



Certificación ISO 9001:2008 ‡

Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas, caso: Autopista Cuernavaca-Acapulco km 98-99

Alberto Mendoza Díaz
José Luis Gutiérrez Hernández
María Cadengo Ramírez

**Publicación Técnica No. 378
Sanfandila, Qro. 2013**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas,
caso: Autopista Cuernavaca-Acapulco km 98-99**

Publicación Técnica No. 378
Sanfandila, Qro. 2013

Este trabajo fue elaborado en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), por Alberto Mendoza Díaz, José Luis Gutiérrez Hernández y María Cadengo Ramírez.

Índice

Índice de tablas y figuras.....	v
Resumen	xi
Abstract.....	xiii
Resumen ejecutivo.....	xv
Introducción.....	1
1 Antecedentes.....	7
1.1 Importancia de la seguridad vial.....	7
1.2 La seguridad vial en México.....	8
1.3 La autopista Cuernavaca-Acapulco, antecedentes.....	15
1.4 Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas, antecedentes.....	17
1.5 Metodología de trabajo	20
2 Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas.....	22
2.1 Descripción del problema.....	22
2.1.1 Clasificación de caminos de acuerdo al medio que los rodea	22
2.1.2 Carreteras que llegan a zonas urbanas.....	25
2.1.3 Accidentes viales en carreteras con entorno urbano.....	27
2.1.4 Impacto de las carreteras sobre el entorno urbano	28
2.2 Factores integrados en el problema.....	29
2.2.1 Control de accesos.....	29
2.2.2 Configuración geométrica de la vía	33
2.2.3 Condiciones del tránsito	34
2.2.4 El vehículo.....	35
2.2.5 El factor humano	36
2.2.6 Márgenes del camino y estado del pavimento.....	38
2.2.7 Fenómenos meteorológicos, iluminación y señalización	39
2.3 Soluciones al problema.....	40
3 Información del segmento en estudio.....	43
3.1 Datos generales.....	43

3.1.1	Localización.....	43
3.1.2	Clima	46
3.1.3	Ecosistema	47
3.2	Características geométricas.....	47
3.2.1	Alineamiento horizontal y vertical	47
3.2.2	Sección Transversal	48
3.3	Tránsito vehicular.....	50
3.3.1	Volumen	50
3.3.2	Composición vehicular.....	52
3.3.3	Velocidades	53
3.3.4	Maniobras antirreglamentarias y de emergencia.....	55
3.4	Usuarios.....	56
3.4.1	Conductores	56
3.4.2	Peatones	56
3.4.3	Otros.....	58
3.5	Accesibilidad–movilidad.....	59
3.5.1	Clasificación funcional de la carretera	59
3.5.2	Intersecciones	59
3.5.3	Accesos.....	61
3.5.3.1	Accesos a vías públicas.....	61
3.5.3.2	Accesos a propiedades privadas y comercios	62
3.5.4	Puestos comerciales	63
3.6	Otros elementos.....	66
3.6.1	Pavimento.....	66
3.6.2	Señalización	66
3.6.2.1	Señales verticales.....	66
3.6.2.2	Señales horizontales.....	69
3.6.2.3	Anuncios espectaculares	69
3.6.3	Barreras, amortiguadores y dispositivos de tránsito	70
3.6.3.1	Barreras.....	70
3.6.3.2	Amortiguadores	72
3.6.3.3	Otros dispositivos de tránsito.....	72
3.6.4	Márgenes.....	73

