educación Vial	PIB34	Promover continuidad de programas de educación vial en la educación escolar formal primaria.	01 Año. Corto plazo
	PIB35	Promover continuidad de programas de educación vial en la educación escolar formal secundaria.	01 Año. Corto plazo
M15:	PIB36	Capacitación a conductores infractores sobre consecuencias del alcohol en la conducción.	01 Año. Corto plazo

Línea estratégica:	E2	COMPORTAMIENTO HUMANO	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
Generación de acciones que minimicen el riesgo de reincidencia en Conductores infraccionados	PIB37	Capacitación a conductores infractores sobre consecuencias de conducir a exceso de velocidad.	01 Año. Corto plazo
	PIB38	Capacitación a conductores infractores sobre consecuencias de conducir en forma imprudente.	01 Año. Corto plazo
M17: **Fiscalización del uso de elementos de seguridad pasiva**	PIB39	Fiscalización de uso de cinturón de seguridad.	01 Año. Corto plazo
	PIB40	Fiscalización del uso del casco en usuarios de vehículos de 2 y 3 ruedas.	01 Año. Corto plazo
	PIB41	Fiscalización de uso de luces encendidas.	01 Año. Corto plazo
M18: **Fortalecer la fiscalización de conducción de transporte público y transporte de mercancías**	PIB42	Fiscalizar horas de conducción.	01 Año. Corto plazo
	PIB43	Control del consumo de alcohol.	01 Año. Corto plazo

Fuente: PNSV 2015-2024

Tabla 29. Plan de Intervenciones. Línea estratégica : Vehículo

Línea estratégica:	E3	VEHÍCULO	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
M19: **Incorporación de elementos y criterios de seguridad vial en el transporte público**	**PIB44**	Estudio y diagnóstico de antigüedad del transporte público de pasajeros urbanos, interprovinciales y nacionales y analizar la factibilidad de disminuir la antigüedad permisible de estos vehiculos.	01 Año. Corto plazo
	PIB45	Fortalecer control de transporte público.	01 Año. Corto plazo
	PIB46	Plan de Acción para mejorar el ámbito de operación y control de moto-taxis.	01 Año. Corto plazo
M20: **Fiscalización del estado de los vehículos**	**PIB47**	Fiscalizar estado de luces y neumáticos.	01 Año. Corto plazo
M22: **Fiscalizar el sistema de retención infantil en vehículos**	**PIB48**	Adoptar norma internacional sobre características técnicas de las sillas de seguridad para niños.	01 Año. Corto plazo
M23: **Centros de Inspección Técnica Vehicular (CITV)**	**PIB49**	Fortalecer programa de fiscalización de funcionamiento de CITV.	02 Años. Corto plazo

Fuente: PNSV 2015-2024

Tabla 30. Plan de Intervenciones. Línea estratégica : Infraestructura vial

Línea estratégica:	E4	INFRAESTRUCTURA VIAL	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
M25: Fiscalización de infraestructura y señalización vial	**PIB50**	Fiscalización de obstáculos visuales.	02 Años. Corto plazo
	PIB51	Revisión de puntos donde ocurren accidentes (puntos de concentracion de colisiones) y programa de corrección.	02 Años. Corto plazo
	PIB52	Revisión de existencia y estado de señalización vial en entorno de colegios.	02 Años. Corto plazo
M26 : Implementar programa de Auditorías de Seguridad Vial(ASV)	**PIB53**	Diseñar un programa de ASV.	01 Año. Corto plazo

Fuente: PNSV 2015-2024

Tabla 31. Plan de Intervenciones. Línea Estratégica :Atención a Víctimas

Línea estratégica:	E5	ATENCIÓN A VÍCTIMAS	
Medidas:	**Nº PIB**	**Actividades:**	**Plazo:**
M27: Sistema de atención de urgencia a las víctimas de accidentes de tránsito	**PIB54**	Estudiar la generación de estrategias para minimizar el tiempo de traslado de víctimas a establecimientos de salud.	01 Año. Corto plazo
M30: Sistema de orientación de víctimas de accidentes de tránsito y familiares(SOVAT)	**PIB55**	Implementar en la Secretaría Técnica del CNSV el SOVAT.	02 Años. Corto plazo
	PIB56	Implementar sistema de información en web del CNSV a través de su Secretaría Técnica, para asistencia a nivel nacional, con apoyo de los CRSV.	02 Años. Corto plazo
M31: Costos hospitalarios y seguros de accidentes de tránsito	**PIB57**	Estudiar y revisar los alcances y cobertura de sistema de seguros de accidentes de tránsito (SOAT y AFOCAT)	02 Años. Corto plazo

Fuente: PNSV 2015-2024

3.3.6.2 Resumen de las acciones de carácter normativo e institucional

A continuación se resumen las 18 acciones de carácter normativo y/o institucional, que están relacionadas directa o indirectamente con las distintas actividades consideradas en el Plan Operativo:

- Aprobar por ley y/o Decreto Supremo el presente Plan Nacional de Seguridad Vial.

- Se requiere fortalecer el Consejo Nacional de Seguridad Vial, tanto en su integración, como en su estructura y funcionamiento dotándolo de capacidad normativa y financiera.
- Se propone la creación de un Sistema Nacional de Tránsito y Seguridad Vial, que de coherencia al PNSV y que permita el involucramiento sistémico de todas las entidades públicas relacionadas con la seguridad vial del Perú.
- Se propone reformular el sistema de otorgamiento de licencias de conducir, especialmente en lo referente a los requisitos de admisibilidad.
- Se propone revisar el Registro Nacional de Conductores, en términos de corroborar que las licencias de conducir todo tipo de vehículos, se encuentran debidamente inscritas, mejorando su proceso de incorporación al mismo.
- Se sugiere establecer una progresión en la licencia de conducir vehículos de mayor tamaño y peso, en términos de que para postular a ella se tenga un tiempo de titularidad en la licencia para conducir automóviles y se certifiquen las competencias teóricas y prácticas.
- La regulación de las escuelas de conductores debe ser revisada y éstas deben exclusivamente impartir cursos teóricos y prácticos para acceder a los diversos tipos de licencias de conducir, pero nunca como entidades privadas deben autorizar el otorgamiento de las mismas.
- Se debería exigir que las escuelas de conductores, cuenten con vehículos para realizar los cursos de manejo y además se debe regular y estandarizar en la normativa el simulador de manejo con el que deben contar.
- Se debe dictar por la Direccion General de Transporte Terrestre (DGTT), la Resolución Directoral que establece los protocolos para los exámenes teóricos y prácticos de manejo, así como la infraestructura con la que deben contar los centros de evaluación, para quienes sean postulantes a licencias de conducir.
- Se propone regular el dispositivo de retención infantil, sillas de seguridad para el traslado de niños menores en automóvil.
- Se sugiere regular el dispositivo inalámbrico (manos libres), que permita hablar por teléfono celular mientras se conduce.
- Se propone revisar y mejorar el procedimiento para que la PNP de tránsito y carretera inscriba las infracciones o papeletas cursadas en el Sistema Nacional de Infracciones.
- Se deben revisar los planes y programas de los cursos de educación vial que se imparten a los conductores que han tenido la cancelación o suspensión de sus licencias de conducir y los efectos que dichos cursos han tenido.
- Se necesita revisar el Registro de Propiedad de Vehículos Motorizados, corroborando la inscripción de todos los vehículos que circulan en el país, mejorando también el procedimiento de inscripción.
- Se requiere analizar y reformular el sistema de licencia de conducir con puntos.
- Se debe actualizar y mejorar la base de preguntas del examen teórico para obtener la licencia de conducir.
- Se requiere incorporar en el Reglamento Nacional de Tránsito la disposición que establece un límite máximo de alcohol en la conducción para los conductores de transporte público de personas y mercancías.
- Regulación del casco de seguridad para conductores de vehículos de 2 y 3 ruedas.

3.3.6.3 Cronograma de Ejecución del PNSV

El PNSV presenta un cronograma donde las actividades o intervenciones serán evaluadas periódicamente, considerando los siguientes parámetros:

- Evaluaciones bianuales, permiten dar un tiempo necesario para que se puedan desarrollar las actividades asociadas a las distintas medidas, para permitir una corrección rápida que impida desviaciones significativas que no sean abordadas y corregidas a tiempo.
- Una evaluación a la mitad del período de planificación, para que puedan plantearse readecuaciones propias al plan en función de las evoluciones naturales que pueda tener el país y sus requerimientos de transporte y tránsito, seguridad, salud, e infraestructura.
- Una evaluación final, la que debería dar el resultado total del PNSV inicial, su posible actualización y ajustes que se desarrollará n en la evaluación y correcciones que se realicen periódicamente.

A continuación se presenta el cronograma que revela la forma en que se implementará el PNSV 2015 – 2024, periodo de diez años.

Tabla 32. Cronograma de desarrollo del PNSV 2015-2024

Actividades	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Elaboración del PNSV										
Socialización del PSNV										
Presentación del PNSV										
Intervenciones Básicas										
Medidas de Mediano Plazo										
Medidas de Largo Plazo										
Evaluaciones anuales										
Evaluación y corrección del PNSV										
Evaluación final del PNSV										

Fuente: PNSV 2015-2024

3.4 AUDITORÍAS E INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL

3.4.1 Introducción y objetivos

Una Auditoría de Seguridad Vial (de ahora en adelante, ASV) es un procedimiento sistemático de comprobación de las condiciones de seguridad, en todas las etapas del proyecto, para todos los posibles usuarios de la vía y a su vez deberá ser auditado por un equipo calificado e independiente quienes comprueban 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.

En caso de que este procedimiento se realice a una vía ya existente, se llamará Inspección de Seguridad Vial (de ahora en adelante, ISV)

Estas medidas tienen un gran potencial para mejorar la seguridad vial, especialmente cuando se aplica a un diseño vial, antes de la construcción o implementación (ASV) tomando en cuentas sus beneficios de rentabilidad economica.

Puede realizarse para cualquier propuesta de diseño que comprenda cambios en las formas en que interactuarán los usuarios, ya sea uno con otro, o con su entorno físico.

En general, una auditoría o inspección es un proceso formal que usa un procedimiento definido. Para ser efectivo debe ser realizado por gente con adecuada experiencia y conocimiento de la situación local y que sean independientes al proceso de diseño.

Por definición, las ASV son realizadas a infraestructura que está aún por implementarse, por construir o que está en proceso de construcción. Por su parte, las ISV se asocian a la revisión de elementos ya existentes.

- **OBJETIVO DE UNA ASV:**

  Consiste en una actividad proactiva para asegurar que todas las vías operen en las máximas condiciones de seguridad. El objetivo principal es minimizar el riesgo de ocurrencia de colisiones y/o la relativa severidad de las mismas y reducir costos futuros asociados con la reconstrucción o rediseño de elementos viales de riesgo.

- **OBJETIVO DE UNA ISV:**

  Eliminar o mitigar los elementos o combinaciones de elementos, futuros o existentes, en una vía que, en opinión de los auditores, puedan aumentar la probabilidad de siniestros o colisiones y/o la relativa severidad de estos.

  Asimismo, cabe decir que NO son objetivos de una ISV:

- Evaluar el proyecto realizado
- Rediseñar la via evaluada
- Comprobar cumplimiento con la normativa
- Generar inventarios de elementos de seguridad vial.
- Hacer mediciones de retrorreflectividad de todas las señales verticales y demarcaciones.
- Definir los parámetros de las curvas.
- Cuantificar la condición de los pavimentos.

3.4.1.1 Preocupación de seguridad vial

Durante una ASV o ISV cualquier situación, elemento o combinación de elementos futuros y/o existentes, que en opinión del grupo auditor pueda(n) aumentar la probabilidad de siniestros 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 el cliente. 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. Aún 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.

3.4.2 Estrategia y Alcance de una ASV/ISV

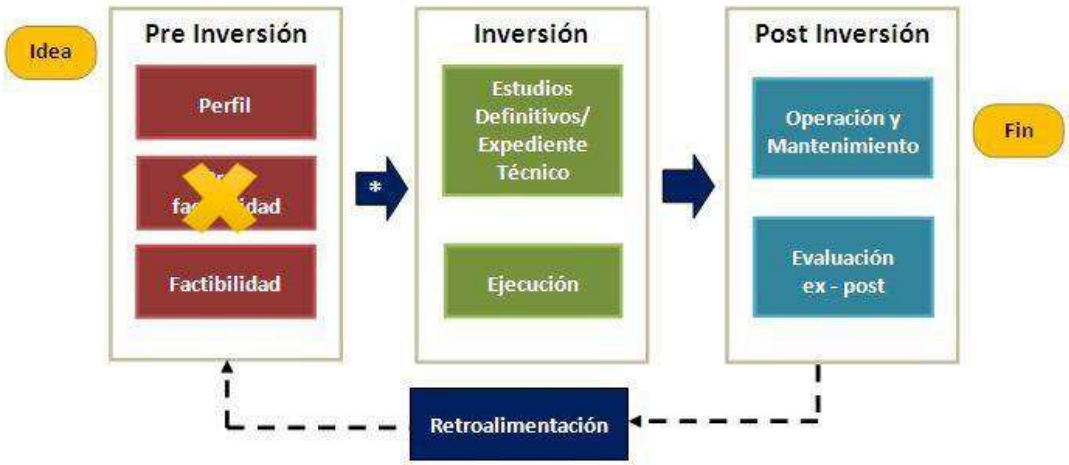
3.4.2.1 Cuando Realizar una Auditoría o Inspección

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 integra 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 estipula que, a intervalos regulares, se realice una evaluación independiente por parte de un equipo específicamente calificado en las áreas de prevención de siniestros e ingeniería de seguridad vial. Luego, el cliente y/o proyectista consideran esta evaluación y sus recomendaciones, Ver Figura 117.

Figura 117. Relación entre etapas de un proyecto SNIP y la programación de ASV/ISV

Pre Inversion	Inversion		Post Inversion
ASV al Final del Estudio	ASV al Finalizar Diseno Preliminar	ASV Durante la Construccion	Inspeccion de Seguridad VIal
	ASV al Finalizar Diseno Final (80 a 100%)	ASV Pre Apertura	



Fuente: Elaboracion Propia de Especialistas, Ministerio de Economia y Finanzas

En la figura anterior se puede observar una recomendación de cuando realizar las ASV/ISV. Por ejemplo, la ASV de construcción se puede hacer durante el proceso constructivo ya que de realizar la ASV al final de la obra los equipos y materiales no estarían disponibles para realizar las modificaciones.

Dentro del proceso de diseño y desarrollo de un proyecto vial o de tránsito hay hasta cinco oportunidades para realizar una ASV, independientemente del tamaño o naturaleza del proyecto:

- Al finalizar los estudios de factibilidad.

- Una vez desarrollado el diseño preliminar.
- Cuando el diseño detallado se encuentra entre 80 y 100%.
- 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, mejor.

Las ASV/ISV se basan en parte en la identificación de "puntos de concentración de colisiones" y los considera en forma proactiva con la idea de mejorar aquello que puede contribuir a los siniestros antes de que ocurran. Estudios de puntos de concentración de colisiones pueden indicar donde suelen ocurrir los siniestros y estos lugares se marcan con señales similares como las mostradas en la Figura 118.

Figura 118. Señales típicas para Indicar donde hay Concentraciones de Siniestros o Colisiones



3.4.2.2 La importancia de la prevención

La importancia de estas auditorías o inspecciones reside en adelantarse a los hechos y tomar ciertas medidas de precaución que, a la postre, implican menos dolor humano y cuestan menos dinero a la administración pública que los tratamientos de curación.

La comunidad paga por una vía en varias formas:

- El costo de diseñarlo.
- De construirlo.
- De mantenerlo.
- El costo de los usuarios.
- El costo para otros durante su vida.

Si en una vía o carretera hay un problema significativo de seguridad vial, durante toda la vida económica del proyecto los costos de los choques y colisiones 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 un camino 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 un camino existente, cuando se la combina con otras herramientas disponibles al ingeniero de seguridad vial, permite tomar acciones para brindar un nivel de seguridad vial coherente con el uso actual.

3.4.2.3 Administración del Riesgo

La administración del riesgo de siniestros es una estrategia a largo plazo. Una forma efectiva de administrar el riesgo de siniestros es por medio de una "cultura de seguridad". La Confederación de la Industria Británica describió la cultura de seguridad como "las ideas y creencias compartidas por todos los miembros de una organización acerca de los siniestros y el riesgo de su ocurrencia". Tener una cultura de seguridad puede significar la diferencia entre la mediocridad y la excelencia en la entrega del servicio o producto.

No es necesario que ocurran los siniestros antes de tomar los pasos para reducir la posibilidad de que ocurran y disminuir sus consecuencias. Las ASV/ISV deberían verse como parte de una estrategia general para reducir el riesgo de siniestros. En el ámbito nacional de Nueva Zelanda, con la Estrategia 2010 se dio un enfoque estratégico a la seguridad vial y a la prevención de choques y colisiones.

En su plan de seguridad vial, una autoridad comprometida con la seguridad vial incluirá un programa de prevención de siniestros (tratamiento de ubicación de choques), ASV de rutina del camino nuevo y diseños de tránsito, ISV de caminos existentes y programas de mantenimiento.

Las normas son un punto de comienzo importante en cualquier diseño vial. El proyectista debería estar familiarizado con las normas relevantes, intentar cumplirlas y estar alerta en dónde cualquiera de ellas no pueda cumplirse.

Sin embargo, las normas no pueden garantizar la seguridad porque:

- Las normas se desarrollan para un rango de razones, por ejemplo, costo o capacidad de tránsito, como también seguridad.
- A menudo las normas son un requerimiento mínimo. La combinación de una serie de mínimos puede no dejar espacio para el error, ya sea por parte del proyectista, el constructor o los usuarios finales.
- Usualmente, las normas cubren situaciones generales o comunes, pero no todas las que se presentan en la vida real.
- La norma puede no ser aplicable a las circunstancias del diseño.
- Los elementos individuales viales, diseñados según las normas, aislados pueden ser seguros, pero pueden ser inseguros cuando se combinan con otros elementos estándares (es decir, conducir a que un número significativo de usuarios cometa errores).
- La norma particular puede basarse en información antigua.
- Un proyectista puede estar usando una norma inadecuada o desactualizada.
- Más que "verificar el cumplimiento de normas", una ASV/ISV es "verificar cumplimiento con el propósito" de la norma: Es decir, el camino o tratamiento, ¿funcionará con seguridad para sus eventuales usuarios?
- Debe tenerse en cuenta que cumplir la norma no convierte una via automáticamente segura. De igual mantera no cumplir una norma no convirte una via automáticamente insegura. Es por eso que la ciencia de la seguridad vial se desarrolla en gran parte en base a experiencia empírica como se describe en el Método Predictivo del Capítulo 4 de este manual.

3.4.3 Elementos clave y beneficios de una ASV/ISV

Los elementos esenciales de una ASV/ISV son:

- Proceso formal y no una verificación informal.

- Realizado por gente independiente del diseño.
- Realizado por gente capacitada y con experiencia apropiada
- Proceso que recopila las experiencias de la gente con conocimiento intimo de la zona de estudio.
- Restringido a temas de seguridad vial.

Una ASV/ISV se interesa por la seguridad de todos los usuarios de la vía y por la segura operación de todo tipo de vehículo.

La auditoría de seguridad vial no es:

- Una forma de evaluar o calificar un proyecto como bueno o pobre.
- Un medio de calificar o justificar un proyecto contra otros en un programa de trabajos.
- Una forma de calificar una opción contra otra.
- Una verificación del cumplimiento de normas.
- Un sustituto de las verificaciones de proyecto.
- Una investigación de siniestros.
- Un rediseño de un proyecto.
- Algo que sólo se aplica a proyectos de alto-costo o sólo a proyectos con problemas de seguridad.
- El nombre usado para describir verificaciones informales o consultas.

El resultado de una ASV/ISV es un informe que identifica cualquier preocupación de seguridad vial de una vía, y recomienda eliminar o reducir cada una de éstas. La meta de una ASV/ISV es de responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué elementos de la vía presentan una preocupación?
- ¿A qué usuarios y a qué nivel serán afectados?
- ¿Bajo qué circunstancias será una preocupación?
- ¿Qué oportundades existen para mitigar o eliminar cada preocupación?

Tras la realización de las mismas, observaremos que los beneficios de realizar una ASV o ISV son:

- La posibilidad de reducir los choques en una red vial.
- La posibilidad de reducir la gravedad de los choques.
- Dar mayor importancia a la seguridad vial en las mentes de los proyectistas viales e ingenieros de tránsito.
- Mejorar el conocimiento de todos los implicados en el proyecto sobre las prácticas de diseño seguro.
- Reducir la necesidad de costosos trabajos correctivos.
- Reducir el costo total del proyecto para la comunidad, incluyendo siniestros, trastornos y traumas.
- Identificar preocupaciones que no serían identificadas por otro tipo de revisión.
- Identificar contramedidas de bajo costo y alto beneficio.
- Promover la consistencia de seguridad vial en todos los proyectos.

El costo de una auditoría de seguridad vial proactiva y el consecuente costo de cambiar un diseño son significativamente menores que el costo de tratamientos correctivos después de realizados los trabajos.

Aunque no es siempre fácil cuantificar de forma precisa los beneficios económicos de las ASV, existe una clara evidencia de que las auditorías son altamente rentables. En el estado de Florida, Estados Unidos el Departamento de Transportes de Florida regularmente reporta beneficios de 1:40 o mas en sus estudios de seguridad vial, ASV/ISV. En Australia, estudios sobre los beneficios de las ASV/ISV han demostrado beneficios substanciales del proceso. Para las auditorías en la fase de proyecto, se demostró que la razón beneficio-costo (BCR) de implantar todas las recomendaciones de las auditorías individuales oscilaron de 3:1 a 242:1. Asimismo, el 75% de las recomendaciones tuvieron un BCR mayor de 10 y el 90% de las recomendaciones tuvieron un BCR mayor de 1. (Datos acorde al Roadway Safety Audit, Second Edition, AUSTROADS, 2002).

3.4.4 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 escala del proyecto, sino la escala de cualquier peligro potencial que inadvertidamente el proyecto pueda ocultar.

Las ASV y las ISV pueden realizarse en proyectos viales tan diversos como:

- Autopistas nuevas.
- Caminos con doble calzada.
- Proyectos de reconstrucción y realineamiento.
- 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.

Figura 119. Ejemplo de Ruta Susceptible de Inspeccionar



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Algunas autoridades viales requieren que se audite 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. Al decidir qué proyectos deberían auditarse antes que otros, un factor decisivo debería ser la frecuencia de colisiones tomando como prioridad vías con alta frecuencia de colisiones.

Las ASV 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.

3.4.5 Requisitos que Debe Cumplir Una Via para Ser Auditada

No existen requisitos rigidos cuantitativos para determinar la necesidad de auditar una via. Todas las vías deberían ser auditadas durante su diseño, contruccion y operación. Sin embargo se deberán priorizar aquellas vías que presenten un alto numero de fatalidades o heridos de gravedad. No debe basarse la selección en frecuencia pura de colisiones, ya que la frecuencia no es tan importante como la severidad de las colisiones.

3.4.6 Aptitudes para Desarrollar una ASV/ISV

La experiencia en la ingeniería de seguridad vial es un ingrediente esencial en cualquier equipo de auditoría. Esto debería relacionarse con un entendimiento de:

- Ingeniería de tránsito y administración de tránsito.
- Diseño vial y técnicas de construcción.
- Comportamiento de los usuarios viales (factores humanos).

La experiencia en ingeniería vial se reconoce como una combinación de competencia en las técnicas de investigación de siniestros y diseño correctivo, y subyacente conocimiento de los principios de seguridad y práctica relevante. En este contexto, los especialistas en seguridad necesitan familiarizarse con la riqueza de información disponible y mantenerse al día de los nuevos desarrollos que ayuden a un diseño seguro.

Esta competencia es en gran medida el resultado de la experiencia transmitida, ya que la ingeniería de seguridad vial tiene que aprenderse mediante la experiencia ganada con el tiempo. La asistencia a un curso de elementos de seguridad vial, de investigación y prevención de siniestros y la comprensión del proceso paso a paso de estas guías son pasos esenciales para que los ingenierios desarrollen las capacidades de la ingeniería de seguridad vial. Pero son sólo la base, sobre las cuales es necesario apoyar la experiencia. Cada equipo de auditoría requiere un líder experimentado en ingeniería de seguridad vial, pero cada auditoría puede ser un ejercicio de entrenamiento para practicantes inexpertos y una oportunidad para que todos los miembros del equipo ganen más experiencia y mejor entendimiento de cómo los diferentes elementos se deberían de integrar en un proyecto seguro.

Regularmente, las autoridades viales deberían organizar cursos de entrenamiento en ASV.

Los auditores más exitosos serán los que usen sus capacidades para ver un proyecto vial desde el punto de vista de los diferentes tipos de "clientes" o usuarios viales, aquellos capaces de pensar y percibir como cada usuario.

3.4.6.1 Requisitos para la Realizacion de Auditorias de Seguridad Vial

Experiencia: La gente que contrata auditores debería asegurarse de que el líder del equipo tenga adecuada experiencia en ingeniería de seguridad vial para la etapa de auditoría, y sea un Auditor Sénior en Seguridad Vial, el cual cumpla con los siguientes requisitos:

- Por lo menos cinco años de experiencia en un campo relevante al diseño vial, construcción de caminos o ingeniería de tránsito. Esto es un mínimo, los líderes de equipo de auditorías de proyectos más complicados deberían tener mucha más experiencia).
- Haber realizado por los menos cinco auditorías formales, incluyendo algunas en etapas de diseño.
- Tener conocimiento tanto de la teoría como la practica de la ingeniería de seguridad vial.
- Tener la capacidad de liderar un equipo multifacético de profesionales de varios campos y con experiencia variada.

Independencia: El auditor de seguridad vial debe ser independiente, de modo que el diseño se vea con "ojos frescos". Sin embargo, la buena comunicación entre las partes debe establecerse y mantenerse si la auditoría se hace efectivamente y sin pérdida de tiempo y esfuerzo. Además, debería reconocerse la sensibilidad de los proyectistas con tener su trabajo de diseño "juzgado". Los auditores necesitan ser objetivos en sus evaluaciones tomando en cuenta que a nadie le gusta la crítica. Los proyectistas y clientes necesitan considerar objetivamente las recomendaciones de la auditoría y aprovechar de la experiencia que brinda una ASV.

Equipo Multi-disciplinario: Es aconsejable tener un equipo de auditoría de seguridad vial de dos o más personas experimentadas y calificadas. Los beneficios de tener un equipo de auditoría multi-miembros, en lugar de una sola persona, incluyen:

- Los diversos antecedentes y enfoques de personas diferentes.
- El fértil cruce de ideas que puede resultar de las discusiones.
- Tener más de un par de ojos.

No siempre es práctico tener un equipo multi-miembro y multi-disciplinario para realizar una auditoría. Una auditoría de un proyecto de presupuesto bajo podría comprender algunas llamadas telefónicas, un examen de un solo plano, una inspección del lugar de día y noche, y un breve informe.

3.4.7 Organización de una ASV/ISV

Para organizar y llevar a cabo una ASV/ISV se debe incorporar la experiencia del especialista. Una manera efectiva de organizar una ASV/ISV es contratar un equipo especialista en auditorías que tenga capacidades y experiencia en ingeniería de seguridad vial y sea independiente del proyecto.