3.6.5 Iluminación	74
3.7 Accidentes.....	75
3.7.1 Base de datos de accidentes de CAPUFE	75
3.7.2 Reportes de accidentes de la Policía Federal	79
4 Diagnóstico y propuesta de mejoramiento	81
4.1 Revisión de la infraestructura.....	81
4.1.1 Alineamientos y distancia de visibilidad.....	81
4.1.2 Sección transversal	81
4.1.3 Geometría de salidas y accesos controlados	82
4.1.4 Accesos directos a propiedades privadas y comercios	83
4.1.5 Acondicionamiento para los distintos usuarios	85
4.1.6 Pavimento y señalamiento.....	86
4.1.7 Barreras y sistemas de amortiguamiento	87
4.1.8 Iluminación nocturna	88
4.1.9 Revisión IRAP	88
4.1.10 Conclusiones sobre estado de la infraestructura	90
4.2 Revisión del flujo de tránsito	90
4.2.1 Análisis de capacidad y nivel de servicio.....	90
4.2.2 Tendencias del tránsito y red vial	91
4.2.3 Conclusiones	91
4.3 Revisión de accidentes	92
4.3.1 Tipo de accidentes y su localización en el espacio y tiempo	92
4.3.2 Relación accidentes–infraestructura.....	93
4.3.3 Relación accidentes-nivel de servicio.....	94
4.3.4 Patrones	95
4.3.4.1 Exceso de velocidad como factor de riesgo.....	96
4.4 Posibles causas generadoras de la siniestralidad vial	98
4.5 Propuestas de mejoramiento	99
4.5.1 Estrategia a corto plazo	99
4.5.2 Estrategia a mediano y largo plazo	100
Conclusiones	103
Anexo A.....	109
Anexo B.....	119
Anexo C.....	143

Índice de tablas y figuras

Tabla I.1	Elementos involucrados en la siniestralidad vial y sus porcentajes de influencia.....	2
Tabla 1.1	Principales causas de mortalidad, región de las Américas, 2004	7
Tabla 1.2	Evolución de muertes por accidentes viales y crecimiento del parque vehicular.....	9
Figura 1.1	Distribución de víctimas mortales del tránsito vial por rango de edades	9
Figura 1.2	Distribución de víctimas mortales del tránsito vial por categoría de usuario	10
Figura 1.3	Distribución de los vehículos registrados de acuerdo a su tipo.....	10
Figura 1.4	Distribución de accidentes según existencia de víctimas.....	12
Figura 1.5	Distribución de accidentes según tipo de vehículo involucrado	12
Figura 1.6	Principales tipos de accidentes	13
Figura 1.7	Principales tipos de accidentes y su porcentaje de víctimas.....	13
Figura 1.8	Mapa riesgo de salud por accidentes de tránsito en América.....	14
Figura 1.9	Esquema de las carreteras 95D y 95 (México-Acapulco)	16
Tabla 1.3	Relación de tiempo, distancia y costo de la carretera 95D (SCT).....	16
Figura 2.1	Esquema de las etapas de los movimientos	23
Figura 2.2	Comparativa de redes de caminos.....	24
Tabla 2.1	Clasificación de carreteras en México.....	24
Figura 2.3	Relación Jerarquía-Movilidad-Accesos	30
Tabla 2.2	Efecto del control de accesos en la tasa de siniestros.....	32
Figura 2.4	Efecto del acceso directo a negocios sobre la tasa de siniestros en carreteras.....	32
Figura 2.5	Densidad de accesos-índice de peligrosidad	33
Figura 3.1	Localización de la carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco.....	44
Figura 3.2	Carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco km 96-111	45
Figura 3.3	Carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco km 98-99	45
Figura 3.4	Gráfica de variación mensual de la temperatura.....	46
Figura 3.5	Gráfica de variación mensual de precipitación.....	46
Figura 3.6	Venta de flores de ornato cultivadas en la región	47
Figura 3.7	Alineamiento horizontal km 96-101	48
Figura 3.8	Parámetros de la sección transversal	48

Tabla 3.1	Tipo de sección por segmento	49
Figura 3.9	Detalle de cuneta	49
Tabla 3.2	Volumen de tránsito	50
Figura 3.10	Variación del tránsito por kilómetro (2010).....	50
Tabla 3.3	Información de los aforos realizados.....	51
Figura 3.11	Comportamiento del tránsito en el tiempo.....	52
Figura 3.12	Clasificación vehicular km 95-110.....	52
Figura 3.13	Clasificación vehicular promedio en estaciones de aforo.....	53
Figura 3.14	Distribución de velocidades de punto estación km 95+800, dirección a Acapulco	54
Figura 3.15	Distribución de velocidades de punto estación km 98+558, dirección a Acapulco	54
Figura 3.16	Distribución de velocidades de punto estación km 97+962, dirección a Cuernavaca	54
Figura 3.17	Maniobra antirreglamentaria en km 99+426, dirección a Acapulco.....	56
Figura 3.18	Conexión del puente peatonal con la autopista 95D	57
Figura 3.19	Parada de autobús sobre la carretera 95 (vía paralela a la autopista 95D)	57
Figura 3.20	Peatón en espera de cruzar la calzada vehicular.....	58
Figura 3.21	Vista satelital de la trayectoria de los peatones	58
Figura 3.22	Vista satelital de intersecciones a desnivel en el tramo	59
Figura 3.23	Vista satelital de retornos	60
Figura 3.24	Detalle de salida en kilómetro 98+320, dirección a Cuernavaca.....	61
Figura 3.25	Vista satelital de calles de acceso.....	62
Tabla 3.4	Accesos irregulares a propiedades privadas sobre el segmento en estudio.....	63
Figura 3.26	Kilómetro 98+000, dirección a Cuernavaca	63
Figura 3.27	Kilómetro 104+787, dirección a Cuernavaca	64
Figura 3.28	Kilómetro 103+779, dirección a Acapulco	64
Figura 3.29	Puesto anterior a curva cerrada en kilómetro 99+264, dirección a Acapulco	65
Figura 3.30	Puesto en kilómetro 98+905, dirección a Acapulco.....	65
Tabla 3.5	Señales preventivas en el tramo	68
Tabla 3.6	Señales restrictivas en el tramo	68
Figura 3.31	Barrera New Jersey instalada en el tramo	70
Figura 3.32	Esquema de una barrera “New Jersey”	70
Figura 3.33	Barrera metálica lateral derecha	71
Figura 3.34	Terminaciones de barrera metálica	71
Figura 3.35	Dispositivo indicador de curva peligrosa	72

Figura 3.36	Dispositivos indicadores de obstáculos y bifurcaciones en salidas	73
Figura 3.37	Márgenes peligrosos	74
Figura 3.38	Margen peligroso km 101.65, dirección a Cuernavaca	74
Figura 3.39	Número de accidentes equivalentes por tramo	76
Figura 3.40	Número de accidentes equivalentes por segmento	76
Figura 3.41	Número de accidentes por su tipo entre los km 96 y 111	77
Figura 3.42	Número de accidentes por su tipo entre los km 98 y 99	77
Figura 3.43	Porcentaje de accidentes por su tipo entre los km 98 y 99	78
Figura 3.44	Víctimas por tipo de accidentes, km 98-99.....	78
Figura 3.45	Número de accidentes por meses del año, km 96-111	79
Figura 3.46	Número de accidentes por día de la semana, km 96-111	79
Figura 3.47	Presencia de víctimas en accidentes de acuerdo a su periodo de ocurrencia, km 96-111	80
Figura 4.1	Vista satelital parador comercial en km 98+400, dirección a Acapulco	82
Figura 4.2	Accesos directos a propiedades privadas	83
Figura 4.3	Acceso directo a taller mecánico.....	84
Tabla 4.1	Usuarios y vulnerabilidad	86
Tabla 4.2	Evaluación IRAP del segmento (km 98-99).....	89
Figura 4.4	Gráfica para cálculo de nivel de servicio	91
Figura 4.5	Relación Índice de Siniestralidad-Reducción de velocidad por deterioro en el nivel de servicio.....	95
Figura 4.6	Efecto del cambio de la velocidad con el impacto en el riesgo de fatalidad.....	97
Tabla 4.3	Velocidad de vehículo y probabilidad de fallecimiento del peatón arrollado	97
Figura A.1	Peatones en kilómetro 98+573, dirección a Acapulco.....	111
Figura A.2	Peatón en kilómetro 96+700, dirección a Cuernavaca.....	111
Figura A.3	Peatón en kilómetro 96+829, dirección a Cuernavaca.....	112
Figura A.4	Peatón en kilómetro 97+509, dirección a Cuernavaca.....	112
Figura A.5	Peatones en kilómetro 97+857, dirección a Cuernavaca	113
Figura A.6	Peatón en kilómetro 98+559, dirección a Cuernavaca.....	113
Figura A.7	Peatón en kilómetro 99+000, dirección a Cuernavaca.....	114
Figura A.8	Peatón en kilómetro 103+676, dirección a Cuernavaca.....	114
Figura A.9	Ciclista en kilómetro 106+021, dirección a Acapulco	115
Figura A.10	Ciclista en kilómetro 98+250, dirección a Cuernavaca.....	115
Figura A.11	Ciclista en kilómetro 104+000, dirección a Cuernavaca.....	116
Figura A.12	Motociclistas en kilómetro 98+300 (vista desde puente vehicular superior).....	116