Antes de comenzar una auditoría, es necesaria una clara comprensión de cómo serán tratadas las preocupaciones y recomendaciones de las auditorías. Se deben considerar las recomendaciones de seguridad y resolver los inevitables regateos con otros factores (por

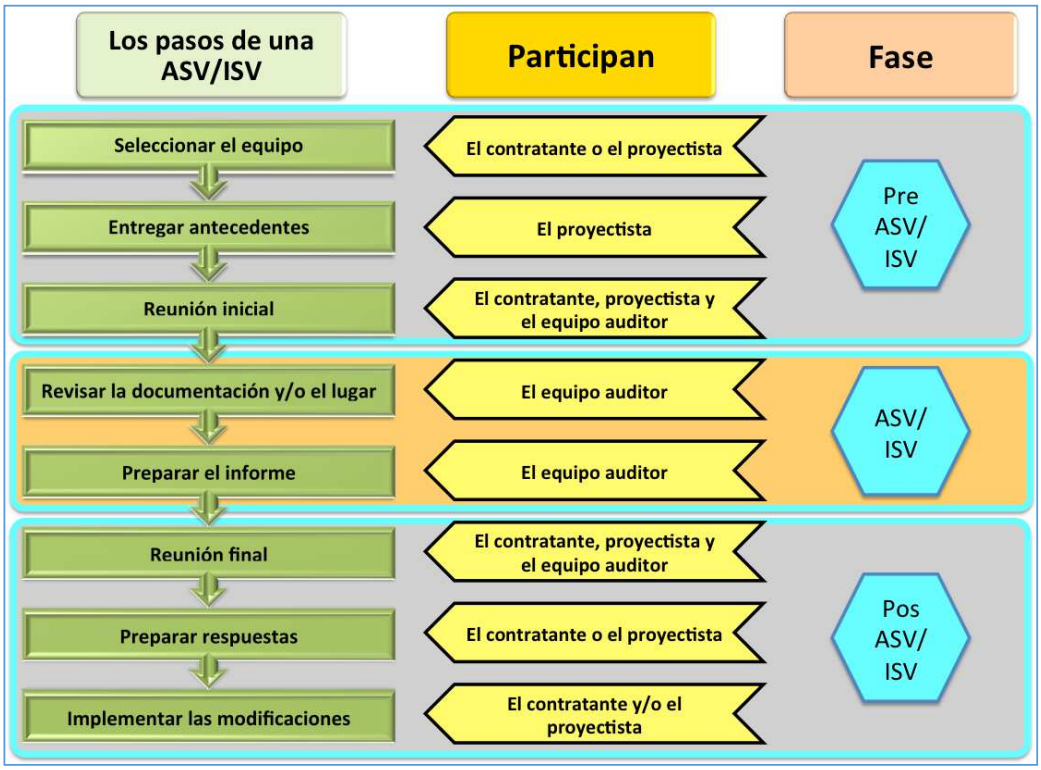
ejemplo, costo del proyecto, capacidad del camino, etc.). Es preferible que un ingeniero de alta jerarquía decida aceptar o no cada recomendación.

En todo caso, donde no se acepte una recomendación de auditoría deben documentarse las razones. A veces será conveniente programar la implementación de las recomendaciones luego de su priorización.

3.4.8 Pasos de una ASV/ISV

Según el tipo de proyecto y la etapa de desarrollo alcanzada, cada auditoría de seguridad vial considerará temas diferentes. Sin embargo, generalmente los pasos a seguir serán similares. Existen ocho pasos que se describen en el diagrama de flujo de la Figura 120, y pueden pensarse como un proceso de tres fases, antes, durante y después de una auditoría.

Figura 120. Los Pasos y Responsables de una ASV/ISV



Fuente: FHWA Road Safety Audit Guidelines

El proyectista o entidad contratante:

- Selecciona un equipo de auditoría.
- Provee toda la documentación.
- Mantiene una reunión inicial con el auditor.

El equipo auditor:

- Revisa todos los documentos y audita los planos.
- Inspecciona el lugar (incluyendo inspección nocturna).
- Repite estos dos pasos (según se requiera).
- Escribe el informe de auditoría.

- Mantiene una reunión final con el proyectista o cliente.

El proyectista o entidad contratante:

- Decide la acción requerida en respuesta al informe de auditoría y sus recomendaciones.
- Documenta estas decisiones.
- Implementa las decisiones mediante la corrección del proyecto.
- Retroalimenta la experiencia de la organización para evitar problemas recurrentes de diseño.
- Envía una copia de las decisiones documentadas al líder del equipo auditor.

Cada paso del diagrama de flujo se deberá adaptar a la naturaleza y escala de cada proyecto en particular. Por ejemplo, una auditoría de un proyecto en pequeña escala de un solo lugar puede comprender un llamado telefónico en lugar de una reunión inicial, la documentación puede consistir de unas pocas páginas de información y un solo plano, y si no hay problemas significativos, el informe puede ser tan corto como de una o dos páginas.

En el otro extremo de la escala, es probable que la auditoría de un diseño de camino principal comprenda reuniones, una gran cantidad de planos y un informe de varias páginas.

La responsabilidad de la planificación, diseño y construcción del proyecto y la implementación del equipo permanece en poder del gerente del proyecto. No es misión del auditor diseñar o rediseñar el proyecto, sino proveer consejo independiente en la forma de recomendaciones escritas, el cual es luego considerado por el proyectista y/o el cliente (según quién contrató al auditor) y se toma la decisión formal de adoptar o no cada una de las alteraciones de diseño recomendadas.

A continuación se describen cada uno de los pasos de una ASV/ISV.

A. Selección del equipo de auditoría de seguridad vial

El objetivo es seleccionar un equipo de auditoría independiente con adecuadas aptitudes para el proyecto particular.

El tamaño adecuado de un equipo de auditoría depende del tamaño de la tarea: no hay un número óptimo de personas, aunque los equipos de más de cuatro personas pueden ser difíciles de manejar. Los proyectos significativos requieren por lo menos dos personas.

Un ingrediente esencial en cualquier equipo es la experiencia en ingeniería de seguridad vial. Además, se debe seleccionar personal con experiencia relevante.

Para proyectos pequeños, puede ser efectiva una auditoría de una sola persona: esto depende de su capacidad y experiencia. No obstante, se debe evitar tener un equipo de una persona sólo por el costo. Puede ser provechoso asignar una persona no involucrada en el proyecto para participar como aprendiz de ASV/ISV. De esa manera cada auditoría puede ser un ejercicio de entrenamiento y le da al equipo auditor otro par de ojos.

En las diferentes etapas del diseño, las auditorías requieren aptitudes diferentes.

Considere incluir las siguientes:

a. Etapa de factibilidad: Los temas a examinar son muy diferentes (más amplios y a menudo más sutiles) que los de las etapas posteriores, y estas auditorías sólo deberían realizarlas por quien esté familiarizado con las normas de diseño y pueda visualizar el trazado en las tres dimensiones. Incluya un especialista en cualquier aspecto inusual del proyecto y/o alguien más con conocimientos de seguridad que pueda generar discusión.

b. Etapa de diseño preliminar: Se requieren las mismas aptitudes que para la factibilidad, pero no todos los miembros del equipo necesitan ser tan experimentados. Incluya alguien con conocimiento local de las actividades de los usuarios viales.

c. Etapa de diseño detallado: Incluya a alguien familiarizado con los tipos de detalles que el proyecto incluye, por ejemplo, alguien con experiencia en semáforos, señales, iluminación de calles, ciclovias, barreras de contencion o cualquier otro tema particular. Deben ser capaces de examinar críticamente los detalles.

d. Etapa pre-apertura: Considere incluir un oficial de policía con experiencia en tránsito y seguridad, un ingeniero de mantenimiento, alguien familiarizado con los dispositivos de control de tránsito y alguien involucrado con el comportamiento de la seguridad vial.

e. Trabajos de tránsito temporales (durante la construcción): Incluya a alguien con experiencia en administración de lugares de trabajos viales y un ingeniero familiarizado con los detalles del control de tránsito y dispositivos de seguridad usados típicamente en los lugares de trabajo.

f. Revisiones de la seguridad de "Caminos Existentes": incluya gente con aptitudes similares a las de la etapa pre-apertura.

B. Provisión de información antecedente

EL objetivo es proveer al equipo de auditoría toda la información necesaria para permitirle una adecuada evaluación del proyecto.

Se debe proveer al equipo auditor toda la información relevante. El proyectista debería recopilar toda la información necesaria y relevante, en forma utilizable por el equipo auditor. La información incluirá informes de esquemas, datos, dibujos y secciones relevantes de los documentos del contrato. Puede ser necesario iniciar este paso antes de contratar el equipo de auditoría. Puede ser necesario recopilar información adicional, tal como volúmenes de tránsito. Esto debería considerarse con la debida anticipacion para evitar demoras. El equipo de auditoría necesita recibir una clara comprensión de que tareas se incluirán en la auditoría.

Típicamente, la información a proveer al equipo auditor incluirá:

- Clara descripcion 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.
- Intención del proyecto. Se establece concisamente el propósito del proyecto (es decir, el diseño, no la auditoría), su, 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.
- Datos del lugar.
- Normas de diseño usadas y lugares donde no se aplicaron.
- Volúmenes de tránsito, incluyendo componentes comerciales y no comerciales, ciclistas y peatones.
- Informes de auditoría previos y las respuestas escritas; ctemas conocidos de seguridad que permanezcan irresueltos desde auditorías anteriores.
- 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.

C. Llevar a cabo una reunión inicial

La forma más efectiva y eficiente de informar al equipo de auditoría sobre los antecedentes del proyecto es mediante el manejo de la información; para familiarizar al proyectista/cliente con el proceso y propósito de la auditoría se debe convocar una reunión formal inicial.

El objetivo de esta reunión es familiarizar al equipo auditor con los objetivos de la auditoria y la información pertinente a la misma (planos, data de colisiones, puntos o secciones de alto riesgo, etc.). Durante esta reunión el Auditor Principal deberá preparse y exponer 1) la data de colisiones, 2) las características físicas de la via, 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.

Usualmente, en la reunión inicial el equipo auditor se reúne con el proyectista. Si el proyectista no es el cliente, también puede ser útil incluir al cliente en la reunión. Esto da 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.

D. Evaluación de documentos

El objetivo de este paso es obtener conocimiento integral de las características de la via que será evaluada. Entre los documentos que se deberán revisar están:

1) Planos de condiciones existentes
2) Data de flujos vehiculares, porcentajes de vehículos pesados, transporte publico, vehículos menores, vehículos livianos entre otros
3) Data sobre flujos peatonales y de bicicletas
4) Data histórica de colisiones
5) Data histórica de proyectos recientes que hayan contribuido a incrementar/reducir las colisiones
6) Planes para proyectos futuros que puedan incidir en la ocurrencia de accidentes observada

Es importante que el equipo auditor tenga una visión integral del lugar que será auditado ANTES de salir al campo. En particular, si hubieron proyectos recientes que hayan causado incrementos en las colisiones ya sea por la naturaleza del proyecto o por la zona de construcción temporal, será importante considerar esto al momento de identificar medidas de mitigación. De la misma manera se deberá tener conocimiento de proyectos programados ya que estos podrían ya de por si mitigar las colisiones observadas.

E. Inspección del lugar

El objetivo es ver cómo el propósito interactúa con sus alrededores y caminos aledaños; visualizar los impedimentos y conflictos potenciales para los usuarios.

Es esencial visitar el lugar o zona de la propuesta durante el día para apreciar los problemas en relación con las disposiciones actuales y, si es adecuado, visualizar los futuros usos eventuales y sus efectos. Considere cuándo es el momento más efectivo para revisar el lugar ya que las condiciones de tránsito pueden variar durante el día o semana.

También es esencial una visita nocturna, excepto donde, según la experiencia del cliente, no habrá nada adicional para observar. Sin embargo, estas circunstancias son raras. La información visual disponible a los usuarios puede ser marcadamente diferente durante la noche y puede ser sorprendente que puedan identificarse problemas adicionales durante la evaluación nocturna, aún donde no haya comenzado los trabajos.

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 norma más alta) se une con el sistema vial existente, a menudo pueden ser ubicaciones de peligro mayor, como:

- Los trazados 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 motoristas pueden ser inconscientes de la necesidad de ajustar su comportamiento. Siempre, una nueva vía tendrá su tiempo de aprendizaje para los usuarios.

Además, los caminos nuevos o disposiciones nuevas de tránsito pueden a menudo alterar esquemas existentes de tránsito y peatones.

Figura 121. Inspección del Lugar



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Figura 122. Mediciones in situ



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

La inspección debería realizarse desde el punto de vista de todos los grupos de usuarios del camino, no sólo de los motoristas. Los peatones jóvenes y ancianos, camioneros, ciclistas, conductores ancianos y personas con movilidad reducida tienen diferentes necesidades de seguridad como se indica a continuacion:

- Los niños peatones tienen una altura de ojo menor para observar a los vehículos. Siendo pequeños, pueden ser fácilmente ocultados a la vista de un motorista. Pueden actuar impulsivamente.
- Los peatones ancianos pueden ser menos ágiles, tener visión o audición limitada, o una menor aptitud para juzgar las brechas disponibles para cruzar y la velocidad del tránsito.
- Los camioneros tienen una altura de ojo mayor, pero esto puede conducir a temas de delineación y su visibilidad puede ser más fácilmente afectada por el follaje que sobresale. Sus vehículos necesitan mayor longitud para detenerse y arrancar, son más anchos y los puntos ciegos pueden ser un problema.
- Los ciclistas son seriamente afectados por las condiciones de la superficie (por ejemplo, rejas, baches y grava) y pendientes.
- Los conductores ancianos pueden ser menos capaces de reconocer algunas características de control de tránsito o juzgar los espacios en el tránsito debido a dificultades cognitivas.
- La gente con movilidad reducida puede ser afectada por una visión limitada, pobre audición o dificultades de movilidad alrededor de objetos, cerca de bordes, entre niveles diferentes o a velocidades peatonales típicas.

- Los motociclistas tienen una aceleración rápida, pero son más susceptibles a irregularidades en las condiciones del pavimento.

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 inspección del lugar: todos los miembros del equipo de auditoría deberían inspeccionar el lugar.

F. Preparación del informe de auditoría de seguridad vial

El objetivo es informar los hallazgos de la auditoría y hacer recomendaciones; donde sea adecuado, puede tratarse cómo identificar las deficiencias de seguridad.

La tarea principal del informe de auditoría de seguridad vial es informar minuciosamente acerca de los aspectos del proyecto que comprenden peligros y hacer recomendaciones acerca de acciones correctivas. Usualmente, las recomendaciones indicarán la naturaleza o dirección de una solución, más que precisar detalles. La responsabilidad de ello recaerá en el proyectista. El informe proveerá la documentación formal sobre la cual se basará la acción correctiva.

Un elemento positivo del diseño, especialmente cuando sea innovador y que mejore la seguridad vial puede mencionarse en un informe de auditoría de seguridad vial, pero no es necesario. El propósito del informe no es calificar el diseño, sino más bien considerar cualquier preocupación de seguridad vial.

En algunos casos pueden identificarse preocupaciones de seguridad vial, pero podría pasar que no se encontraran recomendaciones al respecto. En este caso no debe ignorarse la preocupación. Se debe registrar la misma y escribir en las recomendaciones "Investigue un tratamiento e impleméntelo", o algo similar.

No hay una única forma mejor de ordenar los hallazgos y recomendaciones, pero la consideración más importante es que el orden sea lógico y útil a los recipientes del informe al considerar las acciones correctivas. Por ejemplo, donde haya tres intersecciones distintas, niveles separados y en cada una se hayan identificado problemas con los cuatro elementos del alineamiento, sección transversal, delineación y visibilidad, puede ser mejor discutir cada lugar, más que discutir cada elemento de diseño alrededor de diferentes lugares. De esta forma, cualquier posible interacción entre los problemas en cada lugar es más fácil de ser reconocida y tratada de manera efectiva. En proyectos de largas carreteras puede ser más adecuado partir el proyecto en secciones. En cualquier caso, si hay algún interés para que recomendaciones mutuamente dependientes se separen en el informe, deberían estar referenciadas unas con otras.

El informe de auditoría debería contener el material siguiente:

a. Información del proyecto

- Título que incluya el nombre del camino, la extensión del proyecto auditado (longitud del camino o nombre de los caminos que se cortan), la localidad (por ejemplo, suburbio) y la etapa de diseño de la auditoría.
- Una descripción breve del proyecto, sus objetivos, usuarios especiales o aspectos especiales.

b. Información de antecedentes

- Los nombres de los miembros del equipo de auditoría (más mención de quién es el líder) y el nombre del cliente.
- Las afiliaciones y calificaciones de los miembros del equipo auditor.
- Un plano general del proyecto o longitud de camino, con números de ítems de recomendación de la auditoría agregados al plano.
- Aviso de que se realizaron inspecciones diurnas y nocturnas y de reuniones inicial y final con fechas incluidas.
- Una identificación de los elementos técnicos y fotográficos utilizados.
- Las condiciones ambientales durante los períodos de revisión en terreno.
- Lista de documentos usados durante la auditoría, incluyendo la versión de las guías de auditoría referidas y todos los números de los dibujos con sus fechas y números de correcciones.
- Fotos de temas significativos.
- No hay necesidad de incluir las listas de chequeo o la información de siniestros.

c. Preocupaciones, conclusiones y recomendaciones

- Una serie de hallazgos acerca de todas las preocupaciones de seguridad identificada, con recomendaciones (de naturaleza adecuada) directamente después de cada hallazgo. Esta será la parte más sustancial del informe
- Un breve listado de hallazgos y recomendaciones principales, o temas de interés repetidos, dibujados afuera y ubicados a la cabeza del cuerpo principal de los hallazgos y recomendaciones (opcional).

d. Declaración formal

- Una declaración concluyente, firmada por todos los miembros del equipo auditor, notificando que ellos realizaron la auditoría y donde se expone el resultado final de la auditoria.

En resumen, el informe de auditoría de seguridad vial debería ser un informe conciso sobre las preocupaciones identificadas con recomendaciones acerca de las posibles acciones o modificaciones correctivas sin profundizar en el diseño de estas.

Cualquier preocupación considerada de peligro suficiente como para justificar la inmediata atención para quitar, proteger o justificar debería identificarse en las recomendaciones con la palabra "URGENTE". Similarmente, cualquier problema de seguridad que el auditor considere como que tiene gran peligro potencial puede identificarse como "IMPORTANTE". Estas dos categorías no son mutuamente excluyentes. Su uso no implica que otros problemas identificados no sean importantes.

Para mantener buena comunicación con el proyectista, el auditor debería esforzarse en resolver cualquier incertidumbre o malentendido conversando con el proyectista antes de emitir sus conclusiones. Sin embargo, el auditor tiene una posición de independencia y, por ejemplo, no debería ser requerido para dar un borrador del informe de auditoría de seguridad vial al cliente o proyectista para comentarlo. No obstante, se encuentra en muchos casos que el envío de un borrador de manera oportuna podrá resultar en un mejor resultado del proceso total.

Según el tipo de proyecto, los hallazgos y recomendaciones de la auditoría se pueden tan sólo describir o presentar en formato tabulado, que tiene la ventaja de poder ser usado directamente por el cliente para crear una tabla respuesta de acciones correctivas.

En todo caso, es rara la vez que se puede atender a todas las preocupaciones identificadas en un ASV/ISV.

Una vez entregado y aceptado, el informe final será responsabilidad del cliente y el proyectista de definir las acciones por tomar.

e. Relación de preocupaciones y recomendaciones

Para cada preocupación podría haber más de una solución o recomendación.

Los hallazgos de las auditorías son un listado de preocupaciones de seguridad identificadas: lo que es potencialmente peligroso acerca del diseño, o lo que podría conllevar a que ocurran choques o colisiones. Los hallazgos no deberían enmarcarse en términos de una solución. Por ejemplo, donde haya un alto y empinado terraplén, un hallazgo podría ser: "El terraplén es demasiado empinado y alto como para que sea transitable por un vehículo errante o para retomar el control". El hallazgo no debería describirse como: 'El terraplén no tiene baranda de defensa', porque ese no es el problema, es una solución.

Las recomendaciones deberían ser adecuadas a la clase de carretera, tipo de proyecto y etapa de auditoría. Una recomendación de auditoría debería indicar la dirección en la cual una solución debería buscarse, más que especificar la solución. Después de todo, usualmente los auditores no conocen todas las restricciones y posibilidades del proyecto. Con el hallazgo del ejemplo anterior, la solución puede ser aplanar el terraplén o escudarlo con uno de los varios tipos de barreras.

Las recomendaciones deben ser:

- 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.

G. Llevar a cabo una reunión final

El objetivo es tratar las recomendaciones para la acción correctiva.

Esta reunión comprende al auditor, cliente y/o 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. De otra forma, la auditoría puede completarse por teléfono.

No debe ser una oportunidad para discrepar con las recomendaciones. Las incomprensiones 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.

H. Responder al informe de auditoría

El objetivo estratar 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:

a. 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 yel estado actual de las acciones (¿ya se hicieron?)

b. 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 el cliente (o proyectista), 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 mandatorias. En caso de un choque, 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.

El cliente o proyectista pueden desear llamar a un asesor independiente para ayudar en los detalles de cómo responder a cada recomendación de la auditoría. 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. El en caso del segundo o tercer punto, las razones deben ponerse en el escrito. Además, con el tercer punto, si se acepta el hallazgo pero no la recomendación, debería reflejarse en la respuesta.

c. Llegar a un acuerdo

¿Cómo decide un gerente de 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 gerente de proyecto 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. Las Tablas 6.1 a 6.4 dan una forma para evaluar el riesgo y responder a él.

d. 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.

3.4.9 Auditorías de Seguridad Vial

En anteriores subcapítulos se ha definido una ASV, así como explicado el alcance, la organización y sus fases. En este apartado se pretende definir y desarrollar en qué etapas se deben realizar las ASV.

Puede realizarse una auditoría de seguridad vial en una o más de las etapas siguientes en cuanto el diseño desde el proyecto hasta la implementación, como se muestra a continuacion:

- Etapa de factibilidad (incluyendo la auditoría del resumen).
- Etapa de diseño preliminar (previamente referida como la etapa de "diseño en borrador".
- Etapa de diseño detallado.
- Etapa de preapertura (o "pos apertura" si se hace justo después de la apertura).

A. Auditorías durante la etapa de factibilidad

Mediante la provisión de datos específicos de ingeniería en la etapa de factibilidad de un proyecto, la auditoría de seguridad vial puede influir sobre temas fundamentales tales como normas de diseño, elección de ruta continuidad con la red adyacente existente y tipo de intersección o distribuidor, ubicación, número y esquema.

Para los esquemas de administración de tránsito o mejoramientos en pequeña escala, esta etapa puede ser menos significativa, pero hasta que se realice una auditoría, su valor será difícil de juzgar dónde la elección básica del tratamiento afectará el comportamiento a la seguridad; una auditoría, aunque breve, puede ser beneficiosa. La selección de un concepto inadecuado puede ser costosa de rectificar.

Con proyectos más grandes, 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 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.

Con cualquier proyecto diseñado según los requerimientos de un Resumen de Diseño, debería considerarse una auditoría de seguridad vial del Resumen. Típicamente, los resúmenes de diseño

se usan para especificar las normas de diseño y otros requerimientos cuando un equipo de diseño "externo" va a diseñar un proyecto. El resumen de diseño puede tener problemas como:

- Referencia a normas desactualizadas, o que ya no son la mejor práctica mundial.
- Referencia a normas inadecuadas (por ejemplo, una velocidad de diseño de 60 km/h en una via arterial).
- Requerimientos mínimos de diseño demasiado rígidos y no permitir mejores 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.
- No inclusión de requerimientos básicos de diseño vial.

Sólo deberían contratarse auditores con experiencia en ingeniería de diseño y seguridad vial y aptitudes relevantes sobre el área particular del diseño.

Una pobre elección de los criterios de diseño puede tener un impacto adverso sobre básicos temas de seguridad, como la distancia de visibilidad y la confiabilidad del camino. Una auditoría del resumen de diseño puede salvar una enorme cantidad de 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 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 via y expectativas del usuario.
- Para verificar que las normas de diseño sean compatibles con el tipo de via 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?

B. Auditorías en la etapa de diseño preliminar

Esta auditoría ocurre al finalizar el diseño preliminar o trazado funcional del camino. Si para la consulta pública se desarrollaron esquemas alternativos, debería auditarse cada uno de ellos.

Los dibujos en escala 1:1000 pueden ser adecuados para el alineamiento general, y 1:500 para intersecciones y otras ubicaciones específicas de interés. Las consideraciones típicas incluirán los alineamientos horizontal y vertical, esquemas de intersecciones, la conveniencia de las normas generalmente adoptadas, o en lugares específicos, ubicaciones de accesos, si se consideraron todos los grupos de usuarios.

Para proyectos grandes, los cambios significativos posteriores en el alineamiento del camino se vuelven o más 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?

- Puede ser que no se haya hecho previamente.
- Para identificar cualquier cosa 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 via.
- 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 al camino existente, por ejemplo:
    - Coherencia.
    - Los objetos fijos pueden quedar en una posición más vulnerable.

C. Auditorías en la etapa de diseño detallado

Esta auditoría ocurre al completar el diseño detallado, pero antes de preparar los documentos del contrato de construcción y finalización de cualquier adquisición de tierra. Esta etapa es la última oportunidad para cambiar el diseño antes de comenzar la construcción. La auditoría revisa los planos que se usarán para construir el proyecto.

Los planos serán en escala 1:500 o 1:200 (o mayor), cubriendo no sólo el trazado y alineamiento general, sino también los detalles de intersecciones, señales, marcas, drenaje, iluminación, vallas, paisajismo, objetos a los costados del camino, barreras, detalle de semáforos, etc. El equipo auditor considera cómo estos aspectos del diseño afectarán la operación del esquema para todos los diferentes grupos de usuarios que probablemente lo usen.

Esta auditoría está muy interesada por los 'detalles': detalles del trazado y disposiciones de tránsito. La atención al detalle en esta etapa de diseño puede hacer mucho para reducir los costos y molestias asociadas con los cambios de último minuto que de otra manera ocurren si no se identifican los problemas hasta la etapa de preapertura. Así, es importante proveer a los auditores con todos los planos que contienen los detalles requeridos.

¿Por qué una ASV en la etapa de diseño detallado?

- Puede ser que no se haya hecho previamente.
- Para identificar cualquier cosa descuidada en las etapas previas.
- Es la última posibilidad de alterar 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 el alineamiento y sección transversal?¿hay objetos fijos presentes?
- Para verificar la interacción de los elementos detallados.
- Para verificar los detalles en las conexiones con el camino existente.

D. Auditorías de etapa de preapertura

Comparadas con las auditorías anteriores, las oportunidades de rectificar problemas de seguridad en esta etapa son limitadas, pero es importante asegurar la correcta implementación de los detalles.

Esta auditoría comprende una detallada inspección de un esquema nuevo, sus accesos y conexiones antes de su apertura. El nuevo camino o tratamiento es conducido, recorrido y caminado (según sea apropiado) por el equipo auditor, para asegurar que se hayan atendido las necesidades de seguridad de todos los probables usuarios viales.

La auditoría de preapertura no es simplemente una verificación "conforme a obra" del diseño aprobado, sino un procedimiento de aceptación en nombre de los 'clientes', 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 trazado 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 cambios importantes tienen lugar en tanto se construye el proyecto, el gerente o ingeniero proyectista debería buscar consejo de ingeniería de seguridad vial, más que confiar en la auditoría de preapertura.

También puede realizarse una auditoría 'pos apertura' después de un corto período de operación, para evaluar cómo se usa en realidad la via. Errores conceptuales, o la implementación de detalle, usualmente son rápidos en denotarse y pueden corregirse en tanto todavía se disponga de recursos contractuales (Bulpitt, 1998).

¿Por qué una ASV en la etapa de preapertura?

- Pueden no haberse realizado auditorías en las etapas previas.
- Para identificar cualquier cosa descuidada en las etapas previas.
- Para verificar la interrelación de elementos.

  - Alineamientos vertical y horizontal.
  - Cosas 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 fosos de irrigación.
- Señales perdidas en su telón de fondo.

E. 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 interactuación, hay posibilidades potenciales de choques, en general debidos a:

- Cambios en el trazado del camino.
- 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 seguridad'.

- Las normas y códigos de prácticas sólo cubren las situaciones más comunes.
- El trazado particular de un lugar puede dificultar la aplicación de la norma.
- El texto de una norma puede ser incomprensible, 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 consejo independiente 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 costados del camino 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 temporaless, y entre líneas, señales, delineación y otros dispositivos.
- Para verificar qué señales se usan para su correctos propósitos.
- Para dar seguridad al personal de trabajo y al público viajero.
- Para asegurar que sea seguro cualquier punto de conexión o cruce de tránsito de obra y público.

3.4.10 Inspecciones de Seguridad Vial

El proceso de auditoría puede aplicarse a la red de carreteras existentes, ya sea en una intersección, una ruta específica, una vía concesionada, una via bajo contrato de conservación, o en una red amplia de vías, como las de una municipalidad.

Cuando se aplica la tecnología de ASV a caminos existentes, el proceso tiene nombre de INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL, para poner énfasis en su diferencia con las auditorías de etapa de diseño. El tema crítico es que se hace una evaluación independiente según los mismos criterios generales y objetivos de diseño.

En toda esta guía se usa la expresión inspección de seguridad vial (ISV), pero se advierte a los lectores que hay otros términos igualmente aplicables. No hay una forma única de realizar una ISV de un camino existente, existen diferentes formas; se debe seleccionar la que se ajuste a a las necesidades, considerando como objetivo principal mejorar el nivel de seguridad de los usuarios de la via. Según se requiera, debería seguirse el diagrama de flujo de actividades del apartado 3.4.7. Siempre incluya inspecciones diurnas y nocturnas.

Las ISV se destinan a identificar las características que puedan conducir a futuros choques, de modo que el tratamiento correctivo se implemente antes de la ocurrencia de los choques. La información de siniestros pasados puede no necesariamente ser un buen indicador de esto.

Los programas de investigación y prevención de siniestros o programas de tratamiento de lugares de choques y colisiones frecuentes, sólo miran a los eventos pasados y el objetivo es modificar las características contribuyentes a esos eventos.

En general, el tratar lugares de choques conocidos a través del sistema vial existente tendrá un retorno económico mayor que tratar lugares donde todavía los choques no ocurrieron. La experiencia en el Reino Unido sugiere que las ISV deberían usarse para complementar otros programas de mejoras de seguridad vial. 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, que pueden no haber sido golpeado todavía, pero sabemos que similares características son golpeadas regularmente a través de la red de caminos). La identificación de estas características ayuda a priorizar los trabajos correctivos.
- Identificar y tratar otros peligros potenciales en un lugar de choques, al mismo tiempo que se tratan las causas de las colisiones. Esto puede hacerse con poco costo extra.

Los registros de accidentes, ¿deberían considerarse en una ISV?

Una ISV comprende juicios acerca del potencial de futuros tipos de accidentes a lo largo de un camino. Los registros de accidentes pueden ser una parte importante de la información para evaluar en una revisión de seguridad, pero debería tenerse sumo cuidado para asegurar que su consideración no desvíe la atención de otros peligros potenciales. Además, la consideración de los eventos pasados sin evaluar el potencial de otros futuros choques no es "auditar" la seguridad, sino más bien una "investigación de accidentes". Para evitar tales problemas, algunos revisores gustan esperar hasta después de su inicial inspección, antes de revisar los registros de accidentes. Una opción podría ser tener sólo a un miembro del equipo para que mire antes los registros de accidentes, de modo que los otros miembros puedan enfocarse en otros temas. Si considera los registros de accidentes, verifique que sean todavía relevantes: ¿hubo en al camino algún cambio reciente que removió el problema?.

Figura 123. Inspección de Cuneta en Carretera en Servicio



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Figura 124. Inspección de Sistemas de Contención en Carretera en Servicio



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Revise la seguridad desde la perspectiva del usuario

El camino debería inspeccionarse desde el punto de vista de cada grupo de usuarios probables, y para tipos de movimiento diferentes, tales como cruzar el camino, entrar o salir de la corriente de tránsito, como también para los viajes a lo largo del camino. Esto puede lograrse mejor usando el camino como lo hacen los usuarios; por ejemplo, conduciendo o paseando a velocidades normales, de noche y de día, con calzada seca 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 caminos existentes?

- Complementar un programa de tratamiento de puntos de concentracion de colisiones.
- Tratar específicamente la seguridad, más que confiar completamente en el mantenimiento de rutina.
- Identificar problemas en los procedimientos de mantenimiento de rutina.
- Identificar ubicaciones para tratamientos de acción masiva (por ejemplo, remoción de barandas horizontales de tubos).
- Atender los cambios antes de que conduzcan a choques. Los usos del camino y suelo al lado del camino pueden cambiar con el tiempo.
- Verificar la coherencia de las características del camino.

- Verificar la adecuación de la provisión de características de administración del tránsito.
- Crecimientos de la vegetación, dispositivos oscuros y líneas de visión.
- Envejecimiento de dispositivos, afectando la efectividad, reflectividad y precisión de mensajes.
- Las prácticas aceptadas cambian con la experiencia.

3.5 LISTAS DE CHEQUEO

3.5.1 Propósito de las Listas de Chequeo

De preferencia, el proceso ASV/ISV vial debe usar listas de chequeo para ayudar a considerar todos los temas relevantes. Estas listas sirven para asegurar la consideración de todos los factores, y son de ayuda para aplicar el conocimiento y la experiencia de los auditores.

Cabe decir que no son listas exhaustivas que cubran cada detalle. El auditor deberá usar su propio juicio acerca de la seguridad de cualquier característica.

Antes de evaluar los documentos e inspeccionar el lugar, los miembros del equipo auditor deberían familiarizarse con las listas de verificación relevantes.

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 es ayudar al auditor a identificar cualquiera que sea el tema en 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.
- Los auditores menos experimentados deberían usar las listas provistas en este MSV. En este caso, antes de evaluar los documentos e inspeccionar el lugar considere editar las listas para borrar los temas repetitivos o no relevantes (por ejemplo, temas rurales, si el proyecto es urbano).

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.

3.5.2 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 se usarán las listas al:

- Evaluar la documentación. En particular, cuando se examinan los dibujos 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.

3.5.3 Uso de las Listas de Chequeo

Determine qué juegos de listas necesita. Recuerde que una auditoría puede cubrir más que una etapa en el proceso de diseño.

Use la lista maestra para buscar los tópicos a auditar, y para incitar preguntas acerca de temas adicionales que deberían considerarse.

Las listas se diseñaron para fotocopiarlas, para usar las copias como un juego de hojas de campo. Una copia de la página relevante de la lista maestra también puede ser útil como una rápida referencia en la oficina o en el campo. (Algunos auditores marcan sobre la lista maestra puntos que creen fallan en cumplir los requerimientos de seguridad o que requieren mayor verificación). Pueden recopilarse más detalles en las páginas de las listas, en planos o en una computadora portátil.

Si aparentemente un asunto listado no es relevante para el proyecto que se audita, 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 a tomar lo mejor de las listas.

3.5.4 Listas Maestras

Como anexo a este documento se muestran ejemplos de listas maestras para cada una de las etapas que se hacen referencia en el subcapítulo 3.5.2.

En primer lugar se muestran las listas de chequeo para ASV, durante las etapas de factibilidad, diseño preliminar, diseño final y obras. A continuación de éstas, se detallan las listas de chequeo para las ISV.

Para la etapa de preapertura de las ASV se deben usar las mismas listas de chequeo que para las ISV.

Todas 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.

3.6 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA RED VIAL

3.6.1 Definición de los Índices de Peligrosidad y Mortalidad

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:

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° 8. Índice de peligrosidad

$$I.P.=\frac{Nro.de\ accidentes\ con\ victimas\ (ACV)\times 10^8}{I.M.D.\times 365\times Longitud\ del\ tramo\ (\mathrm{km.})}$$

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° 9. Índice de peligrosidad grave

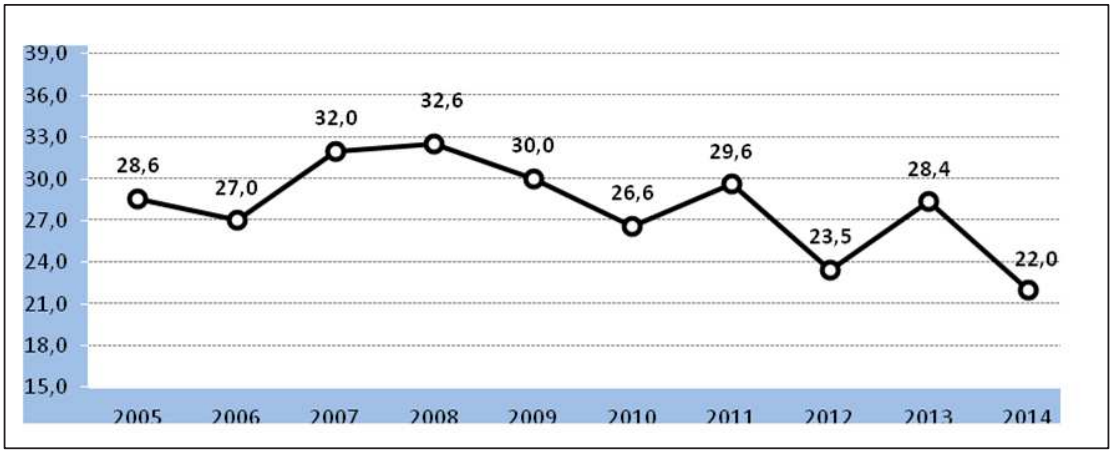
$$I.P.G.=\frac{Nro.de\ accidentes\ con\ victimas\ graves\times 10^8}{I.M.D.\times 365\times Longitud\ del\ tramo\ (km.)}$$

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° 10. Índice de mortalidad

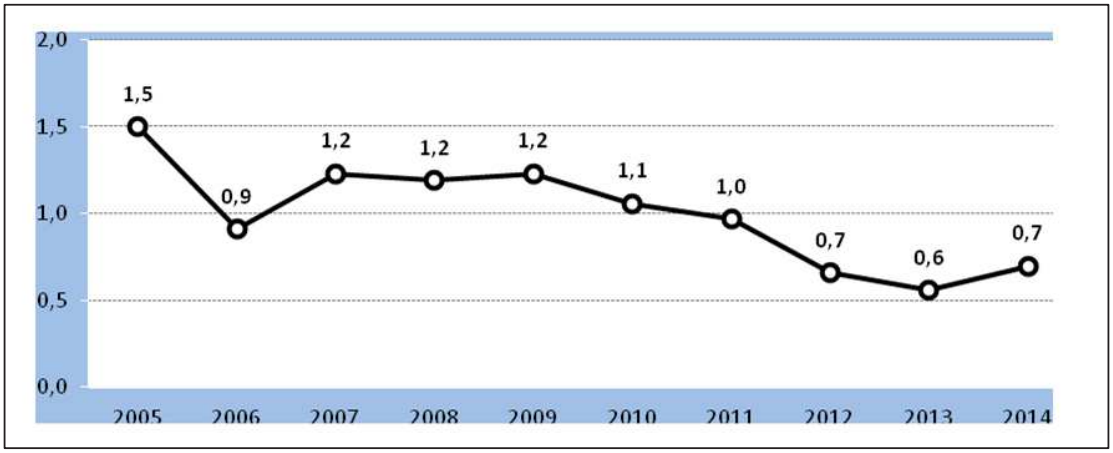
$$I.M.=\frac{Nro.de\ victimas\ mortales\ (M)\times 10^8}{I.M.D.\times 365\times Longitud\ del\ tramo\ (km.)}$$

Figura 125. Índice de Peligrosidad



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Figura 126. Índice de Mortalidad



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.6.2 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, 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.

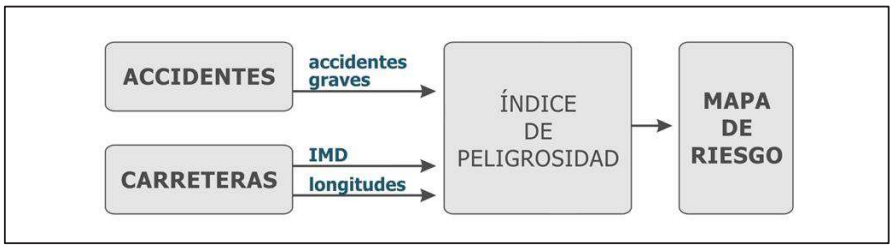
Algunos estudios en carreteras, como EuroRAP, utilizan un periodo de 3 años. EuroRAP trabaja a partir de la tramificación de la red de carreteras en base a criterios de homogeneidad en las características de la vía. Los tramos resultantes suelen tener una longitud media de 20 km. El periodo de 3 años resulta en este caso representativo.

3.6.3 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.

- Inventario de la carreteras
- Construcción del grafo
- Definición de tramos EuroRAP
- Asignación de IMD
- Asignación de las colisiones

Figura 127. Metodología para la creación de un análisis de un análisis de riesgo



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.6.4 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.

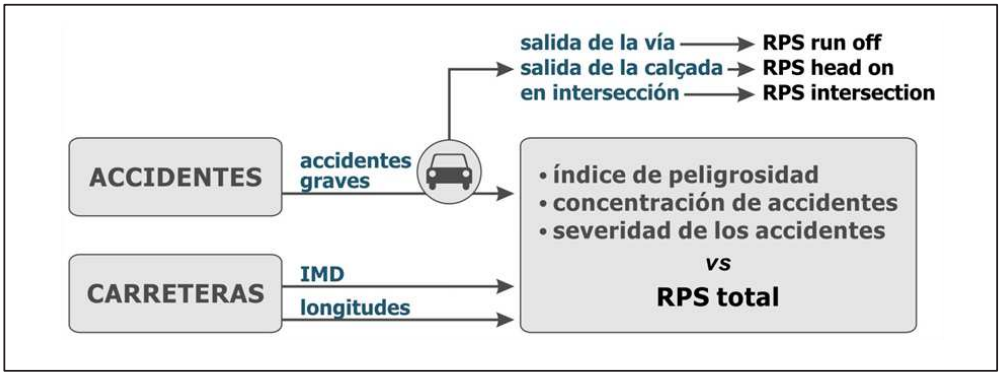
Se recomienda crear unos listados que permitan establecer el mismo listado ordenado por los campos de Valores absolutos de accidentes, Concentración y Riesgo.

3.6.5 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 Protection 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 las colisiones 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 colisiones (mortales/ totales).
- El IP, densidad y severidad se calcula para el total de colisiones, las colisiones frontales, las colisiones por salida de vía y las colisiones de intersecciones.

Figura 128. Accidentes potencialmente evitables



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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).

3.6.6 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.

3.6.6.1 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 colisiones: colisiones graves (incluidos los mortales), colisiones leves y colisiones 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 colisiones 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 colisiones 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 coste 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 colisiones 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.

3.6.6.2 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° 11. DGL

$$DGL = 33.2 \times M + 22.74 \times FC + 7.56 \times FG + 1.00 \times FLL$$

- 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 colisiones utilizando los datos disponibles. El objetivo de este análisis es identificar las colisiones que más

contribuyen a la DGL. Las colisiones se describirán según tipo, estado de la vía, condiciones meteorológicas y luminosidad.

3.6.6.3 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 colisiones, 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 diagnosis 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 colisiones, con anotación del momento, día de la semana y hora en que las colisiones son más frecuentes.
- Lista de cuestiones que deben responder a pie de carretera.
- Lista de diagnosis 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.

- **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 concentracion de colisiones.

Tabla 33. Métodos de identificación y definiciones de secciones más peligrosas

	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
Alemania	Si	3-10 km	Sí, por medio de análisis de categorías	Registro	Si, mediante la ponderación de 4 categorías de accidentes	5 años
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 años
EEUU	Si	Varias millas	Sí, por medio de modelos de predicción de accidentes	Estimados	Si, posible selección sólo accidentes graves	Opcional mente

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

En contraste con las metodologías de identificación de puntos de concentración de colisiones, 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 colisiones, 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 las colisiones, 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 colisiones se incluye en parte, ya que se da la posibilidad de poder hacer una identificación basada sólo en las colisiones 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 concentracion de colisiones, 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 concentracion de colisiones (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.

3.7 CONTROL POR CONCENTRACIÓN DE COLISIONES

Un accidente de circulación 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.

3.7.1 Zonas de Concentración de Colisiones

A pesar de que la identificación de zonas de concentración de colisiones 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 colisiones por encima del esperado.

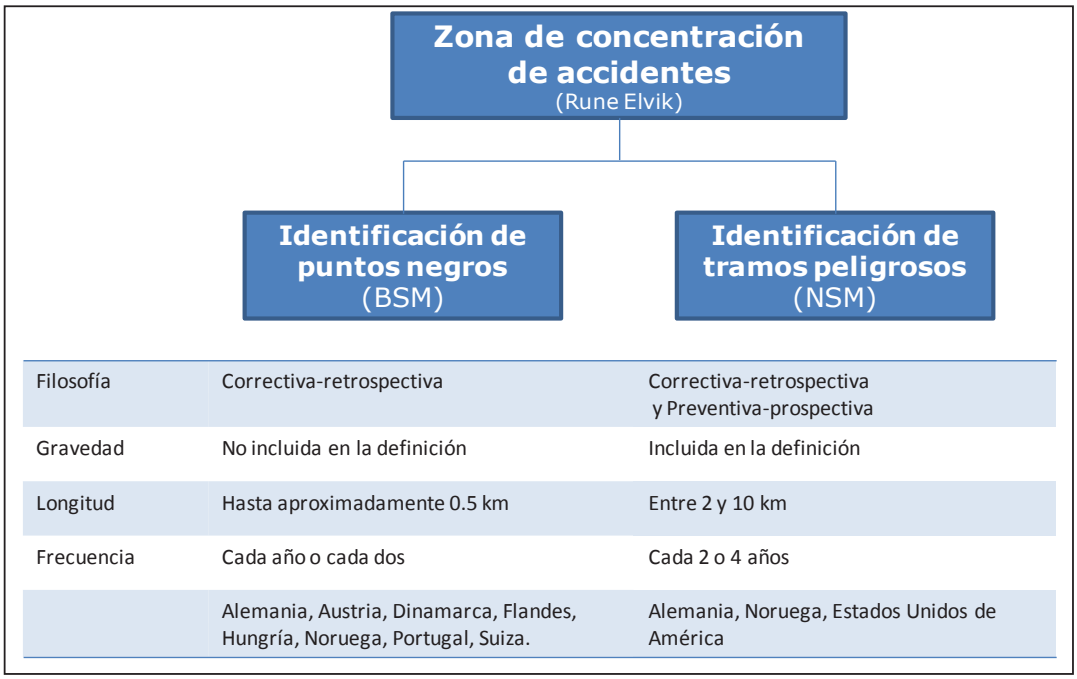
Según Vistisen (2002) todas las metodologías de análisis de zonas de concentración de colisiones comparten un proceso de desarrollo que se puede dividir en tres fases:

- Identificación de la localización con un número de colisiones 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 concentracion de colisiones, 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 concentracion de colisiones (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 129. Clasificación Zonas de Concentración de Colisiones



Filosofía	Correctiva-retrospectiva	Correctiva-retrospectiva y Preventiva-prospectiva
Gravedad	No incluida en la definición	Incluida en la definición
Longitud	Hasta aproximadamente 0.5 km	Entre 2 y 10 km
Frecuencia	Cada año o cada dos	Cada 2 o 4 años
	Alemania, Austria, Dinamarca, Flandes, Hungría, Noruega, Portugal, Suiza.	Alemania, Noruega, Estados Unidos de América

Fuente: Adaptado de Rune Elvik y Michaelk Sorensen

La filosofía de las metodologías de identificación de puntos de concentracion de colisiones es correctiva-retrospectiva mientras que la de las metodologías de identificación de tramos peligrosos es correctiva-respectiva y preventiva-prospectiva.

La gravedad de las colisiones no se suele incluir en la definición de los puntos de concentracion de colisiones, si en cambio, cuando se trata de la identificación de los tramos peligrosos.

La identificación de puntos de concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones se realiza anualmente o cada dos años, la identificación de tramos peligrosos en cambio, tiende a realizarse cada dos o cada cuatro años.

3.7.2 El Concepto de Tramo de Concentracion de Colisiones

El concepto Tramo de Concentración de Colisiones/Accidentes o TCA se define como aquellos tramos que presentan un numero de colisiones (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, sin embargo, existen diversos métodos para calcular los TCA. Todos estos sistemas de detección de puntos de concentracion de colisiones 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 via con mayor indicencia de colisiones de un tipo especifico (por ejemplo colisiones fatales, colisiones con heridos graves, colisiones en angulo, colisiones con peatones, colisiones 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 colisiones. 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 colisiones. En vías rurales mas largas donde existen zonas largas sin muchas colisiones, 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:

- Cual es la finalidad que se busca con la lista de los TCA. (Buscar fatalidades, buscar colisiones con bicicletas, etc.)
- Como esta conformada la red vial y qué tipología de carreteras contiene.
- Cuantos y qué tipos de accidentes se producen.
- Cuales son los recursos disponibles.
- Cual 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, see utilizan cuatro indicadores de desempeño de la seguridad vial para identificar los tramos peligrosos:

Tabla 34. 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 colisiones 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

3.7.2.1 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 viarias.
- **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.

3.7.2.2 Parámetros de Cálculo

Para la elección de cualquier variante del método de cálculo escogido se deben tener en consideración una serie de parámetros:

3.7.2.2.1 Unidad de análisis

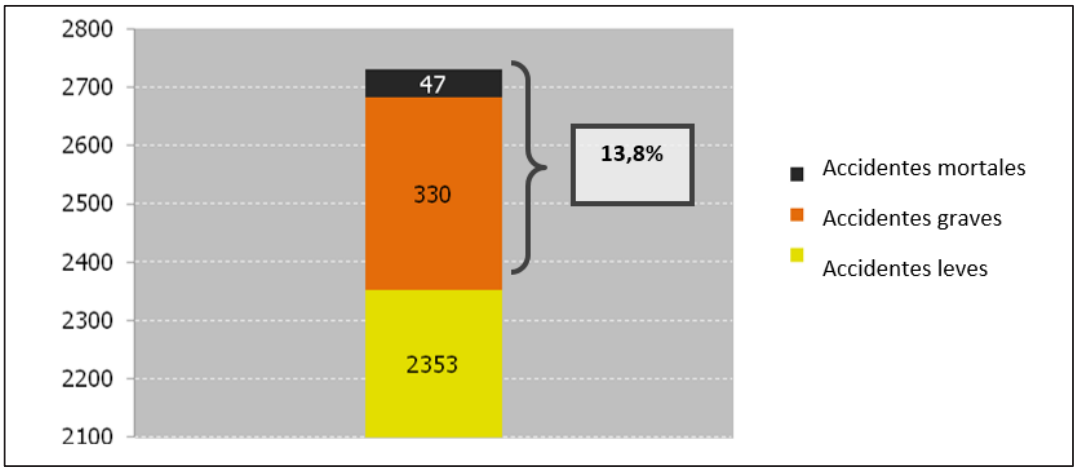
A la hora de analizar el fenómeno de la accidentalidad para identificar los TCA de una red de carreteras, existen diversas maneras de disponer la unidad de cálculo, teniendo en cuenta las víctimas de las colisiones, contemplando las colisiones en lugar de las víctimas, teniendo en cuenta las colisiones con daños materiales, estudiando la accidentalidad en función de la gravedad de las colisiones, 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.

3.7.2.2.2 Gravedad de las colisiones

En cuanto a la gravedad de las colisiones 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 las colisiones leves en el estudio afecta positivamente a la robustez de los análisis estadísticos puesto que la muestra de accidentes aumenta significativamente.

Figura 130. Gravedad de las colisiones



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.2.2.3 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.

Los análisis de TCAs en carretera suelen tratarse en base a un periodo de 5 años. Estos análisis definen el TCA como un tramo de 1 kilómetro flotante, donde cada hectómetro participa a la vez del conjunto de 10 tramos de 1 kilómetro, que permiten trabajar con el valor acumulado de las colisiones. A pesar de disponer del kilómetro flotante, la unidad de análisis es muy desagregada y se aconseja trabajar con un periodo de 5 años, para evitar en la medida de lo posible el factor de aleatoriedad.

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.

3.7.2.2.4 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, esta 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.

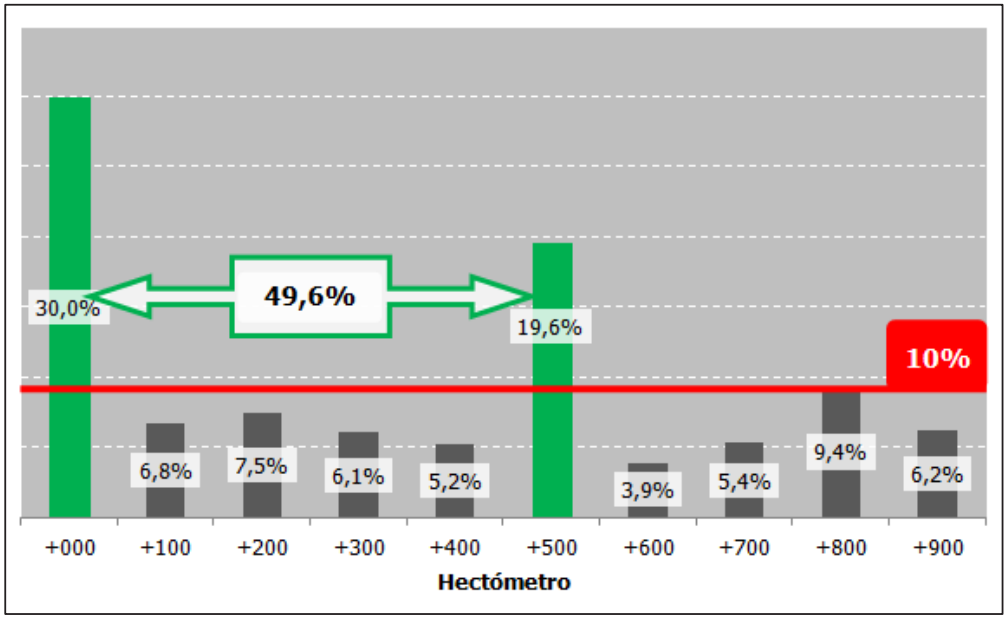
3.7.2.2.5 Segmentación

Usualmente al dividir la red en tramos de longitud parecida, se utiliza el punto quilométrico (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 las colisiones fuera del todo precisa (mediante coordenadas en el lugar del punto kilométrico del accidente, por ejemplo). Pero la ubicación de las colisiones 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 colisiones tendría que ser uniforme a lo largo del kilómetro y en cada hectómetro tendría que tener lugar el 10% de las colisiones. Pero en líneas generales predominan los hectómetros 0 y 5.

Figura 131. Segmentación



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.2.2.6 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 kilometro 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 colisiones y del IP se calculan siempre para cada kilómetro flotante.

A modo de ejemplo: se calculan las colisiones entre el pk 3.0 y el pk 3.9 de una carretera. Posteriormente se hace lo propio con las colisiones 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 kilometro 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.

3.7.2.2.7 Ponderación de las Colisiones

Con tal de priorizar colisiones 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 colisiones en función de su gravedad.

Para valorar las colisiones en base a su gravedad, se aplican ponderaciones unitarias a las colisiones 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 colisiones de tráfico en función de su gravedad.

Las colisiones con víctimas se ponderan de la siguiente manera:

Tabla 35. Ponderación de Las Colisiones

Colisiones	Ponderación
Accidentes con víctimas mortales	8
Accidentes con víctimas con heridas o lesiones graves	5
Accidentes con víctimas con heridas o lesiones leves	1

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.2.2.8 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.

3.7.2.3 Propuesta de 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. La Diputación de Barcelona trabaja con esta tasa que define el índice de peligrosidad, que se compara con los índice de peligrosidad obtenidos en otros tramos de la red de características parecidas.

3.7.2.3.1 Índice de Peligrosidad (IP)

El índice de peligrosidad es el valor que relaciona las colisiones 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° 12. Índice de peligrosidad

$$I.P. = \frac{Colisiones\ ponderadas \times 10^8}{I.M.D. \times 365 \times L}$$

Donde,

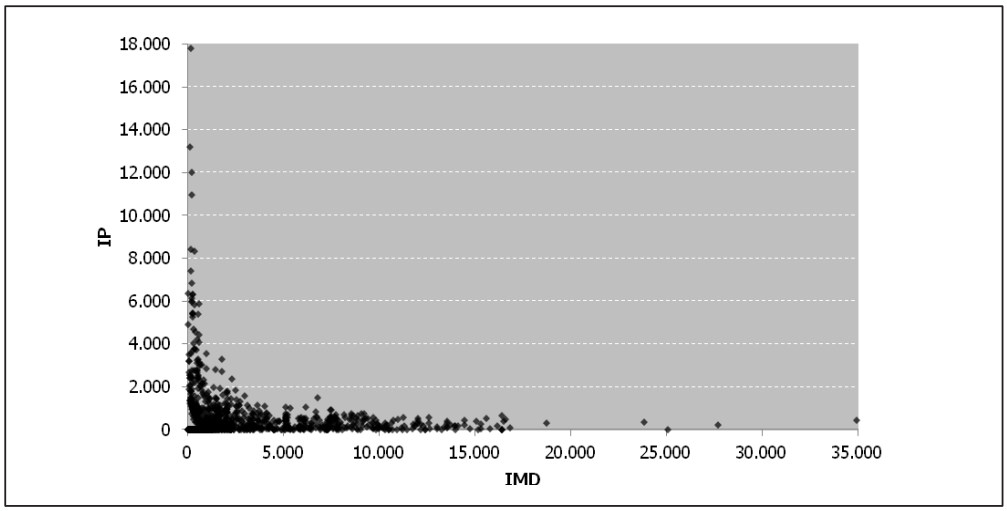
Colisiones ponderadas es la suma de las colisiones sucedidas en un tramo de carretera dentro del periodo establecido con las variaciones unitarias definidas. Se utiliza en este ejemplo, las colisiones ponderadas, pudiendo usarse accidentes, accidentes con víctimas u otra unidad que se haya establecido previamente.

IMD: Intensidad Media Diaria

L: Longitud del tramo en kilómetros

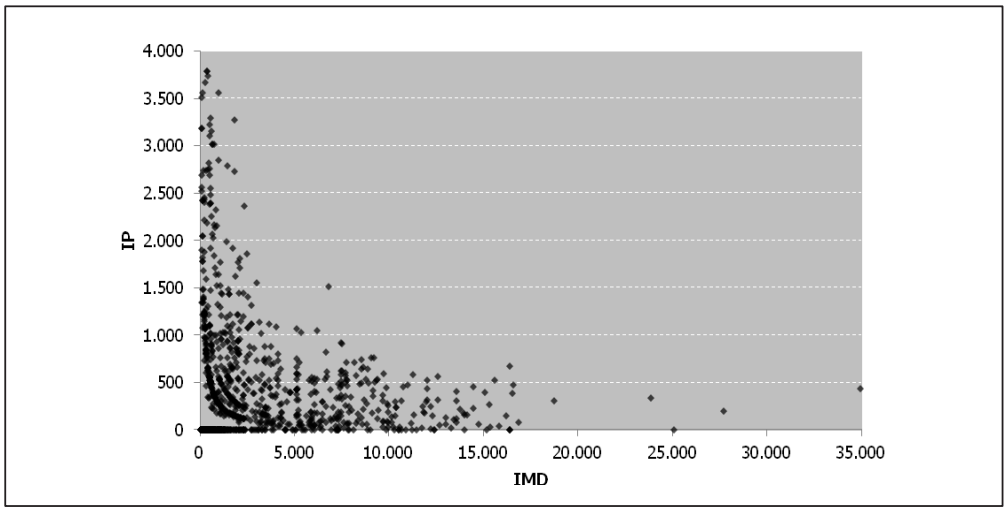
El índice de peligrosidad es una valoración del riesgo de un tramo de carretera que requiere de prudencia a la hora de interpretarlo, ya que para una IMD baja resulta ser muy volátil, y en tramos donde la IMD es alta resulta muy constante variando tímidamente.

Figura 132. IMD baja



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Figura 133. IMD alta



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.2.3.2 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 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Ecuación N° 13. Umbrales de índice de peligrosidad

$$I.P_0 = \frac{\sum_{i=1}^{N} I.P}{N} + \sigma_{est}$$

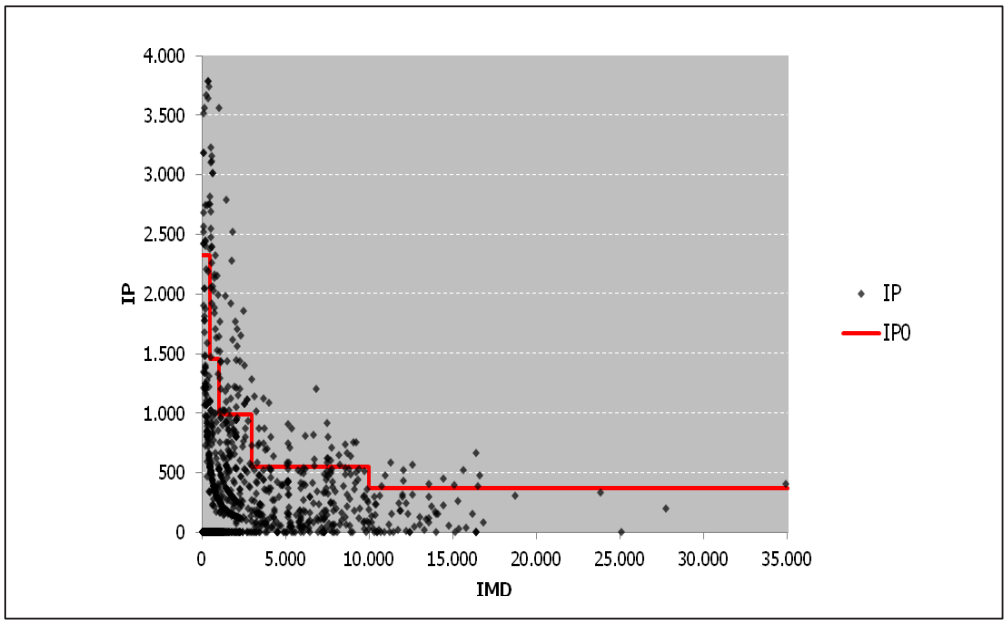
Donde,

$\sum_{i=1}^{N} IP$ es la sumatoria de los índices de peligrosidad de los tramos de un mismo rango de IMD.

σ_{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 134. Distribución IP y umbral IP0



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.2.3.3 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.

b. 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 colisiones.

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 36. 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%

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.2.4 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.

3.7.2.4.1 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 viarias 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

3.7.2.4.2 Modelo Estadístico de Predicción de Colisiones

Los modelos estadísticos de predicción de colisiones utilizan el concepto de "colisiones esperadas" para definir el número de colisiones que se prevé que sucedan en un tramo en base a sus características viarias.

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.

c. Elección de las variables

La variable dependiente, variable que se pretende estimar, es el número de accidentes ponderado que ocurren en un periodo de tiempo determinado.

Como variable independiente, variable a partir de la cual se determinará la accidentalidad esperada, se utiliza la 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.

d. Elección del modelo

Para escoger el modelo estadístico a utilizar, para estimar las colisiones 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.

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° 14. Modelo de regresión lineal simple

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$$

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

β_0 : Ordenada en el origen

β_1 : Coeficiente de regresión y pendiente de la recta de estimación

ϵ : 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 β_0 y β_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 ecuacion siguiente.

Ecuación N° 15. Parametros de regresion

$$\epsilon_k = y_k - \hat{y}_k$$

Donde,

ϵ_k : Residuo

y_k : Valor real, accidentalidad observada

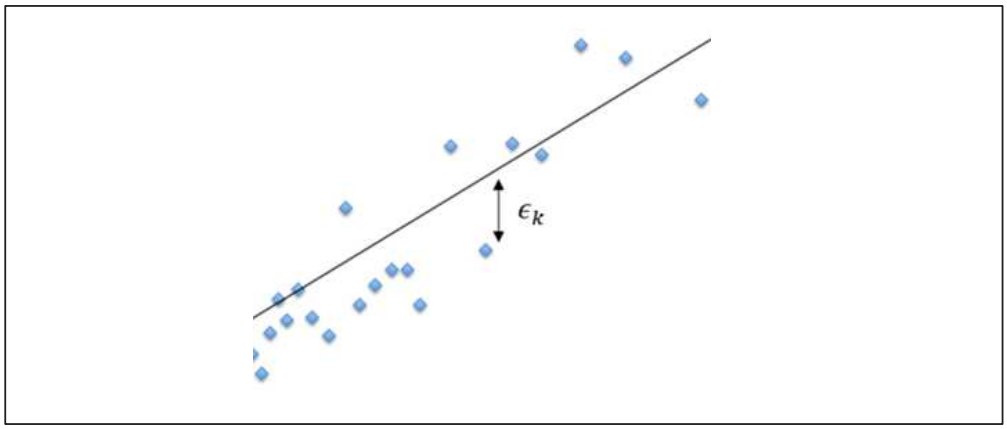
$\hat{y}_k$: Valor pronosticado, accidentalidad prevista

La expresión correspondiente al cálculo de la minimización de la suma de los cuadrados de los residuos como se muestra en la siguiente ecuacion.

Ecuación N° 16. B_o y B_1

$$E(\beta_0, \beta_1) = \sum_{k=1}^{n} \epsilon_k^2 = \sum_{k=1}^{n} (y_k - \hat{y}_k)^2 = \sum_{k=1}^{n} \left(y_k - (\beta_0 + \beta_1 x_k)\right)^2 = \sum_{k=1}^{n} (y_k - \beta_0 - \beta_1 x_k)^2$$

Figura 135. Modelo de regresión lineal



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 homocedasticidad, 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 homocedasticidad 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.

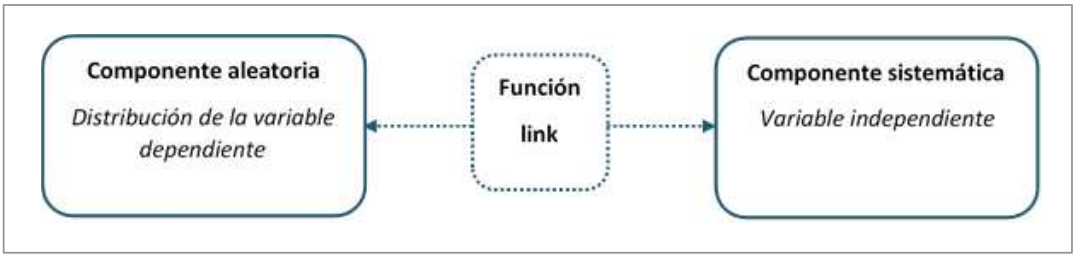
Los modelos de regresión lineal presentan 3 problemas principales:

- 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.

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 las colisiones 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 136. Modelo lineal generalizado



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 las colisiones, son:

a. Poisson

Distribución que se utiliza para datos que definen un conteo, es decir, valores enteros y positivos.

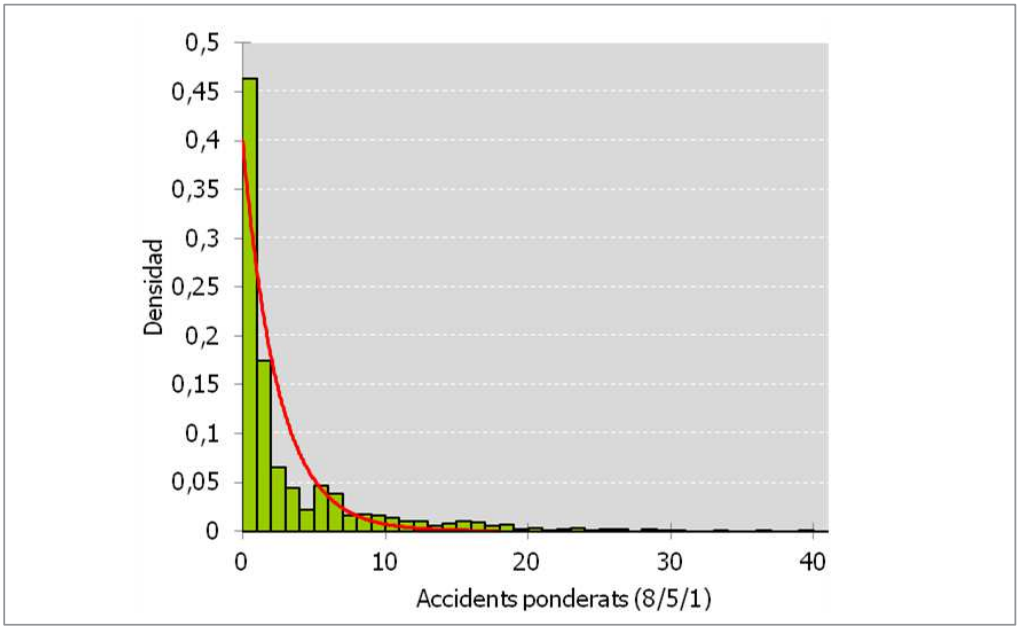
Aparecen dos problemáticas en el ajuste de los datos a la distribución de Poisson y es que, esta supone que la media y la varianza son iguales y no acepta una alta frecuencia de ceros, hecho que se da en numerosas ocasiones.

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 las colisiones ponderados del quinquenio comprendido entre los años 2008 y 2012 a una distribución binomial negativa.

Figura 137. Histograma (accidentes ponderados 2008-2012)



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 deviància (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 37. Tabla Resumen de los Modelos Lineales Generalizados (GLM)

Componente aleatoria **Identifica la variable respuesta (accidentalidad) y su distribución de probabilidad**	**Componente sistemática** **Especifica las variables explicativas**	**Función enlace** **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 sobredispersión)		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

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.7.3 Metodologías de Identificación de Puntos de Concentracion de Colisiones (BSM)

3.7.3.1 Ejemplos de Metodologías de Identificación de Puntos de Concentracion de Colisiones (BSM)

A continuación se describen las metodologías de identificación de puntos de concentracion de colisiones descritas por Rune Elvik y aplicadas en 8 países o regiones europeas: Alemania, Austria, Dinamarca, Flandes, Hungría, Noruega, Portugal y Suiza.

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España (DGC) considera tramo de concentración de colisiones 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 colisiones se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 38. Criterios de identificación de los TCA

Criterios	
Criterio I	IPaa ≥ P / 2 y IPua ≥ P / 2
Criterio II	IPM2 ≥ 2P / 3 (II)
Criterio III	ΣACVA ≥ N / 5 y ΣACVua ≥ N / 5
Criterio IV	ΣACV2 ≥ N / 2

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Siendo:

- IPM5: Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años (ACV / 108 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 las colisiones del periodo en que el tramo se haya mantenido con su configuración actual.
- IPM2: Índice de peligrosidad medio en los últimos 2 años (ACV/108 veh-km).
- ΣACV5: Suma de las colisiones con víctimas de los últimos 5 años.
- ΣACV2: Suma de las colisiones con víctimas de los últimos 2 años.
- aa: Año anterior.
- 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.

A continuación, se indican los valores de 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 referencia de P y N se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y REF _Ref446238979 \r \h * MERGEFORMAT **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Tabla 39. 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
10000-15000	93	10	93	10	31	10
15.000-20000	54	10	54	10	26	10
2-40000	38	10	38	10	21	10
40000-80000	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 40. 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
5000 a 8000	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 concentracion de colisiones 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 (Rk) de al menos 0,8. El coeficiente de riesgo se calcula con la siguiente ecuacion.

  Ecuación N° 17. Coeficiente de riesgo

$$\mathrm{Rk} = \frac{\mathrm{A}}{0{,}5+7\times10^{-5}\times\mathrm{IMD}'}$$

  Donde:

  IMD = Intensidad media diaria

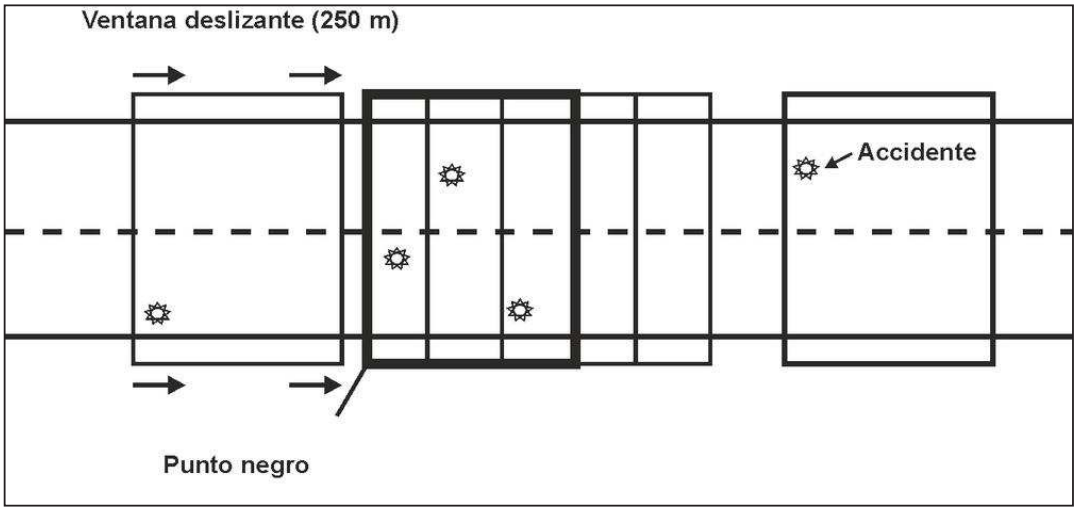
  A = Número de accidentes con víctimas durante 3 años

- Cinco o más accidentes similares (incluyendo las colisiones con daños materiales) en un año. Desde 1995 las colisiones 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 138. Identificación de puntos de concentracion de colisiones en Austria mediante la ventana deslizante



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Dinamarca

En Dinamarca la identificación de los puntos de concentracion de colisiones 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 ecuacion.

Ecuación N° 18. Distribucion de Poisson

$$P(k;\lambda) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^{k}}{k!}$$

Donde:

k = número de accidentes observados en un tramo.

λ = 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 ecuacion.

Ecuación N° 19. Puntuacion de prioridad

$$P = FL + 3 \cdot FG + 5 \cdot M,$$

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 concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones que se encuentran el uno cerca del otro.

Portugal

En Portugal se utilizan dos definiciones de puntos de concentracion de colisiones: una desarrollada por la Dirección General de Tráfico (DGV), y la otra por el Laboratório 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 ecuacion.

Ecuación N° 20. Indice 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 concentracion de colisiones expuestos.

Tabla 41. Métodos de identificación y definiciones de puntos de concentracion de colisiones

Pais	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
Alemania	No	No, inspección mapa de accidentes	No	Registro, Valores mínimo 3 graves o 5	Si por diferentes valores críticos	1 año (todos las colisiones 3 años (accidentes con víctimas)
Austria	No	Si, 250 m	Si, por medio de valores críticos de accidentalidad	Registro, valores mínimos 3 o 5 depende criterio	No	3 años
Dinamarca	Sí, detallada categorización	Si, por sección de carretera -	Si, mediante predicción de	Registro, basado en prueba	No	5 años

Pais	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
Alemania	No	No, inspección mapa de accidentes	No	Registro, Valores mínimo 3 graves o 5	Si por diferentes valores críticos	1 año (todos las colisiones 3 años (accidentes con víctimas)
	de elementos viarios	longitud variable	modelos de accidentes	estadística - mínimo 4 accidentes		
Flandes	No	Si, 100 m	No	Registro, Ponderado por gravedad	Si, mediante ponderación	3 años
Hungría	No	Si 100 m ó 1.000 m	No	Registro, Mínimo 4	No	3 años
Noruega	No cuando identifica puntos de concentracion de colisiones	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 coste de las colisiones y potenciales ahorros	5 años
Portugal	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
Suiza	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

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

En muchos países o regiones los puntos de concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones se identifican de acuerdo con la ubicación de las colisiones. 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 concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones 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 concentracion de colisiones consideran la gravedad de las colisiones, 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 colisiones con heridos graves. Un segundo que consiste en aplicar una ponderación de las colisiones en los diferentes niveles de lesividad (muertos, heridos graves y heridos leves). Y un tercero a partir de la estimación de los costes de las colisiones. Estos costes 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 concentracion de colisiones 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.

3.7.3.2 Propuesta de implementación para Perú. Metodología de Identificación de Puntos de Concentracion de Colisiones (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 42. 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

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Tabla 43. 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

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

- Registros o número de accidentes esperados: NO
- Consideración de la lesividad: NO
- Periodo: 2 años

3.8 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 colisiones frontales.

3.8.1 Concepto de Carreteras que Perdonan

Existen muchas razones por la cuales un vehículo se 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, evitar un choque, condiciones de la superficie de ruedo como 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 se 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 colision. 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.

3.8.2 Estrategias para la mejora de las vías

La estrategias aplicables según objetivo se muestran en la Tabla 44.

Tabla 44. Estrategias aplicables según objetivo

Objetivo	Estrategia
Evitar que los vehículos se salgan de la vía	Instalar bandas sonoras en los espaldones o en medio de los carriles de circulación. Ensanchar los carriles de circulación. Mejorar el alineamiento horizontal de la vía. Brindar un adecuado mantenimiento al pavimento, específicamente se debe verificar la fricción entre la llanta y el pavimento. Proveer demarcación y señalización adecuada a la carretera. Ampliar el espaldón. Pavimentar los espaldones. Eliminar el desnivel entre el espaldón y el carril de circulación.
Minimizar la probabilidad de que un vehículo colisione con un objeto fijo peligroso o se vuelque si desciende por un talud	Diseñar e implementar elementos traspasables y seguros. Remover o reubicar los objetos fijos potencialmente peligrosos. 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. 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 Volume 6

Algunos ejemplos de tratamientos de bajo coste se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45. Ejemplos de tratamientos de bajo costo

Estrategia	Tratamientos
Eliminar los obstáculos	Eliminar las rocas de los márgenes de la vía. 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. Diseñar cunetas traspasables. Implementar dispositivos fusibles o quebradizos. Modificar los terminales de alcantarillas: Construir cubiertas de concreto para los cabezales. Construir terminales oblicuos que no sobresalgan del talud del terraplén.
Reubicar el objeto fuera de la zona libre necesaria para reducir la probabilidad de que sea impactado por un vehículo	Reubicar los árboles pequeños fuera de la zona libre necesaria 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 Colocar pretiles 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.

Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

3.9 USUARIOS VULNERABLES

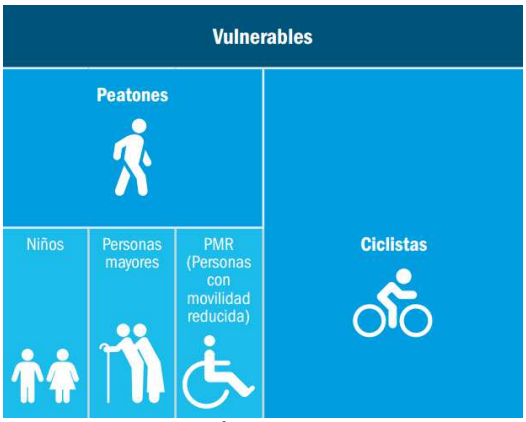
La Declaración de Moscú, surgida de la Primera Conferencia Ministerial Mundial de las Naciones Unidas sobre Seguridad Vial celebrada a finales de 2009, propone 11 líneas generales de acción para el tratamiento de la seguridad vial.

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 139 muestra colectivos de usuarios vulnerables.

Figura 139. Colectivo de usuarios vulnerables



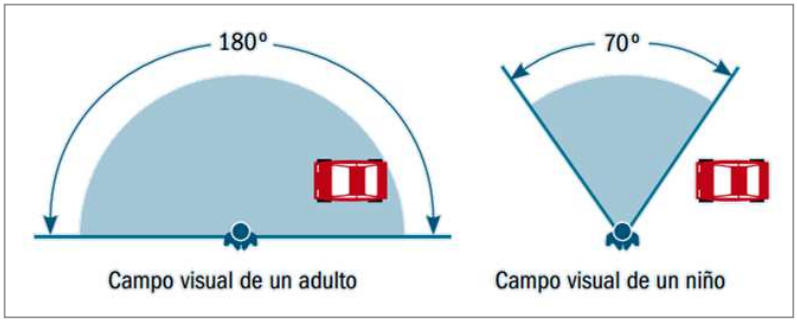
Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 140 muestra el campo visual de un adulto y de un niño en la calle.

Figura 140. Campo visual de un adulto y de un niño en la calle



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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 previsibles 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:

Tabla 46. 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)

CAPÍTULO 4. ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

4.1 DEFINICIÓN DE NIVELES DE RESPONSABILIDAD

La responsabilidad de velar por la seguridad vial en el territorio nacional es de la entidad encargada, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dicha entidad tiene la responsabilidad fundamental de administrar la seguridad vial mediante la creación de directrices para la aplicación de los OCHO 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 colisiones 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 colisiones 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. Las responsabilidades de recolección y/o compilación de data podrán ser entregadas a una empresa privada mediante un sistema de contratación por servicios o dentro de los contratos de concesión, conservación o mantenimiento, sin embargo, estas contrataciones deberán en todo momento seguir el mismo sistema establecido en este documento, utilizar la ficha de recolección estandarizadas y los mismos sistemas desarrollados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para procesar, limpiar, y publicar la data. Toda la data deberá ser entregada al Ministerio de Transpotes y Comunicaciones para su archivamiento respectivo. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones adicionalmente coordinará con los consejos regionales de seguridad vial para desarrollar un sistema efectivo de compilación de data de colisiones a nivel nacional.

b. PASO 2 Análisis y Diagnóstico: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de proporcionar data de colisiones en forma detallada y estandarizada y data de las características físicas de las vías peruanas. Esta información será disponible en formato electrónico crudo 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 colisiones.

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 homogeneidad 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 Evaluación Económica: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de calcular y actualizar cada dos años, en coordinación con el

Ministerio de Economia y Finanzas, la valorización económica total de cada uno de los cinco tipos de colisiones en la escala FABCO:

- Fatal (F)
- Herido incapacitado (A)
- Herido grave (B)
- Herido leve (C)
- Daños Materiales/Objetos (O)

Estos valores deberán ser adoptados dentro del Sistema Nacional de Inversion Publica (SNIP) y serán los valores que se asignarán a cada tipo de colisión para poder desarrollar estudios de beneficio/costo ajustados a la realidad nacional. Adicionalmente El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en coordinación con el Ministerio de Economia y Finanzas dentro del marco SNIP tendrá la responsabilidad de desarrollar un sistema que permita justificar fondos económicos en base estudios de seguridad vial, utilizando los valores económicos presentados en este documento, establecidos para cada tipo de colisión.

e. PASO 5 Priorización de Proyectos: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad de estandarizar los procesos que se utilizan para priorizar proyectos de seguridad vial. Estas responsabilidades se relacionan estrechamente con aquellas del PASO 4 ya que la priorización de proyectos se basa por lo general en los costos de implementacion y los beneficios en el tiempo que brindan dichos proyectos.

f. PASO 6 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 colisiones y publicar dicha información para la mejor selección de medidas mitigadoras en el futuro. Adicionalmente la entidad tiene la responsabilidad de contratar a con empresas privadas por servicios, empresas administradoras de concesiones, empresas bajo contratos de conservación, universidades y/u otras entidades investigacoras para que estas desarrollen factores de modificación de colisiones y fórmulas predictivas de colisiones que puedan ser utilizadas posteriormente en proyectos de seguridad vial en el Peru.

g. PASO 7 Método Predictivo: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene la responsabilidad, a partir del PASO 6, de desarrollar el Método Predictivo para la realidad peruana a través de estudios de evaluación de la efectividad, desarrollo de factores de modificación de colisiones 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 las colisiones y la regresión a la media. Este método se logrará desarrollar con un trabajo estrecho entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y las universidades, empresas privadas administradoras de vías concesionadas, empresas con contratos de conservación, entre otros.

h. PASO 8 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 lienamientos 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.

4.2 PASO 1: RECOLECCIÓN DE DATOS Y EVALUACIÓN DE LA RED VIAL

4.2.1 Datos Necesarios para el Análisis de Colisiones

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 data de colisiones, data de volúmenes vehiculares, data de la infraestructura vial y data 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 mas medidas de efectividad disponibles para evaluar la seguridad vial. El siguiente cuadro presenta un resumen de las medidas de efectividad más comunes que se utilizan para evaluar la seguridad vial de una vía.

Figura 141. Medidas de Efectividad – Requisitos de Data

Medida de Efectividad	Data de Colisiones	Información de la Vía	Volumen Vehicular	Función Predictiva de Colisiones (FPC)
Frecuencia de Colisiones	X	X		
Índice de Colisiones	X	X	X	
Índice de Seguridad Relativa	X	X		
Índice Critico	X	X	X	
Nivel de Servicio de Seguridad Vial	X	X	X	X
Proporción Excesiva de un Tipo de Colisión	X	X		

4.2.2 Teoría de la Regresión a la Media

La teoría de la regresión a la media se basa en los siguientes puntos:

- La frecuencia de colisiones en una vía determinada fluctúa naturalmente en el tiempo. Esta fluctuación se debe a la aleatoriedad del comportamiento humano.
- Por el punto anterior, comparar colisiones entre dos periodos cortos de tiempo (para un mismo sitio) puede resultar en conclusiones erróneas. (Por ejemplo al compararse la frecuencia de colisiones 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 colisiones 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 via. 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 colisiones a largo plazo, debido a la aleatoriedad natural de las colisiones.
- Para evitar este error se debe siempre utilizar un mínimo de tres años de data de colisiones para estimar un promedio más realista de la frecuencia de colisiones.

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."

4.2.2.1 Limitaciones debidas a la Aleatoriedad de la Data

Las colisiones 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 las colisiones de un año a otro sin explicación alguna. Este fenómeno se denomina "aleatoriedad de las colisiones" 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 colisiones, es necesario recolectar al menos 3 años de data y tomar decisiones en base a un mínimo de 3 años de data histórica de colisiones para un determinado lugar. Debido a la fluctuación natural de colisiones, un año de data puede estar alto o bajo en comparación al promedio de colisiones de un determinado lugar. Por este motivo, si se utiliza solo un año de data, se introduce el "error por regresión a la media."

4.2.3 Data de Colisiones

4.2.3.1 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.

4.2.3.2 Procedimiento para la Recolección de Data

Toda data de colisiones deberá ser recolectada dentro de la ficha estandarizada presentada a continuación. Esta ficha debern 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 híper-conectado a la base de datos.
6) La base de datos antes mencionada y el escaneado de los formatos deberán ser remitidos electrónicamente al Ministerio de Transportes y Comunicaciones en forma diaria o semanal para inclusión en el Observatorio Nacional de Seguridad Vial.
7) El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tendrá la labor de 1) recolectar la data, 2) limpiar la data, 3) publicar la data en formato crudo, 4) contratar a especialistas para el análisis de la data y actividades posteriores tales como auditorias, estudios de seguridad vial, entre otros.

La ficha única de recolección de data se presenta en la siguiente figura.

FICHA UNICA DE REPORTE DE COLISIONES

NO ESCRIBIR EN ESTE ESPACIO

TIEMPO Y UBICACIÓN

FECHA | HORA ☐ AM ☐ PM | HORA DE NOTIFICACIÓN ☐ AM ☐ PM | HORA DE AUXILIO ☐ AM ☐ PM | COMISARÍA | NÚMERO DE REPORTE

DISTRITO/PROVINCIA/DEPARTAMENTO | CIUDAD O PUEBLO | 1. Dentro de la ciudad 2. Fuera de la ciudad ☐ | Si es 2, especificar: N ☐ S ☐ E ☐ O ☐ | KILÓMETROS O METROS

NOMBRE DE LA VÍA | TIPO DE VÍA | N° CARRILES | 1. Dividido 2. No dividido ☐

EN LA INTERSECCIÓN | o | CERCA DE LA INTERSECCIÓN | Especificar: N ☐ S ☐ E ☐ O ☐ | KILÓMETROS O METROS

SECCIÓN 1

☐ Vehículo

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

COMPAÑÍA DE SEGURO | NÚMERO DE PÓLIZA

NOMBRE DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO (ver la licencia si es el mismo conductor) ☐ | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO

☐ Peatón

NOMBRE DEL CONDUCTOR (retener la licencia de conducir)/PEATÓN | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA, DEPARTAMENTO

NÚMERO DE LICENCIA CONDUCTOR | TIPO | N° TELEF. CONDUCTOR/PEATÓN | N° TELEF. CONDUCTOR/PEATÓN | SEXO | FECHA DE NAC.

NOMBRE DE PASAJERO | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO

SECCIÓN 2

☐ Vehículo

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

COMPAÑÍA DE SEGURO | NÚMERO DE PÓLIZA

NOMBRE DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO (ver la licencia si es el mismo conductor) ☐ | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO

☐ Peatón

NOMBRE DEL CONDUCTOR (retener la licencia de conducir)/PEATÓN | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA, DEPARTAMENTO

NÚMERO DE LICENCIA CONDUCTOR | TIPO | N° TELEF. CONDUCTOR/PEATÓN | N° TELEF. CONDUCTOR/PEATÓN | SEXO | FECHA DE NAC.

NOMBRE DE PASAJERO | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO

SECCIÓN 3

☐ Vehículo

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

COMPAÑÍA DE SEGURO | NÚMERO DE PÓLIZA

NOMBRE DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO (ver la licencia si es el mismo conductor) ☐ | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO

☐ Peatón

NOMBRE DEL CONDUCTOR (retener la licencia de conducir)/PEATÓN | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA, DEPARTAMENTO

NÚMERO DE LICENCIA CONDUCTOR | TIPO | N° TELEF. CONDUCTOR/PEATÓN | N° TELEF. CONDUCTOR/PEATÓN | SEXO | FECHA DE NAC.

NOMBRE DE PASAJERO | DIRECCIÓN ACTUAL | DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO

INFRACTOR (S)

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:

DIBUJAR DIAGRAMA EXPLICATIVO DE LA COLISIÓN (SECCIÓN OBLIGATORIA) — INDICAR LA FLECHA NORTE

PROPORCIONAR UNA NARRACIÓN SIMPLE DE LA OCURRENCIA (SECCIÓN OBLIGATORIA)

LLENAR LOS DETALLES DE LA COLISIÓN (SECCIÓN OBLIGATORIA)

CAUSAS DEL CONDUCTOR/PEATÓN (1 2 3)

01 Inapropiada Acción del Conductor
02 Inadecuado Manejo (Explicar)
03 No Cedió el Paso
04 Retroceso Indebido
05 Cambio de Carril Indebido
06 Giro Indebido
07 Bajo la Influencia del Alcohol
08 Bajo la Influencia de la Droga
09 Bajo la Influencia del Alcohol y Droga
10 Seguir de Muy Cerca
11 Caso Omiso de la Señal de Trafico
12 Exceso del Límite de Velocidad Segura
13 Indiferencia a la Señal "PARE"
14 Falta de Mantenimiento Vehicular
15 Cruzar Incorrectamente
16 Conducir Incorrectamente
17 Exceder el Límite de Velocidad Local
18 Obstrucción de Trafico
19 Peso Inadecuado
20 Ignorar los Controles de Tránsito
21 Escapar de la Policía
22 Cambiar de Vehículo
23 Conducir Distraído (Explicar)
77 Otros (Explicar)

DEFICIENCIAS DEL VEHÍCULO (1 2 3)

01 Sin Deficiencia
02 Frenos
03 Neumático Liso/Desgastado
04 Luces Inapropiadas
05 Pinchazo/Ruptura
06 Direccionales
07 Parabrisas Delanteras
08 Equipo Deficiente del Vehículo
77 Otros (Explicar)

PUNTO DE COLISIÓN (1 2 3)

1 Dentro de la Vía
2 Fuera de la Vía
3 En la Berma
4 En el Separador Central
5 Otros

DESPLAZAMIENTO DEL VEHÍCULO (1 2 3)

01 De Frente
02 Desacelerando/Deteniéndose
03 Girando a la Izquierda
04 Retrocediendo
05 Girando a la Derecha
06 Cambiando de Carril
07 Ingresando/Saliendo al Estacionamiento
08 Correctamente Estacionado
09 Incorrectamente Estacionado
10 Girando en "U"
11 Cruzando
12 Vehículo Fuera de Control
77 Otros (Explicar)

ACCIÓN DEL PEATÓN (1 2 3)

01 Cruzar Fuera de la Intersección
02 Cruzar en el Separador Central
03 Cruzar la Intersección
04 Cruzar Cuando Hay tráfico
05 Cruzar Contra el tráfico
06 Distraerse Cuando Conduce (Leer, Hablar por Teléfono, etc.)
07 Laborar Sobre la Vía
08 Conductor o Vehículo Fuera de Control
09 Estar Detenido en el crucero peatonal
77 Otros (Explicar)
88 Desconocido

VEHÍCULOS ESPECIALES (1 2 3)

1 Ninguno
2 Carga
3 Militar
4 Recreacional
5 De Emergencia
6 Construcción/Mantenimiento
7 Otros

SEVERIDAD DE LA COLISIÓN (1 2 3)

1 Muertos (indicar num de muertos)
2 Heridos graves (indicar num de heridos)
3 Heridos leves (indicar num de heridos)
4 Daños solo de Propiedad

TIPO DE ZONIFICACIÓN

1 Residencial
2 Comercial
3 Industrial
4 Recreacional
5 Educativo
6 Salud
7 Otros

DAÑOS OCASIONADOS

01 Colisión (Parte Posterior)
02 Colisión (Parte Frontal)
03 Colisión (Angular)
04 Colisión (Giro a la Izquierda)
05 Colisión (Giro a la Derecha)
06 Colisión (Parte Lateral)
07 Colisión (Hacia Atrás)
08 Colisión al Estacionarse
09 Colisión Sobre la Vía
10 Colisión con Peatones
11 Colisión con Bicicleta
12 Colisión con Bicicleta (Ciclovía)
13 Colisión con Motocicleta
14 Colisión con Animales
15 Impacto con Señales/Postes
16 Impacto con Postes de Alumbrado Público
17 Impacto con Rejas (Soportes)
18 Impacto con Cercas
19 Impacto con Bloques de Hormigón
20 Impacto con Puentes
21 Impacto con Arboles/Arbustos
22 Colisión con Señales de Construcción
23 Colisión con Garitas de Peajes
24 Colisión con Barreras de Seguridad
25 Colisión con Objetos Fijos en la Vía
26 Impacto con Otro Objeto Fijo
27 Colisión con un Objeto Móvil en la Vía
28 Encontrar Zanjas/Alcantarillados
29 Deslizarse en una Vía Húmeda
30 Volcadura
31 Ocupantes Fuera del Vehículo
32 Volcadura del Tractor/Tráiler
33 Incendiarse
34 Explosionar
35 Fuera de Control
36 Perdida de Cargamento
77 Otros (Explicar)
(1 2 3)

SISTEMA VIAL

01 Vía Expresa
02 Nacional/Regional
03 Subregional
04 Metropolitana
05 Vía Arterial
06 Vía Colectora
07 Vía Local

CONDICIONES DE LA VÍA

01 Seco
02 Húmedo
03 Resbaloso
04 Con Hielo
77 Otros (Explicar)

CLIMA

01 Soleado
02 Nublado
03 Lluvioso
77 Otros (Explicar)

CONDICIONES DE ILUMINACIÓN

01 En el Día
02 Anochecer
03 Al Amanecer
04 En la Noche (Con Luz)
05 En la Noche (Sin Luz)
88 Desconocido

TIPO DE SUPERFICIE

01 Grava/Piedra
02 Asfalto
03 Bloque/Ladrillo
04 Hormigón
05 Trocha
77 Otros (Explicar)

CONDICIÓN DE LA VÍA AL MOMENTO DE LA COLISIÓN

01 Sin Efecto
02 Obstrucción con Aviso
02 Obstrucción sin Aviso
04 Vía en Reparación/Construcción
05 Superficie con Materiales Sueltos
06 Bermas Altas/Bajas
07 Pavimento con Bordes Inseguros
08 Agua Estancada
09 Superficie Desgastada
77 Otros (Explicar)

OBSTRUCCIÓN DE LA VISIBILIDAD

01 Sin Visibilidad
02 Mal Tiempo
03 Vehículo Estacionado/Detenido
04 Arboles/Cultivo/Arbusto
05 Vehículo de Carga
06 Objeto Fijo/Construcción
07 Señales/Carteles
08 Niebla
09 Humo
10 Resplandor (Luz Penetrante)
77 Otros (Explicar)

CONTROL DE TRÁFICO

01 Sin Control
02 Zonas con Velocidad Especial
03 Control con Señal de Velocidad
04 Zona Escolar
05 Semáforo
06 Señal "PARE"
07 Señal "CEDA EL PASO"
08 Luz Intermitente
09 Señal de Ferrocarril
10 Policía de Tránsito
11 Señal "PROHIBIDO GIRO EN U"
12 Sin Zona de Pase
77 Otros (Explicar)

UBICACIÓN DEL LUGAR

01 Fuera de la Intersección
02 En la Intersección
03 Cerca a la Intersección
04 Al Ingreso de la Vía
05 En las Vías del Ferrocarril
06 Puente
07 Ingreso del Carril
08 Salida del Carril
09 Estacionamiento-Público
10 Estacionamiento-Privado
11 Propiedad Privada
12 Peaje
13 Detenerse en la Línea de Parada
77 Otros (Explicar)

CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA

01 De Frente - A Nivel
02 De Frente - Ascendente/ Descendente
03 Con Giro - A Nivel
04 Con Giro - Ascendente/ Descendente

TIPO DE BERMA

01 Pavimento
02 Sin Pavimento
03 Acera

4.2.4 Identificación de Puntos o Tramos de Concentración de Colisiones

El proceso de identificación de puntos o tramos de concentración de colisiones debe regirse al objetivo del estudio. La identificación de puntos de concentración de colisiones se puede realizar para identificar puntos críticos en base a:

a. Colisiones de un tipo especifico
b. Colisiones de una severidad especifica
c. Número total de colisiones

No es recomendable enfocarse en el número total de colisiones, más bien, es más importante conocer los lugares donde ocurren colisiones de mayor severidad o de mayor riesgo. Por ejemplo, un lugar donde ocurren 20 colisiones por alcance al año en promedio con cero heridos es menos crítico que un lugar donde ocurren 5 colisiones al año con 1 muerto en promedio. Si el enfoque se basa en número total de colisiones, el lugar con 20 colisiones anuales seria intervenido antes que el de 5 colisiones al año resultando en menores beneficios y un factor beneficio/costo menos favorable.

Los puntos o tramos de concentración de colisiones deberán identificarse para su posterior intervención con medidas especificas aplicables directamente a la reducción del tipo o severidad especifica de las colisiones.

El proceso para identificar tramos o puntos de concentración de colisiones requiere de una georreferenciación de la data de colisiones. De esta manera se conoce la ubicación geográfica de las colisiones y se pueden determinar zonas de concetracion. Para este fin, se deberá, a través de un observatorio nacional o inclusive local, georreferenciar utilizando un sistema de información geográfica tipo GIS todas las colisiones con todos los atributos que se recolectan en los formatos estandarizados. De esta manera se puede realizar un análisis exhaustivo que permita evaluar las colisiones y sus puntos de concentración en base a una serie de criterios específicos. Por ejemplo se podrían identificar puntos o tramos de concentración de colisiones con peatones, puntos o tramos de concentración de colisiones nocturnas, puntos o tramos de concentracion de colisiones fatales, puntos o tramos de concentracion de colisiones con ciclistas, entre muchos otros.

Se recomienda que mientras no exista un observatorio nacional, se trabaje con entidades locales y las empresas privadas que administran la conservación o concesión de vías para desarrollar observatorios locales que permitan hacer un seguimiento sofisticado, científico, y completo a la seguridad vial.

4.2.5 Evolución de Métodos para Estimación de Colisiones

Los métodos para la estimación de colisiones están en proceso de evolución hacia un sistema en el que se compara únicamente la frecuencia de colisiones 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 colisiones ya que el costo a la sociedad de las colisiones 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 en las colisiones asociado con un diseño que procesa más tráfico.

4.2.5.1 Métodos de Frecuencia de Colisiones 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 colisiones, 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 colisiones 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 colisiones debido a un incremento en el volumen vehicular.

4.2.5.2 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 colisiones: 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-colisiones" 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 colisiones. Es así que aun sin tener colisiones, 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.

4.2.5.3 Estimación de Colisiones Utilizando Métodos Estadísticos

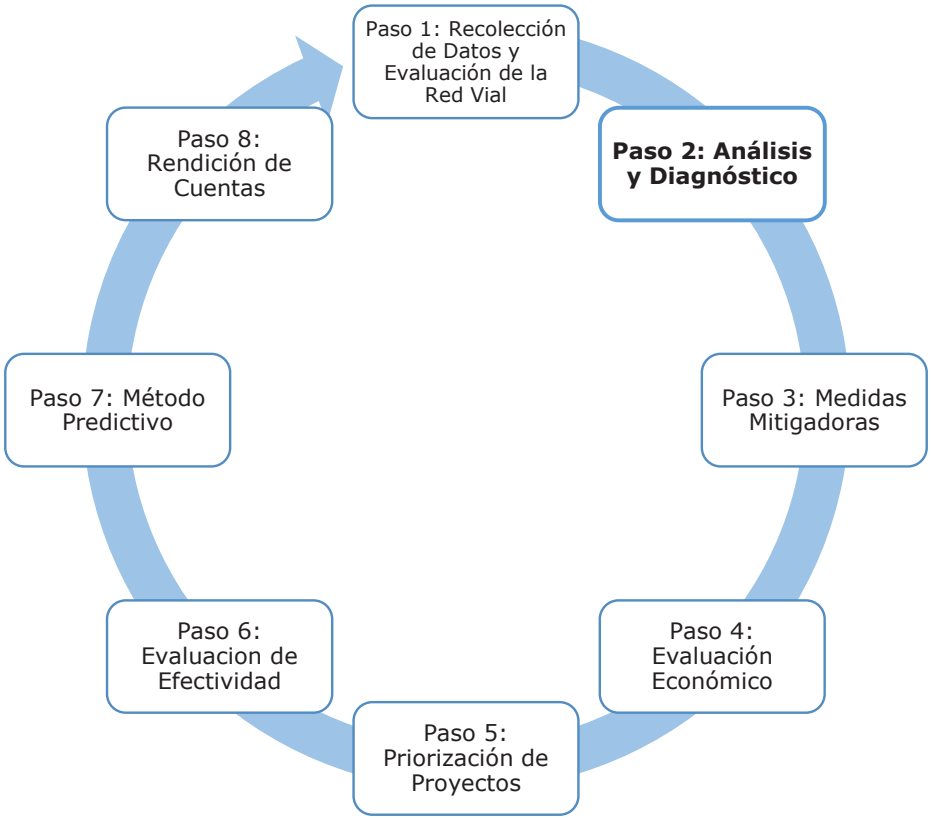
Los métodos estadísticos para estimar colisiones pueden variar en función a la disponibilidad de data y los objetivos del estudio. Es así que cuando se identifican colisiones de un tipo específico, los análisis estadísticos pueden permitir determinar si el número de colisiones en un lugar excede estadísticamente el promedio de lugares similares.

4.3 PASO 2: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO

4.3.1 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 diagnosis que permite conocer las causas de las colisiones, 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 las colisiones.

Figura 142. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Los procedimientos descritos en este capítulo involucran tres actividades, aunque algunas de estas actividades no se apliquen en todos los proyectos:

a. Actividad 1.- Revisión de Data

- Revisión del tipo de colisiones, severidad de las colisiones y condiciones ambientales para el desarrollo de estadísticas descriptivas que permitan identificar patrones.

b. 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.

c. 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.

4.3.2 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 colisiones, gravedad de estas 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 colisiones (por ejemplo frecuencia por tipo de colisión, gravedad, condiciones ambientales o viales).
- Lugar de las colisiones (es decir, diagramas de colisión, diagramas del estado actual y mapeo utilizando herramientas como el Sistema de Información Geográfica - GIS).

4.3.2.1 Estadísticas Descriptivas

Las bases de datos de colisiones 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 colisiones 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 colisiones por:

- Alcance
- Paralelo
- Angular
- Giro (izquierda o derecha)
- Frontal
- Despiste
- Objeto contundente
- Animal
- Cualquier anterior en zona de trabajo

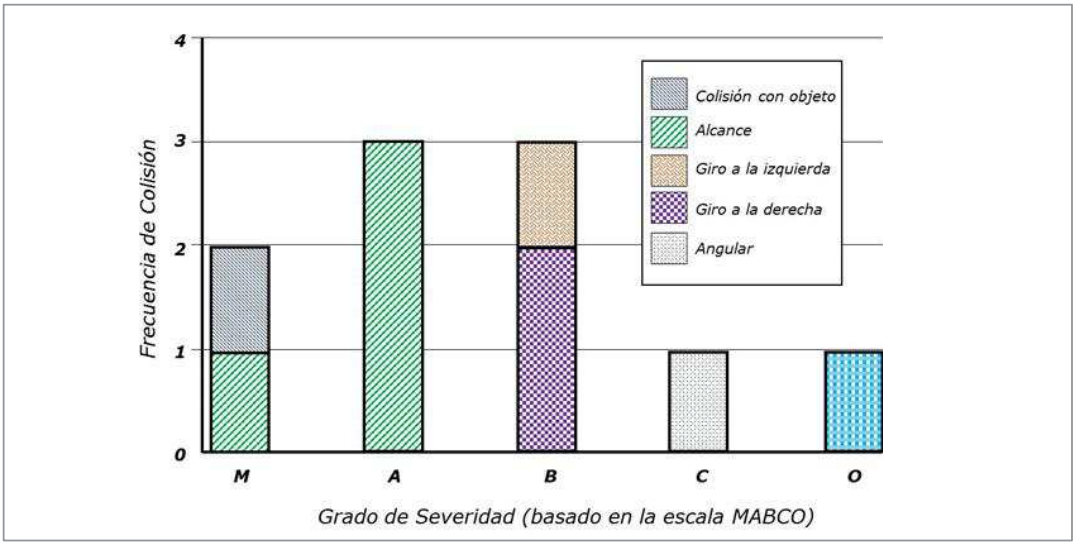
c. Gravedad de colisiones: Toda colisión se clasifica según la escala FABCO que define la gravedad de la colisión. Esta se describe de la siguiente manera:
   - Fatal (F)
   - Herido incapacitado (A)
   - Herido grave (B)
   - Herido leve (C)
   - Daños Materiales/Objetos (O)

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 143. Ejemplo de un Resumen Gráfico



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Tabla 47. Ejemplo de un Resumen Tabular

Número de Colisión	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.° 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 colisiones 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 el PASO 1.

4.3.2.2 Resumen de Colisiones por Ubicación

La ubicación de las colisiones puede resumirse mediante tres herramientas: diagrama de colisiones, diagrama de condiciones actuales y mapeo de colisiones.

Cada una de estas es una herramienta visual que permitirá identificar patrones en las colisiones.

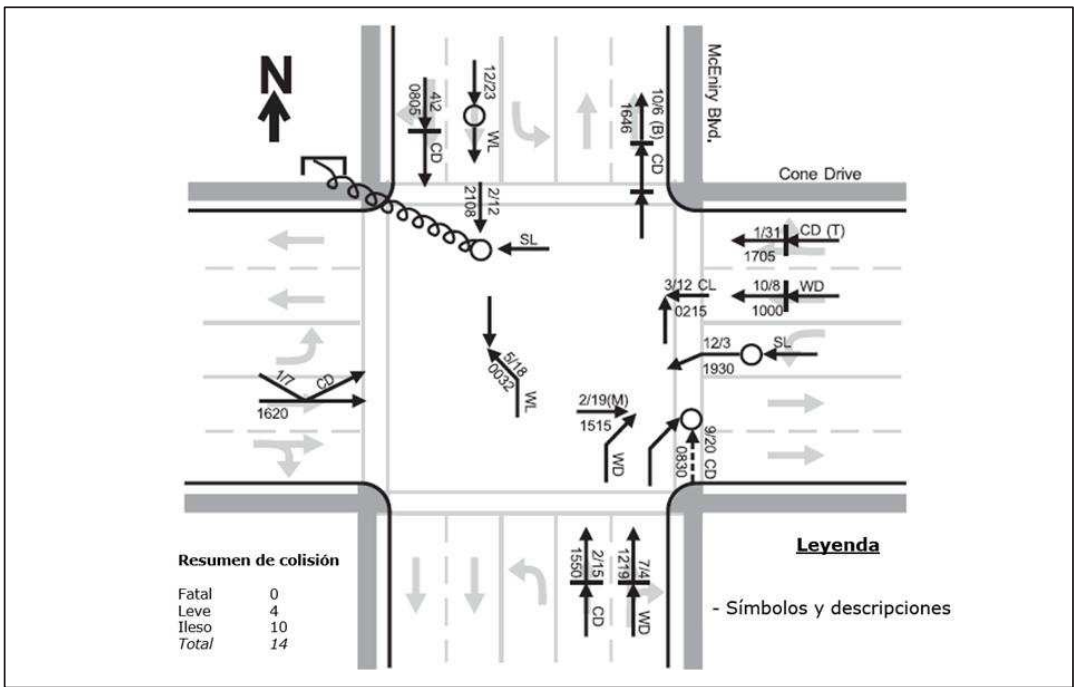
A. Diagrama de Colisiones

Es una vista bidimensional de las colisiones que se han producido en un lugar dentro de un tiempo determinado. Un diagrama de colisiones simplifica la visualización de los patrones de colisiones. Concentraciones de colisiones 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 colisiones. 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.

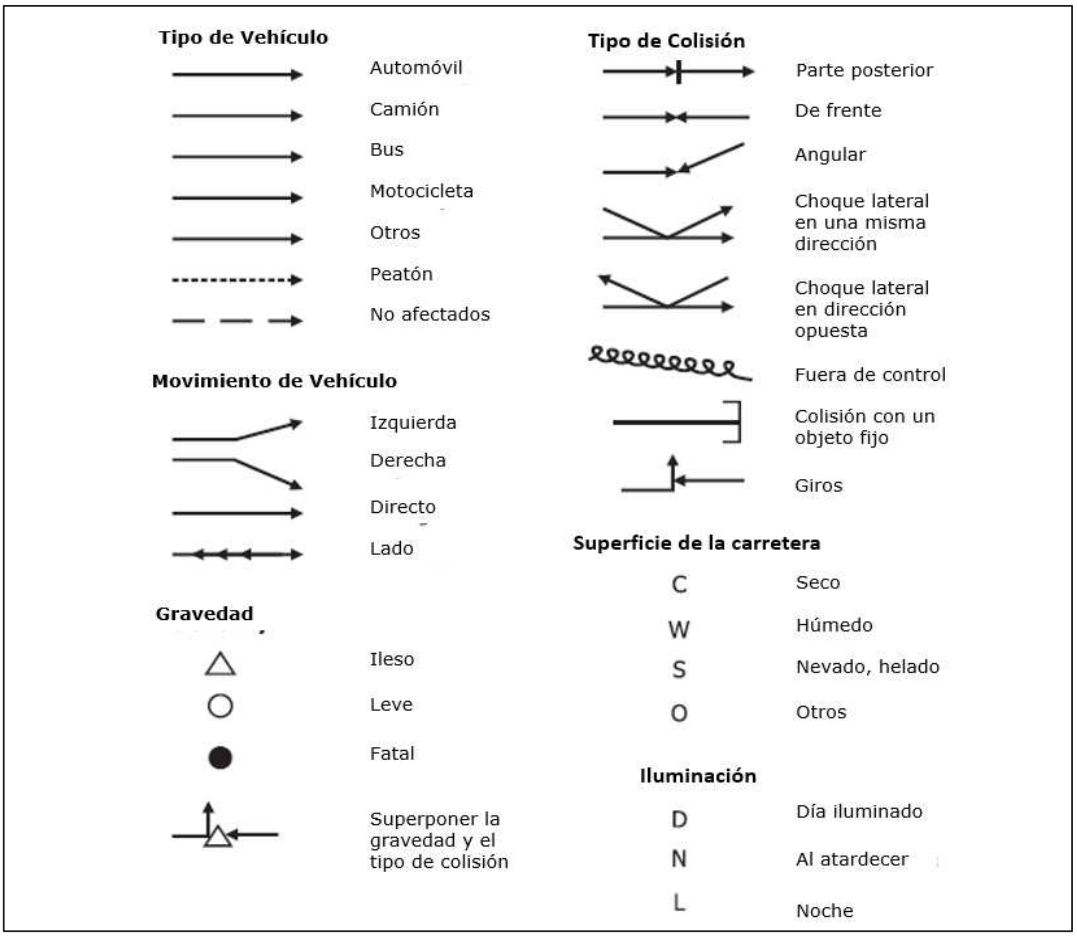
Las tendencias visuales identificadas en un diagrama de colisiones no pueden reflejar una evaluación cuantitativa o estadísticamente fiable del lugar; sin embargo, pueden proporcionar una indicación de si existen o no patrones. Estos diagramas deben desarrollarse preferiblemente a mano y no necesitan 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 145.

Figura 144. Ejemplo del Diagrama de Colisiones - Intersección



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Figura 145. Simbología para Diagramas de Colisiones



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

B. 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)

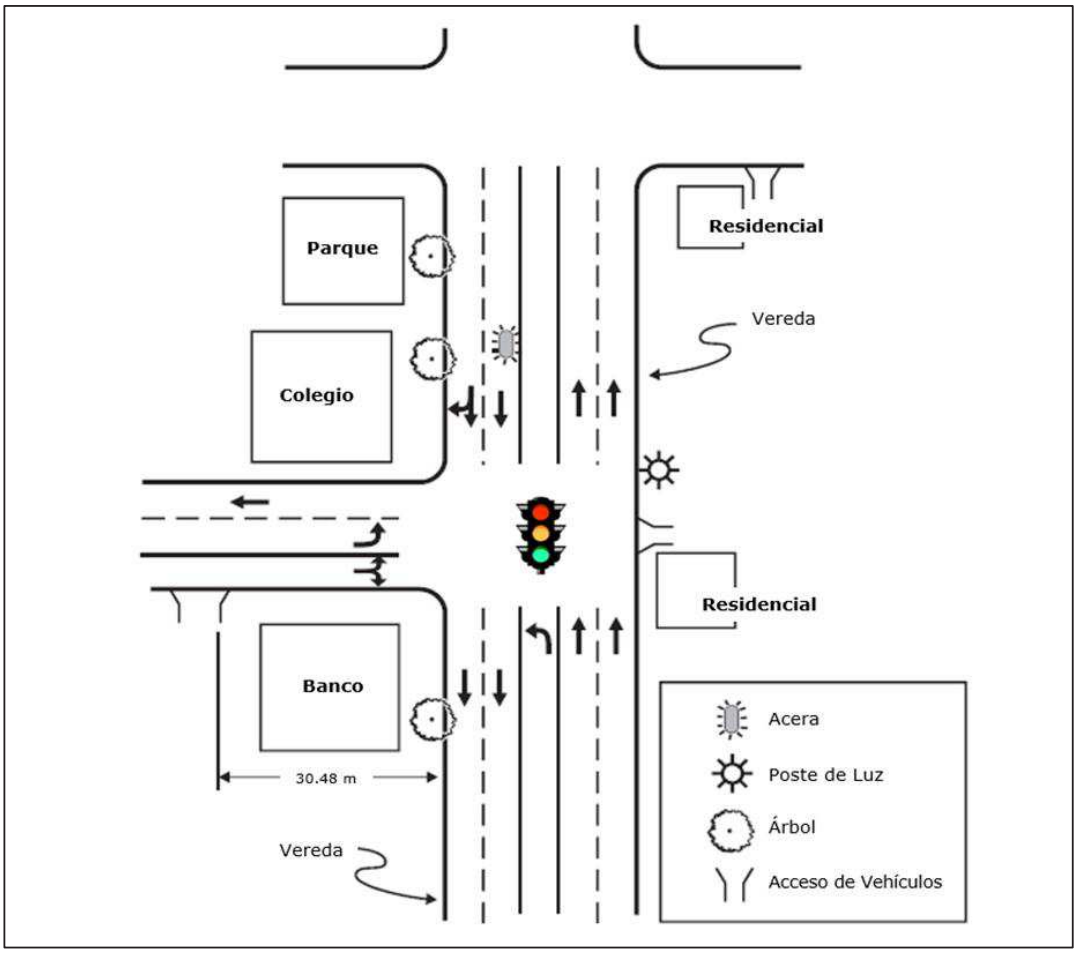
b. Uso de suelo
- Tipo de uso de suelo (colegios, zona comercial, residencial, industrial)
- Tipos de accesos a cada uso de suelo (acceso directo, controlado, privado, publico)

c. Condiciones del pavimento
- Ubicación de baches, charcos o grietas

El propósito del diagrama de condiciones locales es correlacionarlo con el diagrama de colisiones. Conceptualmente se podrían sobreponer para identificar una relación entre las colisiones 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 colisiones. 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 146. Ejemplo del Diagrama de Condiciones Locales



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

C. Mapeo de Colisiones

Las regiones que tengan una base de datos electrónica de la red vial y colisiones 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 las colisiones con GIS se denomina mapeo de colisiones. A continuación, se presentan algunas técnicas y ventajas de usar el GIS para analizar colisiones 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 colisiones según el uso de suelo. Esto puede servir para correlacionar usos de suelo con frecuencia de colisiones.
- La frecuencia o densidad de colisiones 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 colisiones pueden influir significativamente en el resultado de un análisis. Por ejemplo, si todas las colisiones 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 colisiones 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 colisiones.

4.3.3 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 colisiones observados pueden explicarse mediante cambios operativos y geométricos, que se documentaron en el lugar de estudio. Por ejemplo, una revisión de colisiones históricas puede revelar que la frecuencia de colisiones 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 publico
- 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 trafico 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

4.3.4 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, publico, 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 un listado de 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 trafico

- Tipos de usuarios
- Condiciones de viaje (velocidad a flujo libre, congestión)
- Almacenamiento de colas
- Exceso de velocidad vehicular
- Dispositivos de control de trafico
- Tiempo de ámbar en la intersección
- Presencia de giros protegidos, permitidos, o ambos
- Presencia de ámbar para flechas verdes
- Diseño del esquema semafórico

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 niños 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 colisiones 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 existente o planificada y se realiza con un equipo de expertos, independiente e interdisciplinario. La ISV incluye una evaluación de las condiciones de campo, como se describe en esta sección, pero también incluye un análisis detallado de factores humanos y elementos contribuyentes a las colisiones.

4.3.5 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 colisiones 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 (Paso 4) y priorizar entre proyectos potenciales (Paso 5).

4.4 PASO 3: MEDIDAS MITIGADORAS

4.4.1 Introducción

Esta sección presenta el tercer paso en el proceso de la administración de la seguridad vial (ver la siguiente figura). Estas medidas tienen como objetivo principal reducir la frecuencia o severidad de las colisiones.

En este contexto, una "medida" es una estrategia inmediata para disminuir la frecuencia de colisiones, 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, con las metodologías del PASO 4.

Figura 147. Proceso de Administración de la Seguridad Vial



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

4.4.2 Colisiones Típicas

En el Perú los siguientes tipos de colisiones son los más comunes. Sin embargo debe tomarse nota de que la data disponible es aun limitada y estas colisiones podrían representar un mayor o menor porcentaje del total. Las colisiones típicas en nuestra infraestructura vial son:

- Atropellos
- Despistes
- Angulo
- Alcance
- 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 las colisiones totales debido al alto índice de peatonalización del Perú.

4.4.3 Identificación de los Factores Contribuyentes

Para cada patrón de colisiones identificado pueden existir múltiples factores contribuyentes. Esta sección presenta una lista de posibles factores contribuyentes a la ocurrencia de colisiones. 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.

4.4.3.1 Criterios a Considerar en la Identificación de Factores Contribuyentes

Uno de los métodos para identificar los factores contribuyentes a las colisiones 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 48. Ejemplo de la Matriz de Haddon para una Colisión

Periodo	Factor Humano	Factor Vehicular	Factor Vía
Antes de la colisión (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 (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 (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

4.4.3.2 Factores Contribuyentes

Factores contribuyentes asociados a una variedad de tipos de colisiones se presentan a continuación. Los posibles factores contribuyentes de colisiones 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. Colisiones en la vía

A continuación, se presentan tipos de colisiones 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 colisiones en la vía son:

a. Atropellos
- Presencia de atractores o generadores de flujo peatonal cerca de la vía
- Falta de puentes peatonales
- Falta de veredas
- Falta de cruceros 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

b. Volcadura
- Diseño de la vía y sus bermas
- Ancho inadecuado de la berma
- Velocidad excesiva
- Diseño del pavimento

c. 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

d. 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

e. Pavimento húmedo
- Diseño del pavimento (permeabilidad, drenaje)
- Marcas en el pavimento inadecuadas
- Mantenimiento Inadecuado

- Velocidad excesiva

f. Choque frontal

- Geometría de la vía inadecuada
- Bermas inadecuadas
- Velocidad excesiva
- Marcas en el pavimento inadecuadas
- Señalización vertical inadecuada

g. Despistes

- Ancho de carril inadecuado
- Pavimentos resbaladizos
- Ancho del separador central inadecuado
- Mantenimiento inadecuado
- Bermas inadecuadas
- Canalización inadecuada
- Poca visibilidad
- Velocidad excesiva

h. Puentes

- Alineamiento de la vía y el puente
- Vía estrecha
- Visibilidad
- Altura vertical libre
- Pavimentos resbaladizos
- Superficie áspera
- Sistema de guardavías inadecuado

B. Colisiones en intersecciones semaforizadas

A continuación, se presentan los tipos de colisiones más comunes que ocurren en intersecciones semaforizadas y los posibles factores contribuyentes. Los factores contribuyentes mostrados pueden superponerse en varios tipos de colisiones. Esta lista no es exhaustiva y no puede ser exhaustiva debido a la variedad de condiciones locales. Los posibles factores contribuyentes para colisiones 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 crucero peatonal
- Falta de semáforo peatonal
- Visibilidad limitada
- Ubicación del crucero peatonal
- Falta de veredas y conectividad
- Falta de rampas para discapacitados
- Tiempos semafóricos inadecuados

C. Colisiones en intersecciones no semaforizadas

A continuación se presentan los tipos de colisiones más comunes que ocurren en intersecciones no semaforizadas y los posibles factores contribuyentes. Los factores contribuyentes mostrados pueden superponerse en varios tipos de colisiones. Esta lista no es exhaustiva y no puede ser exhaustiva debido a la variedad de condiciones locales. Los posibles factores contribuyentes para colisiones 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. Colisiones 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. Colisiones en cruces a nivel con ferrocarriles

A continuación, se presentan los posibles factores contribuyentes a colisiones comunes en cruces ferroviarios. Esta lista no es exhaustiva y no puede ser exhaustiva debido a la variedad de condiciones locales. 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 prioritaria que despeje rieles
- 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

E. Colisiones con peatones y ciclistas en general

Los tipos comunes de colisiones con peatones y ciclistas y posibles factores contribuyentes son:

- Distancia de visibilidad limitada
- Segregación inadecuada entre peatones y vehículos
- Dispositivos de control de tránsito inadecuadas
- 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 colisiones con ciclistas:

- Distancia de visibilidad limitada
- Señalización inadecuada
- Marcas en el pavimento inadecuada
- 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

4.4.4 Selección de las Medidas Mitigadoras

Existen tres pasos principales para seleccionar una o más medidas mitigadoras:

a. Identificar factores contribuyentes a las causas de las colisiones.

b. Identificar medidas mitigadoras que se contrapongan a estos factores contribuyentes.

c. Realizar el análisis beneficio-costo para seleccionar una medida adecuada (PASO 4).

Existe información sobre el efecto de diferentes contramedidas, estos son Factores de Modificación de Colisiones (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 pagina web se encontraran miles de FMCs que podrán ser buscados y seleccionados con facilidad. Los FMCs representan los cambios estimados en la frecuencia de colisiones con la implementación de una determinada contramedida. En la actualidad no existen FMCs desarrollados en Perú, sin embargo el Paso 6 explica el proceso para su desarrollo a futuro. Un valor del FMC menor a 1.0 indica que la contramedida causa una reducción en las colisiones. 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 colisiones se reducirá en 39% después de modificar el diseño de la intersección.

Algunas medidas pueden tener diferentes efectos sobre diferentes tipos de colisiones 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 colisiones por alcance y un FMC de 0.40 para colisiones de giro izquierda. Esto sugiere que la contramedida indicada puede incrementar las colisiones por alcance en 58% pero al mismo tiempo reducir las colisiones de giro izquierda en 60%.

Finalmente, los factores de modificación de colisiones pueden ser desarrollados localmente usando procedimientos descritos en el PASO 6.

En algunos casos un factor contribuyente específico puede no ser fácilmente identificable, incluso cuando existe un patrón de colisiones 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.

4.5 PASO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

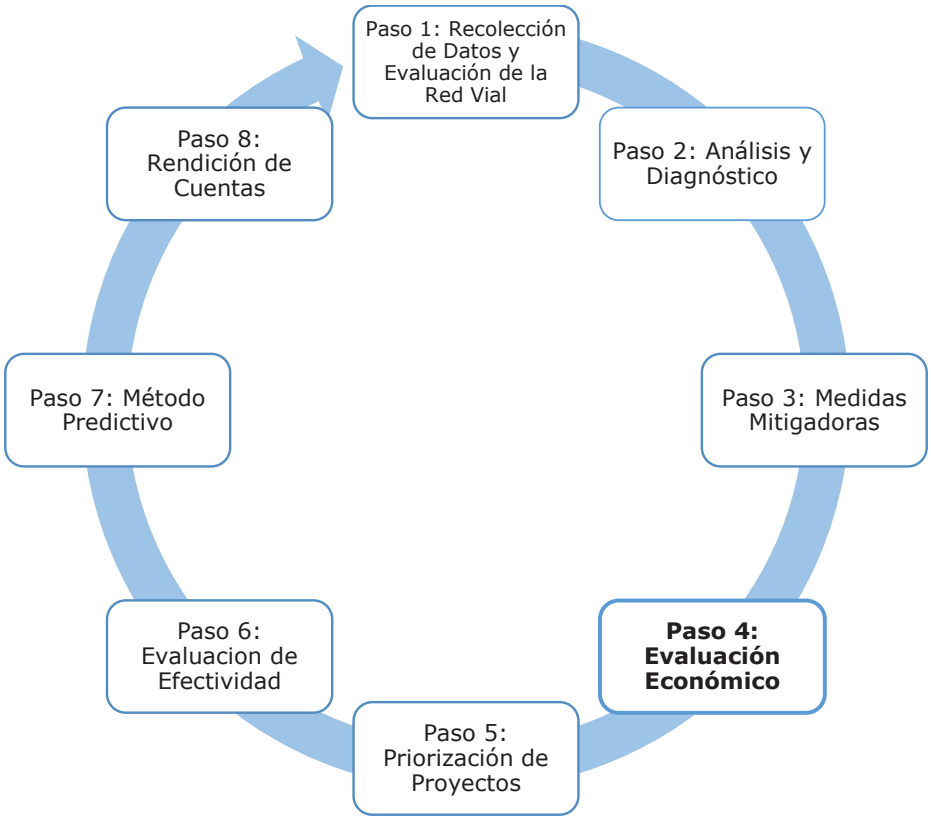
4.5.1 Introducción

La evaluación económica se lleva a cabo para comparar los beneficios de las posibles medidas mitigadoras de colisiones con los costos de un determinado proyecto.

Este análisis debe realizarse siguiendo los lineamientos del Sistema Nacional de Inversion Publica (SNIP) que se encuentran en la pagina web del Ministerio de Economia y Finanzas. Se deberá utllzar el Anexo 10 como guía general, sin embargo dado que no existen lineamientos para estudios de seguridad vial, la información SNIP deberá complementarse con la información de este manual. En particular los costos sociales de colisiones con muertos, heridos y daños materiales no se presentan en el sistema SNIP actualmente y por lo tanto deberán utilizarse los costos incluidos en este manual. Para estudios de seguridad vial, se deberá utilizar los indicadores: BENEFICIO COSTO, y valor actual neto social (VANS) descritos en el Anexo SNIP 10 .

Las evaluaciones económicas se realizan después de la evaluación de red vial (PASO 1), diagnostico de los lugares seleccionados (PASO 2) y la identificación de posibles medidas mitigadoras (PASO 3). La siguiente figura muestra los pasos del proceso de gestión de seguridad vial.

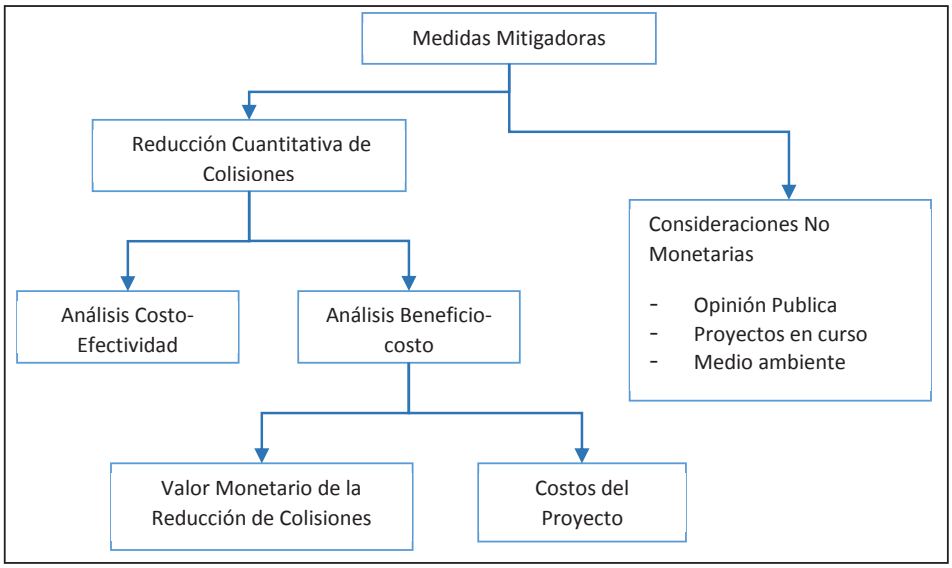
Figura 148. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

En una evaluación económica, el costo del proyecto se trata en términos monetarios. Existen dos tipos de evaluaciones económicas: beneficio-costo y costo-efectividad de un proyecto. Ambos métodos empiezan cuantificando los beneficios de un proyecto propuesto, expresado como la variación estimada en la frecuencia o gravedad de colisiones. En el análisis beneficio-costo, el cambio esperado en la frecuencia o gravedad de las colisiones se convierte en valores monetarios, el cual posteriormente se compara con el costo de implementación de la medida mitigadora. En el análisis de costo-efectividad, el cambio en la frecuencia de colisiones se compara directamente con el costo de aplicación de la medida mitigadora. Este capítulo también presenta métodos para estimar los beneficios si se desconoce el cambio en la frecuencia de colisiones. La siguiente figura presenta un esquema del proceso de evaluación económica.

Figura 149. Proceso de la Evaluación Económica



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

Como resultado del proceso de evaluación económica, las medidas mitigadoras para un lugar pueden ser ordenadas en forma descendente o ascendente según las siguientes características:

- Costo del proyecto
- Beneficio monetario del proyecto
- Reducción en el número de colisiones totales
- Reducción en el número de colisiones fatales o graves
- Reducción en el número de colisiones leves
- Valor actual neto (VAN)
- Relación de beneficio-costo (RBC)
- Índice de costo-efectividad

La selección y evaluación de diferentes alternativas en base a estas características puede ser utilizada para priorizar proyectos (PASO 5).

4.5.2 Definición del Costo de Colisión

El costo de las colisiones en el Perú se presenta a continuación. Estos costos se derivaron del costo actual de colisiones en el Estado de Florida de Estados Unidos. Se dividio el costo utilizado en Florida entre cinco tomando en cuenta los PBI per capita de cada país.

Tabla 49. Costo de Cada Colision en el Perú por Gravedad

Gravedad de Colision	Costo (S/.)
Fatal (F)	S/. 6,464,000.00
Heridos Incapacitados (A	S/. 523,927.04
Heridos Graves (B)	S/. 104,482.56
Heridos Leves (C)	S/. 63,772.80
Daños Materiales (O)	S/. 4,160.00

Fuente: Florida Roadway Design Bulletin 14-12. Costos ajustados a soles y divididos entre cinco.

Estos valores pueden ser utilizados al momento de realizar los cálculos beneficio/costo de un proyecto.

4.5.3 Beneficios y Costos del Proyecto

Además de los beneficios asociados a un cambio en la frecuencia de colisiones, los beneficios del proyecto tales como el tiempo de viaje, impacto ambiental y disminución de la congestión son también considerados en la evaluación integral de un proyecto. Sin embargo, los beneficios presentados en el PASO 4 se refieren únicamente a los cambios en la frecuencia de colisiones. Otros beneficios tales como el ahorro del tiempo de viaje y la reducción en el consumo de combustible no se tratan en este manual.

El método predictivo del MSV presentado en el PASO 7 brinda un método confiable para estimar el cambio en la frecuencia promedio de colisiones debido a una medida mitigadora. Después de aplicar el método predictivo del PASO 7 para determinar el promedio esperado de colisiones en condiciones existentes y propuestas, este cambio se convierte en un valor monetario utilizando los valores de la tabla anterior.

4.5.4 Datos Necesarios

Los datos necesarios para calcular el cambio en la frecuencia de colisiones debido a la aplicación de medidas mitigadoras son presentados en el siguiente cuadro.

Tabla 50. Datos Necesarios Para Calcular el Beneficio del Proyecto

Actividad	Datos Necesarios para Calcular el Beneficio del Proyecto
Cálculo del Beneficio Monetario:	
Estimar el cambio de severidad de colisiones	Historial de colisiones de gravedad
	Volumen promedio anual del tráfico diario (IMD) actual y futuro
	Año de implementación de medidas mitigadoras
	Formula Predictiva de Colisiones (FPC) para un lugar actual y futuro(si es necesario)
	FMC para todas las medidas en estudio
	Valor monetario de colisiones por gravedad
	Cambio en la frecuencia de colisiones
	Vida útil de la medida mitigadora
	Tasa de descuento (Tasa de Retorno Mínimo – TIR)
Cálculo de Costos:	
Calcular los costos de construcción e implementación	Sujeto a factores locales
Convertir costos a valor actual	Vida útil de la(s) medida(s) mitigadora(s)
	Cronograma de las etapas del proyecto, costos de mantenimiento

4.5.5 Evaluación de los Beneficios Esperados de un Proyecto

Esta sección describe los métodos para estimar los beneficios esperados de un proyecto, basándose en el cambio estimado de colisiones. El método utilizado dependerá del tipo de medida mitigadora y la cantidad de investigación que se llevará a cabo.

4.5.5.1 Estimación del Cambio en la Frecuencia de Colisiones

El método predictivo del PASO 7 presenta procedimientos para estimar la frecuencia promedio de colisiones cuando se conocen las características geométricas y de control de tráfico. Esta sección presenta tres métodos en orden de confiabilidad para estimar la variación esperada en número de colisiones al implementarse una contramedida o al evaluarse alternativas de diseño. Estos son:

- Método 1.- Aplicar el método predictivo del PASO 7 para estimar la frecuencia promedio de colisiones, tanto para condiciones existentes como condiciones propuestas. Esto se logra únicamente cuando existen formulas predictivas aplicables a la via estudiada.
- Método 2.- Aplicar el método predictivo del PASO 7 para estimar la frecuencia promedio de colisiones de condiciones existentes y aplicar un Factor de Modificación de Colisiones (FMC) para estimar la frecuencia de colisiones en condiciones propuestas.
- Método 3.- Se observa la frecuencia de colisiones para estimar la frecuencia promedio de colisiones existentes y se aplica un FMC apropiado para estimar la frecuencia promedio de colisiones en condiciones propuestas.

4.5.5.2 Estimación Cuando Factores de Modificación de Colisiones no están Disponibles

Cuando no existe ningún método predictivo del PASO 7, se utiliza únicamente data observada que es menos confiable que una formula predictiva de colisiones (FPC). Los resultados de este análisis se consideran inciertos debido a la aleatoriedad de las colisiones observadas descrita anteriormente.

4.5.5.3 Conversión de Beneficios a Valor Monetario

Convertir la variación estimada de la frecuencia de colisiones a un valor monetario es relativamente simple utilizando los costos presentados en este manual. En primer lugar, el cambio estimado en la frecuencia de colisiones se convierte en un valor monetario anual. Este valor monetario anual puede o no ser uniforme a lo largo de la vida útil del proyecto. Por lo tanto, con el fin de obtener una comparación valida, el valor anual se convierte a un valor actual. Este cálculo consiste en multiplicar el número de colisiones reducidas por su costo respectivo, para cada gravedad de colisión. Luego se suman los costos para obtener un valor total de beneficios.

4.5.6 Estimación del Costos del Proyecto

La estimación de costos de un proyecto con la implementación de una medida de mitigación, sigue los mismos procedimientos que un proyecto regular. Al igual que en otros proyectos de mejora de vías, los costos del proyecto son únicos para cada lugar y para cada medida(s) propuesta. El costo de implementación de una medida de mitigación o conjunto de medidas podrían incluir una variedad de factores, por ejemplo, el derecho de vía, costos de materiales de construcción, clasificación y movimiento de tierras, reubicación de servicios públicos, impactos ambientales, mantenimiento y otros costos, incluyendo cualquier planificación y trabajo de diseño de ingeniería antes de la construcción.

Los costos del proyecto se expresan como valores actuales para el uso en la evaluación económica. La construcción del proyecto o los costos de implementación son típicamente valores actuales, pero los gastos anuales o futuros deben ser convertidos en valores actuales utilizando la misma relación para los beneficios del proyecto presentados en la sección **¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**.

4.5.7 Métodos de Evaluación Económica

Existen dos objetivos principales en una evaluación económica de medidas mitigadoras:

- Determinar si un proyecto es económicamente justificable (es decir, los beneficios son mayores a los costos) y
- Determinar qué proyecto o alternativa es más rentable

Los dos métodos son presentados en la Seccion 4.5.7.1. Un método diferente es descrito en la sección 4.5.7.2 que se puede utilizar para satisfacer el objetivo secundario. Los procesos se dan paso a paso para el uso de cada uno de estos métodos, junto con un resumen de las ventajas y limitaciones de cada uno.

En situaciones donde se utiliza la evaluación económica para comparar múltiples alternativas o proyectos en un solo lugar, los métodos presentados en el PASO 5 pueden ser aplicados para priorizar proyectos.

4.5.7.1 Procedimientos Para el Análisis de Beneficio-Costo

El valor actual neto y la relación de beneficio-costo se describen en esta sección. Estos métodos se utilizan comúnmente para evaluar la eficiencia económica y la viabilidad de un proyecto. En esta sección se presenta un método para evaluar las medidas mitigadoras de un proyecto destinado a reducir la frecuencia promedio o gravedad de colisiones.

Valor Actual Neto (VAN)

El método del Valor Actual Neto (VAN) también se conoce como el método del Valor Neto Presente (VNP). Este método se utiliza para analizar la diferencia entre los costos reducidos y los beneficios descontados en una sola cantidad del proyecto. El término "descuento" indica que los costos y beneficios monetarios se convierten en un valor actual que utiliza una tasa de descuento.

Relación de Beneficio-costo (RBC)

La relación beneficio-costo se obtiene calculando los beneficios en valor actual y los costos en valor actual generados al desarrollarse un proyecto (RBC = Relación Beneficios/Costos). Si la relación es mayor a 1.0, entonces el proyecto se considera económicamente justificable.

Las medidas mitigadoras se clasifican de mayor a menor RBC. Posteriormente se puede utilizar un análisis incremental de beneficio-costo para priorizar proyectos (PASO 5).

4.5.7.2 Procedimientos Para el Análisis de Costo-Efectividad

En el análisis de costo-efectividad el cambio en la frecuencia promedio de colisiones no se cuantifica en valor monetario, pero se compara directamente con los costos del proyecto.

La rentabilidad de un proyecto para implementar medidas mitigadoras se expresa como el costo anual por colisiones reducidas. Tanto el costo del proyecto y la frecuencia promedio de colisiones reducidas deben analizarse en el mismo período de tiempo, ya sea sobre una base anual o durante toda la vida del proyecto. Este método requiere estimar la variación de colisiones y estimar los costos asociados con la implementación de la medida mitigadora. Sin embargo, el cambio en la frecuencia de colisiones estimadas no se convierte en un valor monetario.

4.5.8 Consideraciones No Monetarias

En la mayoría de casos, los principales beneficios de un proyecto se estiman en base a los cambios en la frecuencia promedio de colisiones y lesiones o valores monetarios. Sin embargo,

hay muchos factores que no están directamente relacionados con los cambios en la frecuencia de colisiones. Las consideraciones no monetarias incluyen:

- Demanda publica
- Percepción del público y la aceptación de los proyectos de seguridad vial
- Políticas locales
- Calidad del aire, ruido y otros aspectos ambientales
- Necesidades de movilidad
- Contexto social y ambiental

Por ejemplo, una rotonda normalmente presenta beneficios cuantitativos y cualitativos para una comunidad. Los beneficios cuantitativos incluyen en general la reducción de demora para los conductores, la reducción del consumo de combustible y la reducción de colisiones graves con heridos en una intersección. Cada uno se podría convertir en un valor monetario para el cálculo de costos y beneficios.

Algunos ejemplos de beneficios que no es posible cuantificar o dar un valor monetario podrían incluir:

- Mejorar la estética de una intersección en comparación con otros dispositivos de control de tráfico.
- Establecer un cambio de carácter físico que indica el ingreso a una comunidad (análisis de ingreso) o el cambio en la clasificación vial.
- Facilitar el desarrollo económico de un área.
- Servir como herramienta de gestión de acceso,
- Mayor capacidad de giro en "U"

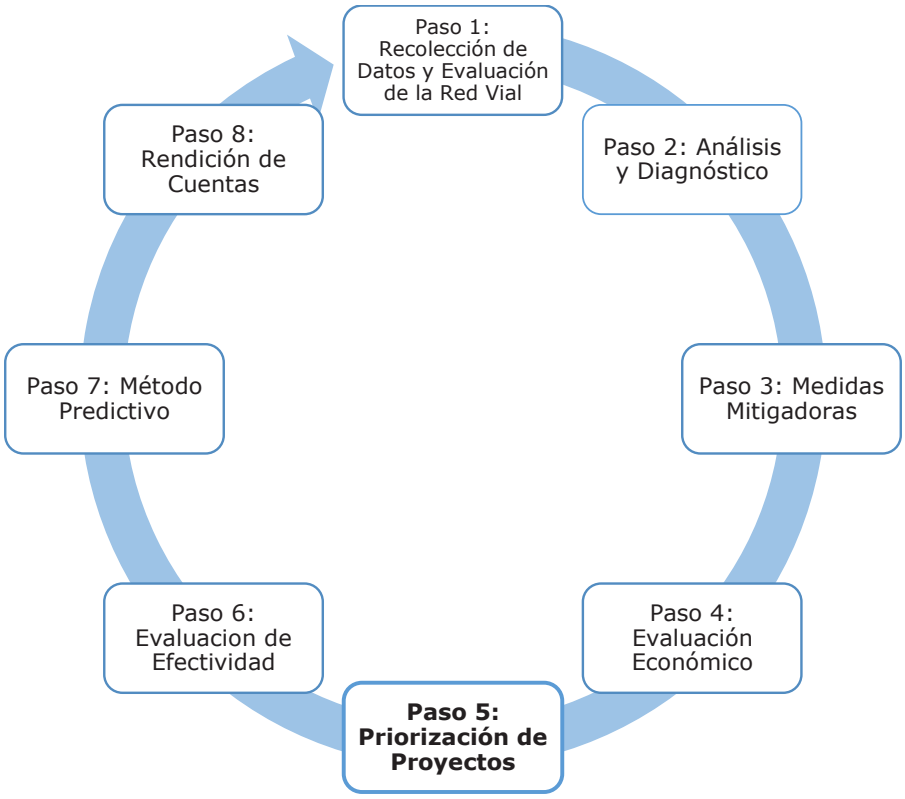
Para proyectos destinados principalmente a reducir la frecuencia de colisiones o gravedad de las colisiones, un análisis de beneficio-costo en términos monetarios debe servir como herramienta para tomar decisiones y como aspecto secundario los factores cualitativos.

4.6 PASO 5: PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS

4.6.1 Introducción

El PASO 5 presenta métodos para priorizar proyectos de medidas mitigadoras. Antes de realizar la priorización, 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 por los procedimientos presentados en el PASO 4 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 150. Proceso de Administración de la Seguridad Vial

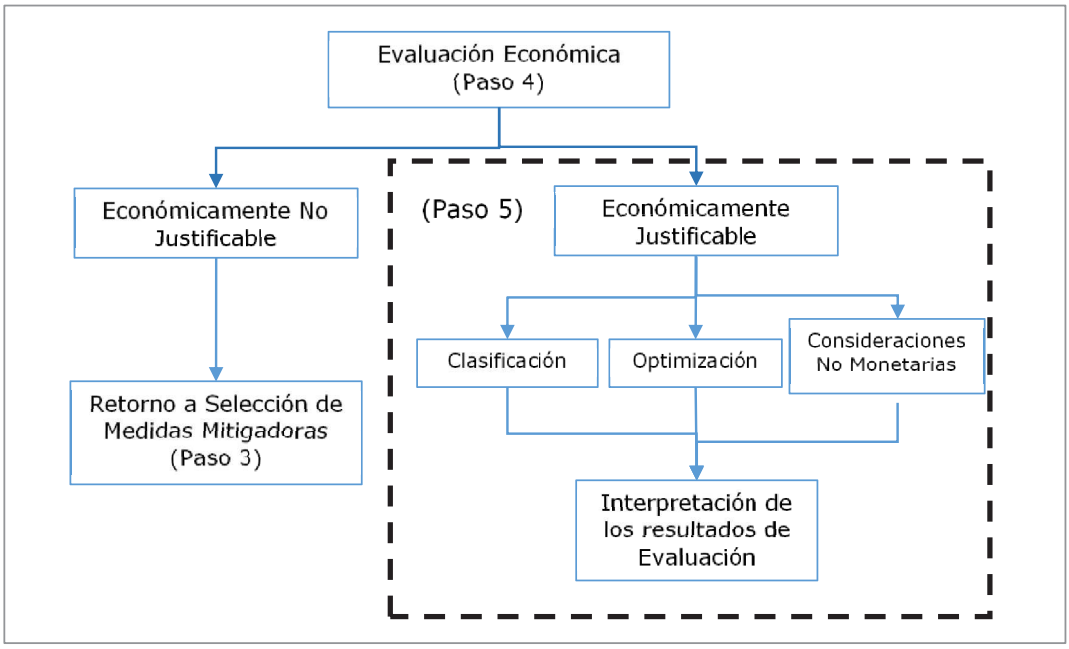


Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

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.

Este paso incluye una descripción general de técnicas sencillas de jerarquización y optimización para priorizar proyectos. Los métodos de priorización presentados en este paso son aplicables principalmente para optimizar un sistema vial. Sin embargo, también estos 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 151. Proceso de Priorización de Proyectos



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

4.6.2 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.

A. 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 colisiones totales reducidas,
- Número de colisiones fatales y con lesiones graves reducidas,
- Número de colisiones 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.

B. 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 (paso 4).
- 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.

C. 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).

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 colisiones es el único objetivo. Ahora bien, en muchas de las decisiones relacionadas con proyectos de mejora de carreteras, la reducción de colisiones 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 logaritmos pueden considerar al mismo tiempo la reducción de colisiones, 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 una 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).

4.6.3 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 colisiones.

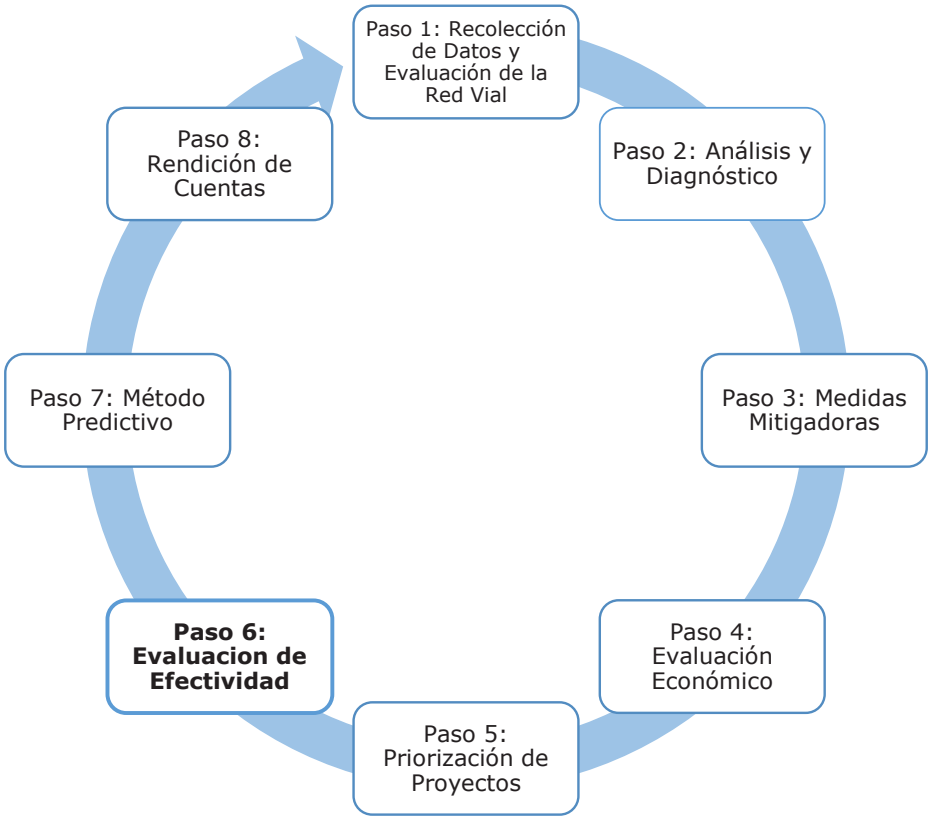
Existen también factores no monetarios a ser considerados, como se menciona en el PASO 4. Estos factores pueden influir en la asignación final de los recursos económicos a través del criterio de toma decisiones mediante una asignación de recursos considerando múltiples objetivos. Al igual que en muchos 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.

4.7 PASO 6: EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD

4.7.1 Introducción al Capitulo

La evaluación posterior de colisiones 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 colisiones 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 Colisiones (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 colisiones 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 152. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

4.7.2 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 las colisiones. Este capítulo ofrece una introducción de los métodos que pueden ser utilizados, destacando los métodos más apropiados para diferentes situaciones.

4.7.3 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 las colisiones. 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 colisiones o su gravedad.

La siguiente sección presenta un resumen de los diferentes estudios que se pueden realizar para evaluar la efectividad.

4.7.4 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 colisiones porque debe considerarse el cambio en la frecuencia de colisiones 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 colisiones, 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 (colisiones 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 colisiones para poder realizar una comparación objetiva, es decir para tener una base de comparación.

Tabla 51. Esquema Genérico para Estudios de Evaluación de la Efectividad

Tipo de Lugar	Data de Colisiones Antes de las Mejoras	Data de Colisiones Después de las Mejoras
Lugares con mejoras		
Lugares sin mejoras		

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.

A. Estudios Observacionales Antes/Después

Este es el diseño más común para estudios de efectividad. Este diseño de estudio requiere data de frecuencia de colisiones 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 las colisiones. Los estudios de comparación simple no son recomendados dado su bajo nivel de confiabilidad. La siguiente tabla detalla este diseño de estudio.

Tabla 52. Estudios Observacionales Antes/Después – Requisitos de Data

Tipo de Lugar	Data de Colisiones Antes de las Mejoras	Data de Colisiones Después de las Mejoras
Lugares con mejoras	X	X
Lugares sin mejoras	X	X

B. 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 colisiones 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 colisiones 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 colisiones en el tiempo. Sin embargo es aceptable cuando

no existe suficiente data como para aplicar el diseño anterior (Estudios Observacionales Antes/Después).

La siguiente tabla detalla este diseño de estudio.

Tabla 53. Estudios Observacionales Comparativos Paralelos

Tipo de Lugar	Data de Colisiones Antes de las Mejoras	Data de Colisiones Después de las Mejoras
Lugares con mejoras		X
Lugares sin mejoras	X	

C. 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 valido se deben asignar las contramedidas a un grupo de lugares al azar. La siguiente tabla detalla este diseño de estudio.

Tabla 54. Estudios Observacionales Comparativos Paralelos

Tipo de Lugar	Data de Colisiones Antes de las Mejoras	Data de Colisiones Después de las Mejoras
Lugares con mejoras	X	X
Lugares sin mejoras		

4.7.5 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 las colisiones. 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.

4.7.6 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 las colisiones. 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 validos puede variar ampliamente en función de la magnitud de la reducción de colisiones y la variabilidad de esta magnitud del lugar a lugar.

4.7.7 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 colisiones (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 – (Efectividad en porcentaje). Es decir si una medida mitigadora genera un 30% de reducción en colisiones, 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:

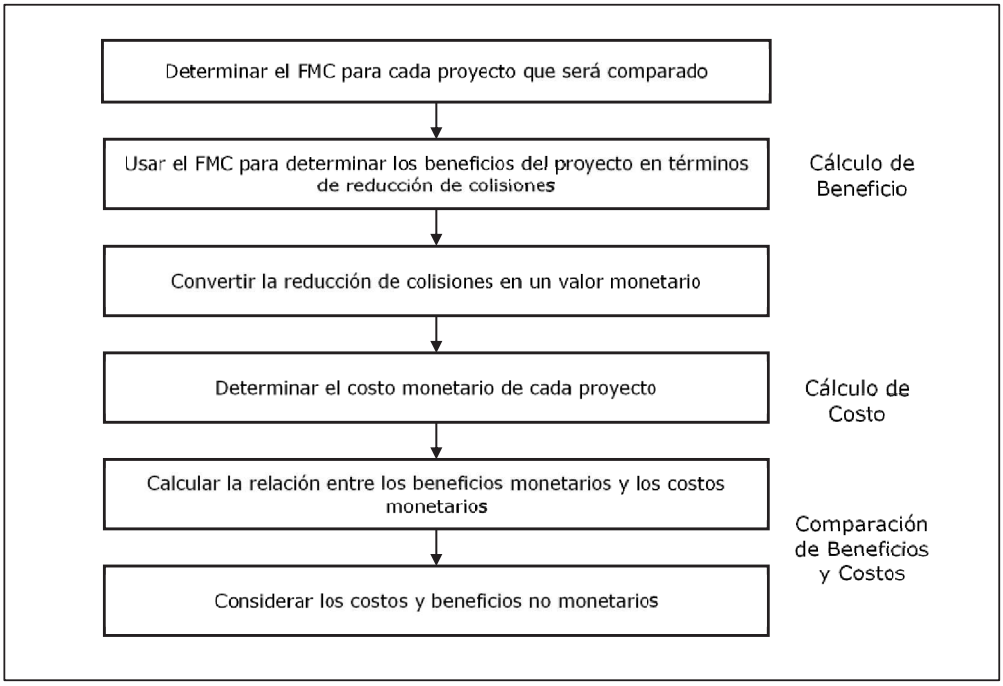
Ecuación N° 21. Desarrollo de Factor de Modificación de Colisiones

$$\text{FMC} = \frac{\text{Colisiones antes de la contramedida}}{\text{Colisiones despues de la contramedida}}$$

4.7.8 Evaluación de Costos y Beneficios de Proyectos Implementados

Para comparar los beneficios de la reducción de colisiones, el primer paso es determinar un FMC para los proyectos, tal como se describió en la sección anterior. Los procedimientos de análisis económico que se presentaron en el PASO 4 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 153. Información General de la Comparación de Costos y Beneficios de Proyectos Implementados



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

4.8 PASO 7: MÉTODO PREDICTIVO

4.8.1 Introducción

Este método sirve para predecir la frecuencia promedio esperada de colisiones (incluyendo el nivel de gravedad y los tipos de colisiones) en una vía. Debido a su característica predictiva, se puede estimar la frecuencia de colisiones pasadas, existentes, e inclusive predecir colisiones 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.

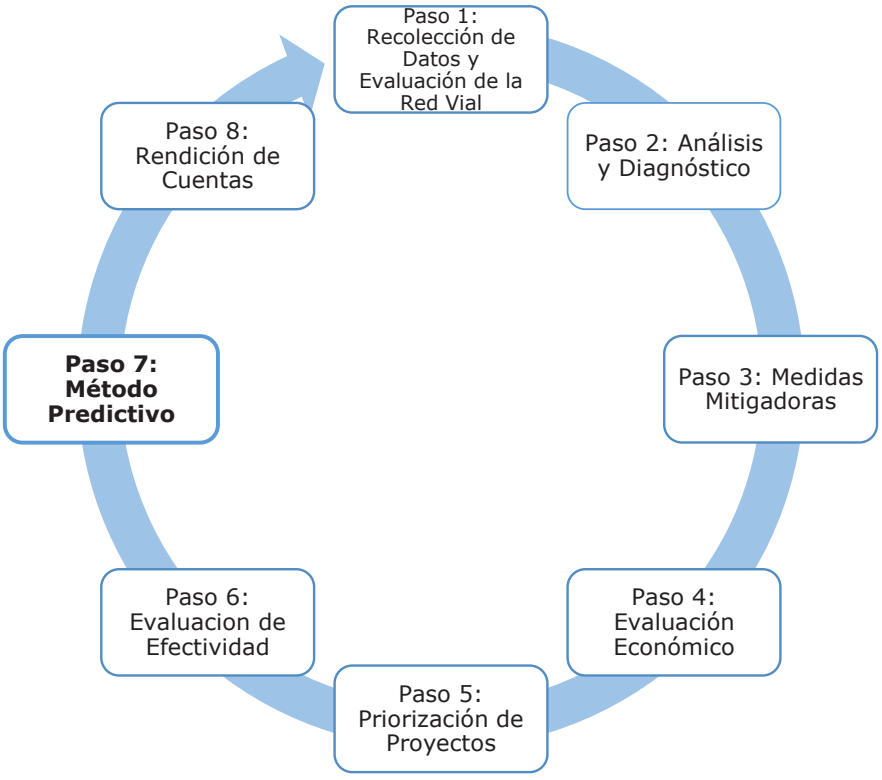
Este método permite evaluar cuantitativamente el impacto sobre la seguridad vial de cualquier proyecto de infraestructura vial, inclusive proyectos aun no construidos que por lógica aun no tienen historial de colisiones. Esto permite cuantificar monetariamente el impacto de un determinado proyecto lo 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 154. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

4.8.2 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 Colisiones (FPC). Como se puede observar el $N_{esperado}$ representa la predicción del número de colisiones, es decir el resultado final. El N_{fpcx} representa una predicción inicial de la frecuencia de colisiones 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 colisiones (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 (Cx) 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 Peruanas.

Ecuación N° 22. 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 colisiones para un determinado lugar por "x" años
- N_{fpcx} = Predicción de la frecuencia promedio de colisiones para condiciones básicas en un lugar "x"
- F_{MC2x} = Factores de modificaciones de colisiones 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 colisiones observadas, el Método Empírico de Bayes (EB) se puede aplicar dentro del método predictivo para combinar el número de colisiones observadas con el numero de colisiones calculadas con una FPC. Es decir se combina $N_{esperado}$, con la frecuencia de colisiones observadas en campo, $N_{observadas}$. Esto permite obtener una predicción del número de colisiones 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 colisiones observadas en campo a la vez que una FPC.

Las ventajas del método predictivo son:

a. El método se basa en la experiencia cuantitativa por lo tanto se pueden corregir errores ANTES de ser construidos.
b. 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 colisiones esperadas a futuro.
c. El problema de la regresión a la media (variación natural de las colisiones) se elimina con este método.

Las formulas predictivas y guía de aplicación se presentan en detalle en el AASHTO Highway Safety Manaul, 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)

4.8.3 Formulas Predictivas

El método predictivo consiste de una metodología para estimar la frecuencia promedio de colisiones esperadas, nivel de severidad de las colisiones y tipos de colisiones 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.

4.8.3.1 Vías Urbanas

A. Generalidades

La siguiente ecuación es la ecuación general para estimar la frecuencia promedio de colisiones 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 colisiones peatonales y bicicletas.

Ecuación N° 23. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Urbanas

$$N_{predecidas} = \left(N_{fpc\ x} \times (FMC_{1x} \times FMC_{2x} \times \ldots \times FMC_{yx}) + N_{peax} + N_{bicx}\right) \times C_x$$

Donde:

- $N_{predecidas}$ = Frecuencia promedio de colisiones predecidas para un año específico y lugar "x"
- $N_{fpc\ x}$ = Frecuencia promedio de colisiones predecidas para condiciones básicas de la FPC en un lugar "x"
- N_{peax} = Número promedio de colisiones vehículo-peatón predecidas por año para un lugar "x"
- N_{bicx} = Número promedio de colisiones vehículo-bicicleta predecidas por año para un lugar "x"
- FMC_{yx} = Factor de modificación de colisiones 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"

B. Funciones de Predicción de Colisines (FPCs) – Vias Urbanas

Las FPCs son modelos de regresión para estimar la frecuencia de colisiones 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 colisiones 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 colisiones. La predicción final es la suma de estas cinco. Cada tipo de colision se calcula con una formula predictiva independiente. El siguiente cuadro presenta un resumen de las formulas predictivas y los tipos de colisiones que se calculan. Mayor detalle sobre este método se encuentra en el Capítulo 12 del AASHTO Highway Safety Manual, 2010.

Tabla 55. Funciónes de Predicción de Colisiones en Vías Urbanas

Formula Predictiva	Tipos de Colisiones
1	Colisiones de múltiples vehículos
2	Colisiones de un solo vehículo
3	Colisiones de múltiples vehículos relacionadas a las vías
4	Colisión vehículo-peatón
5	Colisión vehículo-bicicleta

Adicionalmente el método predictivo permite el calculo 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).

C. Factores de Modificación de Colisiones

Los factores de Modificación de Colisiones (FMCs) son usados para ajustar las frecuencias de colisiones 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 colisiones.

Tabla 56. FMCs y los Correspondientes FPCs

FMC	Descripción
FMC_{1v}	Estacionamiento en la vía
FMC_{2v}	Objetos fijos en la vía
FMC_{3v}	Ancho de la mediana
FMC_{4v}	Iluminación
FMC_{5v}	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 peruana si se desea aplicar estas formulas en Peru.

4.8.3.2 Vías Rurales de Dos Carriles con Doble Sentido de Circulación

A. Generalidades

Este método es usado para estimar la frecuencia promedio de colisiones esperadas 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 seran cambiados y el volumen del tráfico (IMD) son conocidos o pronosticados. La siguiente ecuación, es la ecuación general para estimar la frecuencia promedio de colisiones predecidas en una vía rural de dos carriles. Esta ecuación es similar a la que se utilizo para vías urbanas a excepción de las variables para colisiones con peatones y ciclistas.

Ecuación N° 24. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Rurales de Dos Carriles

$$N_{predecidas} = N_{fpc\ x} \times (FMC_{1x} \times FMC_{2x} \times ... \times FMC_{yx}) \times C_x$$

Donde:

- $N_{predecidas}$ = Frecuencia promedio de colisiones predecidas para un año específico y un lugar "x";
- $N_{fpc\ x}$ = Frecuencia promedio de colisiones predecidas para condiciones básicas de la FPC en un lugar "x";
- FMC_{yx} = Factor de modificación de colisiones 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".

B. Función de Predicción de Colisiones (FPC)

Las FPCs son modelos de regresión para estimar la frecuencia de colisiones 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 colisiones predecidas 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 numero total de colisiones mediante una única formula 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 57. 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° 25. Formula predictiva para condiciones básicas de una via rural de dos carriles

$$N_{fpc\,vr} = IMD \times L \times 365 \times 10^{-6} \times e^{(-0.312)}$$

Donde:

- $N_{fpc\,vr}$ = Frecuencia total de colisiones predecidas para condiciones básicas de la vía
- IMD = Volumen promedio del tráfico diario anual (vehículos por día)
- L = Longitud de la vía (km)

C. Factores de Modificación de Colisiones (FMC)

Los factores de Modificación de Colisiones (FMCs) son usados para ajustar las frecuencias de colisiones 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 colisiones.

Tabla 58. Factores de Modificación de Colisiones (FMC) para Vias Rurales de Dos Carriles

FMC	Descripción
FMC_{1rd}	Ancho de carril
FMC_{2rd}	Ancho y tipo de berma
FMC_{3rd}	Curvas horizontales: distancia, radio, y presencia o ausencia de transiciones
FMC_{4rd}	Curvas horizontales: peralte
FMC_{5rd}	Pendiente
FMC_{6rd}	Densidad de la vía
FMC_{7rd}	Bandas sonoras en la línea central
FMC_{8rd}	Carril de paso
FMC_{9rd}	Carriles de doble sentido con giro izquierda
FMC_{10rd}	Diseño de la vía
FMC_{11rd}	Iluminación
FMC_{12rd}	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 peruana si se desea aplicar estas formulas en Peru.

4.8.3.3 Vías Rurales de Múltiples Carriles

A. Generalidades

Este método es usado para estimar la frecuencia promedio de colisiones esperadas 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 seran cambiados y el volumen del tráfico (IMD) son conocidos o pronosticados. La siguiente ecuación, es la ecuación general para estimar la frecuencia promedio de colisiones predecidas en una vía rural de múltiples carriles. Esta ecuación es similar a la que se utilizo para vías rurales de dos carriles.

Ecuación N° 26. Formato Básico del Método Predictivo para Vías Rurales de Multiples Carriles

$$N_{predecidas} = N_{fpc\ x} \times (FMC_{1x} \times FMC_{2x} \times ... \times FMC_{yx}) \times C_x$$

Donde:

- $N_{predecidas}$ = Frecuencia promedio de colisiones predecidas para un año específico y un lugar "x";
- $N_{fpc\ x}$ = Frecuencia promedio de colisiones predecidas para las condiciones de la FPC en un lugar "x";
- FMC_{yx} = Factor de modificación de colisiones 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".

B. Función de Predicción de Colisiones

Las FPCs son modelos de regresión para estimar la frecuencia de colisiones promedio predecidas de una vía rural de multiples 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 colisiones predecidas para una vía rural de multiples carriles bajo condiciones básicas y las variables independientes son los IMDs, y características físicas de la vía. El método predictivo para vías rurales de multiples carriles es levelmente mas compleja que el método para vías de dos carriles y consiste de predecir únicamente el numero total de colisiones mediante dos formulas 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 multiples carriles antes de los ajustar a condiciones locales se presenta en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 27. Formula predictiva para condiciones básicas de una via rural de multiples carriles

$$N_{fpc\ r} = e^{(a + b \times \ln(IMD) + \ln(L))}$$

Donde:

- $Nf_{pc\ r}$ = Frecuencia promedio de colisiones 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.

Tabla 59. Condiciones básicas para vías rurales de múltiples carriles

	Vias Divididas	**Vias sin Division**
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

C. Factores de Modificación de Colisiones

Los factores de Modificación de Colisiones (FMCs) son usados para ajustar las frecuencias de colisiones estimadas con las FPC. Los FMCs disponibles para vías rurales de multiples carriles se presentan en la siguiente tabla. Estos factores se multiplican por las FPCs para calcular una predicción final de colisiones.

Tabla 60. Factores de Modificación de Colisiones par Vías Rurales de Múltiples Carriles

FPC	**FMC**	**FMC - Descripción**
Vías Rurales No Divididas	FMC_{1rmn}	Ancho de carril
	FMC_{2rmn}	Ancho y tipo de berma
	FMC_{3rmn}	Pendientes laterales
	FMC_{4rmn}	Iluminación
	FMC_{5rmn}	Fiscalización automatizada de velocidad
Vías Rurales Divididas	FMC_{1rmd}	Ancho de carril
	FMC_{2rmd}	Ancho de berma derecha
	FMC_{3rmd}	Ancho de mediana
	FMC_{4rmd}	Iluminación
	FMC_{5rmd}	Fiscalización automatizada de velocidad

4.8.4 Factores de Modificación de Colisiones en el Método Predictivo

Los FMCs se utilizan para ajustar la frecuencia promedio esperada de colisiones en base a características propias de una via. La siguente formula muestra como se calcular un FMC para una determinada contramedida entre una condición inicial "a" y una condiciona final "b".

Ecuación N° 28. FMC

$$FMC = \frac{Frecuencia\ promedio\ de\ colisiones\ \ en\ condición\ "b"}{Frecuencia\ promedio\ de\ colisiones\ \ en\ condición\ "a"}$$

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 (Capitulos 10, 11 y 12). Estos FMCs representan el cambio porcentual de colisiones que se espera al aplicarse una contramedida o al considerar alguna característica física de la via. La relación entre los FMC y el cambio porcentual de la frecuencia de colisiones se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación N° 29. Relación entre un FMC y el cambio porcentual de colisiones

$$Porcentaje\ de\ Reducción\ de\ Colisiones = 100\% * (1.00 - FMC)$$

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 colisiones.
- 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 colisiones.

4.8.5 Calibración de Formulas Predictivas para Condiciones Locales

Los modelos predictivos de los Capítulos 10, 11 y 12 del AASHTO Highay Safety Manual, 2010 presentan tres elementos básicos: las funciones de predicción de colisiones, los factores de modificación de colisiones, y el 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 peruana. 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 via, si el resultado de la comparación arroja un mayor numero de colisiones observadas que el valor de la formula predictiva. Igualmente el valor será manor a 1.0 si las colisiones observadas son menos que los valores obtenidos con las formulas predictivas. En la actualidad, no se han desarrollado factores de calibración para el Perú.

4.8.6 Limitaciones del Método Predictivo

El método predictivo se basa sobre estudios de investigación done hubo suficiente data disponible para describir las características geométricas de una via, y al mismo tiempo data de colisiones. Logicamente 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 colisiones no significa necesariamente que una característica de diseño geométrico o control de tráfico no tenga ningún efecto sobre la frecuencia de colisiones; 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.

4.9 PASO 8: RENDICIÓN DE CUENTAS

El proceso de rendición de cuentas es un paso fundamental y final después de haber completado los siete 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 colisiones 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.

4.9.1 Entidades Responsables

La entidad responsable de la seguridad vial en el Perú es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de su oficina de Normatividad. Adicionalmente el Consejo Nacional de Seguridad Vial es la entidad encargada de administrar el observatorio nacional de seguridad vial. Ambas 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 155. Proceso de Gestión de la Seguridad Vial



Fuente: Elaboración Propia de Especialistas

4.9.2 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:

a. Data utilizada para el análisis de seguridad vial
b. Resumen del análisis y diagnóstico realizado para el lugar estudiado
c. Selección preliminar de potenciales medidas mitigadoras
d. Evaluación económica de las medidas seleccionadas
e. Proceso de priorización y selección final de medidas mitigadoras
f. 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 las colisiones y el fenómeno de regresión a la media descrito anteriormente.

ANEXOS

5.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Como apoyo técnico al documento, a continuación, se presenta el glosario de términos con las principales definiciones utilizadas en el MSV. Las definiciones deberán ser utilizadas en el contexto de este Manual. En caso de que existieran otras definiciones para un término señalado en este glosario, primará la definición presentada en este Manual, salvo que la definición sea de un término contenido en textos legales.

Este glosario pretende complementar el "Glosario de Términos" de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial; documento realizado en junio de 2013 y aprobado por la Resolución Directoral número 18-2013-MTC/14.

Tras el glosario alfabetizado, se presentan las siglas y abreviaturas utilizadas a lo largo de todo el Manual de Seguridad Vial.

A

ACCIDENTE:

Cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada, con resultado de daño para las personas. Para tener en cuenta la causalidad de su aparición, en el presente documento se utilizará intercambiablemente el término siniestro y colisión.

ACERA:

Llamado también vereda, es parte de una vía urbana o de un puente destinada exclusivamente al tránsito de peatones.

AMORTIGUADOR DE IMPACTO:

Dispositivo de seguridad vial flexible, que tiene por finalidad absorber la energía de impacto de un vehículo, para contenerlo y/o redireccionarlo.

APARTADEROS:

Bahías de estacionamiento.

AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL:

Una Auditoría de Seguridad Vial es una comprobación independiente, pormenorizada, sistemática y técnica de la seguridad de las características de diseño de un proyecto de infraestructuras vial, aplicadas a las diferentes fases que van desde la planificación a la explotación en su fase inicial.

B

BARRERA DE PROTECCIÓN:

Elemento para impedir el despiste total de un vehículo hacia un área sin recuperación.

BERMA:

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carreta, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

BENEFICIO:

Ahorro generado por la reducción en la accidentalidad.

BOLARDO:

Poste de pequeña altura, fabricado en piedra o en metal, ya sea aluminio fundido, acero inoxidable o hierro, que se ancla al suelo para impedir el paso o el aparcamiento a los vehículos.

BORDILLO:

Lugar de unión entre la acera transitable por peatones y la calzada transitable por vehículos.

C

CALMADO DE TRÁNSITO:

Variedad de medidas (diseño, señalización, etc.) pensadas para adecuar el tránsito a las condiciones del entorno y mejorar la convivencia entre los distintos tipos de usuarios de las vías.

CAMINO:

Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

CARRETERA:

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

CARRIL:

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CARRIL ADICIONAL PARA LA CIRCULACIÓN LENTA:

Carril adicional para situado a la derecha de los principales, que permite desviarse a los vehículos que circulan con menor velocidad para permitir el adelantamiento de vehículos más rápidos.

CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD:

Carril destinado a incrementar o reducir la velocidad, desde los elementos de un acceso a la de la calzada principal de la carretera o viceversa.

CARRIL DE USO MIXTO:

Corredor donde el tren ligero circula al igual que todos los usuarios.

CARRILES EXCLUSIVOS:

Corredor segregado protegido por barreras o a desnivel.

CARRILES SEMIEXCLUSIVOS:

Corredor semi-segregado donde los vehículos, peatones y bicicletas tienen acceso limitado.

CHECK LIST:

Véase LISTA DE CHEQUEO.

CICLISTA:

Persona que se moviliza en bicicleta.

CICLOBANDA:

Senda sobre la calzada o vereda segregada del tránsito vehicular o peatonal solo por demarcación.

CICLOCALLE:

Vía convencional o peatonal donde circulan las bicicletas junto a otros vehículos motorizados y/o peatones.

CICLO-RUTA:

Red de facilidades para la circulación de bicicletas entre un origen y un destino.

CICLOVÍA:

Vía destinada al uso exclusivo de bicicletas, segregada físicamente del tránsito de vehículos motorizados.

CMF CLEARINGHOUSE:

Base de datos mantenida por la FHWA de Estados Unidos que recopila todos los factores de modificación de accidentes disponibles en la actualidad.

COLISIÓN:

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

COLISIÓN GIRO IZQUIERDA/DERECHA:

Colisión en la que un vehículo con trayectoria recta impacta a otro que intentaba girar a la izquierda o derecha.

COLISIÓN EN ÁNGULO RECTO:

Colisión en la que los vehículos impactan luego de trayectorias perpendiculares o cercanas a perpendiculares entre sí.

COLISIÓN POR ALCANCE:

Colisión en la que un vehículo impacta por atrás a otro que viaja en el mismo sentido.

COLISIÓN FRONTAL:

Colisión en la que dos vehículos viajando en sentidos opuestos y acercándose entre sí impactan frontalmente.

COLISIÓN PARALELA:

Colisión en la que dos vehículos viajando en el mismo sentido se impactan lateralmente.

COLISIÓN CON PEATÓN/BICICLETA

Colisión entre un vehículo motorizado y un peatón o una bicicleta.

CONFLUENCIA:

Tramo en que convergen flujos de tráfico similares.

CONO VISUAL:

Conjunto de rayos de luz que, reflejados por los objetos, llegan a nuestros ojos en cada una de nuestras miradas.

CONSERVACIÓN VIAL:

Ver MANTENIMIENTO VIAL.

CONSISTENCIA:

Coherencia entre los elementos de un conjunto.

CONTRAMEDIDA:

Proyecto que se aplica para mitigar el impacto directo de un tipo específico de colisiones.

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.

CORREDOR VIAL:

Conjunto de dos o más rutas continuas que se conforman con una finalidad específica.

COSTO:

Cantidad de dinero que cuesta implementar una contramedida.

CRUCE A DESNIVEL:

Ver PASO A DESNIVEL.

CRUCE A NIVEL:

Son cruces a nivel tanta calle/pista/carretera-ferrocarril y calle/pista/carretera-tren ligero.

CRUCE A NIVEL ACTIVO:

Intersección entre una vía vehicular y una vía ferroviaria con control vehicular mediante dispositivos mecánicos.

CRUCE A NIVEL PASIVO:

Intersección entre una vía vehicular y una vía ferroviaria con control vehicular por señales y demarcaciones únicamente.

CRUCE ESCOLAR:

Intersección cerca a los centros escolares.

CUNETA:

En calles, el ángulo formado por la calzada y el plano vertical producido por diferencia de nivel entre calzada y acera. En las carreteras, el foso lateral de poca profundidad.

D

DATA:

Información de accidentalidad registrada en una base de datos.

DEMARCACIÓN:

Marcas viales que se aplican sobre el pavimento y dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

DESPISTE:

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

DIRAGRAMA DE COLISIONES:

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 colisiones que ocurren en una determinada vía o intersección.

DISTANCIADORES:

Símbolo empleado para indicar al conductor la distancia mínima que debe mantener al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar.

E

EFICACIA:

Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

ELEMENTOS CONTINUOS:

Mobiliario urbano que se encuentra cerca y en todo el tramo de la cicloruta.

ELEMENTOS VIALES:

Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y obras complementarias.

EMERGENCIA VIAL:

Daño imprevisto que experimenta la vía por causa de las fuerzas de la naturaleza o de la intervención humana, y que obstaculiza o impide la circulación de los usuarios de la vía.

ENVOLTURA DINAMICA:

Espacio libre necesario para la proyección del tren como resultado de cualquier combinación de carga o movimiento lateral.

ESTANDARIZAR:

Ajustar a una norma.

F

FACTOR DE MODIFICACIÓN DE ACCIDENTES:

Factor de Modificación de Accidentes: Factor utilizado para calcular el efecto de una contramedida sobre la accidentalidad.

FACTORES HUMANOS:

Comportamientos relacionados exclusivamente a psicología, fisiología, o quinesiología humana.

FERROCARRIL:

Sistema de transporte terrestre de personas y mercancías guiado sobre una vía férrea.

FISCALIZACIÓN DE SEGURIDAD VIAL:

Véase AUDITORÍA DE SEGURIDAD VIAL.

FLECHAS:

Marcas en el pavimento con forma de saeta que indican los sentidos de circulación del tránsito permitidos en o desde el carril.

FLUJO VEHICULAR:

Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

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.

G

GÁLIBO:

Designa a las dimensiones máximas, tanto de altura como de anchura, que pueden tener todos los vehículos.

GUARDAVÍA:

Estructura metálica flexible que por lo general se instala en los bordes de la berma, separadores centrales y otros lugares de la vía, con fines de señalización y contención de vehículos.

H

HALLAZGO:

En una auditoría o inspección vial, hecho relevante para la actividad que está siendo auditada o inspeccionada, y que representa un riesgo por la situación en sí misma.

HERIDO GRAVE:

Toda persona herida en un accidente de circulación y cuyo estado precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas.

HERIDO LEVE:

Toda persona herida en un accidente de circulación al que no puede aplicarse la definición de herido grave. (ORDEN DE 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación).

I

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 teritorios.

ÍNDICE MEDIO DIARIO:

Volumen de tráfico promedio que circula durante 24 horas en una determinada vía.

INSPECCIÓN DE SEGURIDAD VIAL:

Proceso sistemático de revisión in situ de una carretera en servicio, dirigido por un experto en seguridad vial, con el fin de identificar aspectos peligrosos, deficiencias o carencias de la carretera susceptibles de desencadenar un siniestro, para que se adopten las medidas más adecuadas con el objetivo de eliminar o paliar estos problemas.

ISLAS:

Área situada entre carriles de circulación y destinada a controlar las corrientes del tránsito en sus diferentes movimientos y también como un refugio para los peatones.

INTERMITENCIA:

Posibilidad de continuar la entrega de un mensaje.

L

LISTA DE CHEQUEO:

Lista de requisitos que se deben controlar de forma sistemática en una auditoría o inspección de Seguridad Vial.

M

MEDIDAS DE BAJO COSTO:

Aquellas medidas físicas tomadas especialmente para aumentar la seguridad del sistema vial, que cumplen las siguientes propiedades: BAJO COSTO ECONÓMICO, RÁPIDA IMPLANTACIÓN y ALTA TASA DE RENTABILIDAD.

MÉTODO PREDICTIVO:

Metodo que agrupa un conjunto de formulas predictivas desarrolladas en base a data empírica de colisiones. Permite predecir o estimar las colisiones 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.

N

NICHO DE AUXILIO:

Llamado también estación de seguridad.

NIVEL DE PRIORIDAD:

Asignación de preferencia a una contramedida en función a alguna medida, ej. costo/beneficio.

O

OBSTÁCULOS DISCONTINUOS:

Mobiliario urbano que se encuentra cerca y obstaculiza la cicloruta.

ORLA:

Marco o borde que tiene como función de hacer resaltar la señal, facilitando su visualización.

P

PATENTE:

Conjunto de derechos exclusivos concedidos por un Estado al inventor de un nuevo producto o tecnología susceptibles de ser explotados comercialmente por un período limitado de tiempo, a cambio de la divulgación de la invención.

PLAN DE SEGURIDAD VIAL:

El Plan de Seguridad Vial es la herramienta de gestión para estructurar las políticas de seguridad vial basándose en unos objetivos de reducción de la accidentalidad. Se puede establecer para el ámbito nacional, regional o municipal, y debe desarrollar el análisis de la accidentalidad, el diagnóstico del problema y los planes de acción a implementar.

PUNTO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES:

Lugar de una vía interurbana, calle o vía urbana donde, en una distancia determinada, ocurren tres o más accidentes (incluidos aquellos en los que no hay víctimas y sólo producen daños materiales).

R

REFUGIO:

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

S

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.

SEÑALIZACIÓN:

Información presentada a los conductores dentro del marco de una normativa en forma vertical o como marcas en el pavimento para el uso legal y seguro de una vía.

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 intercambiablemente con el término accidente y colisión.

SISTEMA DE CONTENCIÓN:

Dispositivo que tiene por objeto reducir la gravedad de las consecuencias de las colisiones por salida de la vía, tanto para los ocupantes del vehículo como para otros usuarios de la vía y terceros situados en las proximidades.

SUPERFICIE DE RODADURA:

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

T

TIPO DE COLISIÓN:

Categoría que describe mejor el primer suceso que generó una colisión.

TRUCK CENTER:

Zona aledaña a una vía pensada para el estacionamiento del transporte de carga y descanso del chofer.

TRÁFICO:

Ver TRÁNSITO.

TRÁFICO FERROVIARÍO:

Circulación de transporte ferroviario.

TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES (TCA):

Es aquel tramo de la red que presenta un riesgo de accidente significativamente superior a la media registrada en los tramos que presentan características semejantes en un periodo de tiempo determinado, podrán ser identificados.

TRAMO POTENCIALMENTE PELIGROSO:

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

TRÁNSITO:

Actividad de personas y vehículos que circulan por la vía.

TRANVÍAS:

Tren ligero es un medio de transporte de pasajeros que circula sobre carriles y por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles.

TRENES LIGEROS:

Sistema de transporte terrestre que emplea vehículos "LRT" (light rail transit) que operan en carriles regulares bajo tráfico mixto, en carriles semi- exclusivos, o en carriles exclusivos.

TÚNEL:

Paso subterráneo abierto artificialmente para establecer el paso de vehículos de transporte.

U

USUARIOS VULNERABLES:

Grupo de usuarios de la vía que están expuestos a un mayor riesgo dentro del sistema de tránsito. Básicamente son, según su modo de desplazamiento, peatones, ciclistas y motociclistas.

V

VALLAS PEATONALES:

Vallas que impiden a los escolares ingresar a la calzada.

VEREDA:

Véase acera.

VÍA:

Camino destinado al tráfico de vehículos automóviles.

VÍA FERROVIARIA:

Infraestructura ferroviaria por el cual se desplazan los trenes.

VISIÓN CERO:

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

Z

ZONA DE OBRA:

Área cerrada donde se realizan las actividades requeridas por la obra.

ZONA DE PREVENCIÓN:

Área destinada a advertir a los usuarios la situación que la vía presenta más adelante.

ZONA DE SEGURIDAD:

Área que separa el área de obras de los flujos vehiculares o peatonales.

ZONA DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES:

Véase TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.

ZONA DE RECUPERACIÓN:

Sección de la calzada utilizada por un vehículo para recuperar su trayectoria después de un despiste total o parcial.

ZONA DE TRANSICIÓN:

Área donde los vehículos deben abandonar el o los carriles ocupados por la obra.

ZONA ESCOLAR:

Zonas próximas a centros educativos.

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 Coste
BSM	: Black Spot Management (Identificación de Puntos Negros)
CITV	: Centros de Inspección Técnica Vehicular

CNSV : Consejo Nacional de Seguridad Vial
CONSUCODE : Consejo Superior de Contrataciones y Adquisiciones del Estado
CRSV : Consejo Regional de Seguridad Vial
DC : Dirección de Caminos
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
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
IVP : Instituto Vial Provincial
MEMV : Microempresas de Mantenimiento Vial
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)
OSEVI : Observatorio de Seguridad Vial
PCA : Punto de Concentración de Accidentes
PK : Punto Kilométrico
PIP : Proyecto de Inversión Pública
PS : Potencial de Seguridad
RPS : Características geométricas de la vía o Road Protection Score
SINAC : Sistema Nacional de Carreteras
SNIP : Sistema Nacional de Inversión Pública
SOVAT : Sistema de orientación de víctimas de accidentes de tránsito y familiares
TCA : Tramo de Concentración de Accidentes

ABREVIATURAS

IV. : Intercambio Vial
Ov. : Ovalo
Pto. : Puerto
Pte. : Puente
m : Metro
km : Kilometro
km/h : Kilometro por hora
kg : Kilogramo
t : Tonelada
h : Hora

5.2 GUIA DE APLICACIÓN

Generalidades

Esta Guía de Aplicación tiene el objetivo de facilitar la navegación del Manual de Seguridad Vial (MSV) y permitir su aplicación en forma expeditada. Esta guía no reemplaza al MSV y constituye un documento de acompañamiento. El MSV se divide en cuatro Capítulos, estos son Capitulo 1: Introducción, Capitulo 2: Infraestructura Vial en las Fases de Diseño y Construcción, Capitulo 3: Infraestructura Vial en las Fases de Operación y Mantenimiento y Capitulo 4: Administración de la Seguridad Vial. A continuación, se presentan en forma resumida y sencilla los pasos que se podrán seguir para la aplicación del MSV.

Etapa de Investigación

PASO 1

El primer paso consiste en leer el Capítulo 1 en su totalidad ya que brinda un resumen general del contenido del Manual y presenta en mayor detalle la estructura del documento. Este capítulo también contiene los elementos teóricos que gobiernan el uso de este documento. Finalmente, este Capítulo también contiene información general tal como las entidades responsables y las directivas legales bajo las cuales se produce el Manual de Seguridad Vial.

PASO 2

Familiarizarse con el Proceso de Administración de la Seguridad Vial contenida en el Capítulo 4. Este proceso necesariamente se seguirá para cualquier tipo de estudio y cualquier tipo de vía evaluada. El proceso de administración de seguridad vial incluye las fases de recolección de data, diagnóstico del problema, selección de contramedidas, evaluación económica, priorización de proyectos, evaluación posterior, método predictivo y rendición de cuentas. Cada uno de estos pasos se describe a detalle en el Capítulo 4 y serán aplicables a cualquier tipo de estudio de seguridad vial.

Etapa de Identificación del Proyecto

PASO 3

Definir el tipo de proyecto que se está evaluando: Este documento es aplicable durante todas las etapas de un proyecto, desde la etapa de perfil/factibilidad hasta la etapa de operación y mantenimiento. Dependiendo del tipo de proyecto (Perfil, Factibilidad, Diseño, Construcción, Operación o Mantenimiento) se deberá obtener información ya sea del Capítulo 2 (Perfil/Factibilidad/Diseño/Construcción) o Capitulo 3 (Operación y Mantenimiento). Una vez identificado el tipo de proyecto se procede al siguiente paso.

Etapa de Recolección de Data

PASO 4

Recolectar data de colisiones: Es fundamental para cualquier estudio de seguridad vial contar con la data de colisiones histórica para los últimos tres años. En base a esta data se podrá identificar de manera más precisa la problemática de colisiones que podría existir en el proyecto. Si fuese un proyecto aún por construirse se podrá utilizar data de colisiones en lugares similares para poder realizar una comparación transversal. Si la data no estuviese disponible se prosigue al siguiente paso. Información adicional sobre la recolección de data de colisiones se puede encontrar en el Paso 1 del Capítulo 4.

PASO 5

Recolectar data de la vía: Es fundamental tener información geométrica de la vía sin importar que esta esté construida o por construirse. En caso de una vía aun por construirse se deberán tener los planos de diseño o planos conceptuales de la propuesta de proyecto. Esto permitirá una evaluación de los planos utilizando las directrices y recomendaciones de este manual. De la misma manera, si la vía esta construida, será necesario tener un esquema, fotos aéreas, planos, o planos conceptuales de la vía para poder evaluar las condiciones actuales. Información

adicional sobre la información geométrica requerida se puede encontrar en los Pasos 1 y 2 del Capítulo 4.

PASO 6

Recolectar data de soporte: Es igualmente fundamental tener una idea clara de los proyectos que se realizaron recientemente sobre la vía estudiada y/o conocer los proyectos que se tienen programados para la vía. Esto permitirá adecuar cualquier contramedida de forma más precisa, barata y efectiva. De la misma manera tener el conocimiento histórico del lugar podría contribuir a un cambio en las condiciones de aplicación de alguna contramedida. Por ejemplo, si el año anterior hubo un numero extraordinariamente alto de colisiones en una vida recién ampliada, esto se podría explicar por la existencia de una zona de trabajo, el cierre de un carril, o cualquier otro elemento que no siempre es inmediatamente obvio sin conocer el historial del lugar evaluado. Lineamientos adicionales sobre la información geométrica requerida se puede encontrar en los Pasos 1 y 2 del Capítulo 4.

Etapa de Análisis

PASO 7

Correlación: En este paso se analiza la data de colisiones, la data de la vida, y la data de soporte. Se pretende correlacionar la ocurrencia de colisiones con características de la vía, ya sea características que estén causando colisiones o estén agravando el resultado de las colisiones. Esta correlación dará como resultado las oportunidades que existen para mejorar la vialidad.

PASO 8

Identificación de Contramedidas: En base al Paso 7 del análisis y en base al Paso 3 donde se identificaron las características el proyecto, se procede a revisar ya sea el Capítulo 3 o el Capítulo 4 dependiendo del tipo de proyecto. Estos capítulos contienen información sobre la infraestructura vial que permitirán identificar posibles soluciones o inclusive diagnosticar posible problemas con la vialidad. En este paso se identifica en forma preliminar el problema, por ejemplo iluminación en una intersección. Esta conclusión pudo basarse en una combinación de un alto número de colisiones en la noche y la falta de postes de iluminación. Con esta información se entra a la sección de Iluminación del Capítulo 2 donde se podrá determinar posibles contramedidas y elementos de iluminación que deben cumplirse para una vía más segura.

PASO 9

Evaluación Económica: Una vez identificadas las posibles contramedidas de los Capítulos 2 y/o 3 para una vía, o mediante una auditoria/inspección de seguridad vial, el siguiente paso será la evaluación económica de dichas posibles contramedidas. Esta evaluación deberá realizarse dentro del marco SNIP siguiendo las directrices que se encuentran en el Paso 4: Evaluación Económica del Capítulo 4 del MSV. En base a una evaluación económica de cada posible contramedida, se comparan las alternativas utilizando el sistema de priorización de contramedidas descrito en el Paso 5: Priorización del Capítulo 4. Una vez realizado el análisis de priorización se podrá decidir a ciencia cierta las contramedidas más efectivas y que representan mayor valor económico. Posteriormente estas serán las que deberán implementarse.

Etapa de Evaluación Posterior y Desarrollo del Método Predictivo/Factores de Modificación de Colisiones

PASO 10

Evaluación de la Efectividad: Una vez seleccionada e implementada una contramedida, esta se debe evaluar durante tres años como mínimo para poder sacar conclusiones respecto a la efectividad de la contramedida. Para esta evaluación se puede utilizar el Paso 6 del Capitulo 4. Esta sección contiene los lineamientos básicos de un estudio "antes/después."

PASO 11

Desarrollo del Método Predictivo: Posterior a la evaluación de la efectividad, se puede utilizar la información de la efectividad (sin importar si esta muestra incremento o reducción de colisiones), para desarrollar factores de modificación de colisiones (FMCs) para la realidad Peruana. Estos factores permitirán a futuros ingenieros conocer el posible impacto que tendrá una determinada contramedida. El Paso 7 del Capítulo 4 presenta los detalles del Método Predictivo y el desarrollo de FMCs.

PASO 12

Rendición de Cuentas: Es fundamental que posterior al desarrollo del método predictivo, esta información de FMCs sea publicada y de fácil acceso para cualquier usuario. Un ejemplo de un repositorio de FMCs es el FHWA Clearinghouse que contiene miles de FMCs desarrollados en Estados Unidos. Estos FMCs son accesibles en cualquier momento y permiten determinar rápidamente el impacto potencial de miles de contramedidas en la realidad Estadounidense. El Paso 8 del Capítulo 4 presenta más información sobre la rendición de cuentas y publicación de la información desarrollada.