Figura A.13	Motociclistas en kilómetro 98+324, dirección a Acapulco	117
Figura A.14	Motociclistas en kilómetro 98+000, dirección a Cuernavaca.....	117
Figura B.1	Salida por gaza de intersección a desnivel km 98+143, dirección a Acapulco	121
Figura B.2	Entrada por gaza de intersección a desnivel km 98+257, dirección a Acapulco	121
Figura B.3	Entrada por gaza de intersección a desnivel km 98+160, dirección a Cuernavaca.....	122
Figura B.4	Salida por gaza de intersección a desnivel km 98+320, dirección a Cuernavaca.....	122
Figura B.5	Salida km 99+544 en intersección a desnivel, dirección a Acapulco	123
Figura B.6	Detalle de salida km 99+544, dirección a Acapulco	123
Figura B.7	Entrada km 99+723 en intersección a desnivel, dirección a Acapulco	124
Figura B.8	Entrada km 99+485 en intersección a desnivel, dirección a Cuernavaca.....	124
Figura B.9	Salida km 99+739 en intersección a desnivel, dirección a Cuernavaca.....	125
Figura B.10	Salida km 103+869 en acceso a desnivel al Tecnológico de Monterrey, dirección a Acapulco	125
Figura B.11	Incorporación km 104+000 en acceso a desnivel al Tecnológico de Monterrey, dirección a Cuernavaca	126
Figura B.12	Salida km 104+507 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Acapulco	126
Figura B.13	Salida km 104+865 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Acapulco	127
Figura B.14	Salida km 104+780 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Cuernavaca.....	127
Figura B.15	Entrada km 104+601 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Cuernavaca.....	128
Figura B.16	Retorno km 109+275, dirección a Acapulco.....	128
Figura B.17	Retorno km 109+807, dirección a Acapulco.....	129
Figura B.18	Retorno km 109+265, dirección a Cuernavaca	129
Figura B.19	Retorno km 109+793, dirección a Cuernavaca	130
Figura B.20	Salida km 107+855, dirección a Acapulco	130
Figura B.21	Entrada km 108+034, dirección a Acapulco.....	131
Figura B.22	Entrada km 100+664, dirección a Cuernavaca	131
Figura B.23	Salida km 100+891, dirección a Cuernavaca.....	132
Figura B.24	Acceso a la Secretaría de Seguridad Pública km 103+081, dirección a Cuernavaca	132
Figura B.25	Acceso a propiedad privada kilómetro 104+233, dirección a	

Cuernavaca.....	133
Figura B.26 Acceso a mercado de flores kilómetro 98+324, dirección a Acapulco	133
Figura B.27 Salida de mercado de flores kilómetro 98+476 dirección a Acapulco	134
Figura B.28 Acceso irregular en kilómetro 96+046, dirección a Acapulco.....	134
Figura B.29 Acceso irregular en kilómetro 96+475, dirección a Acapulco.....	135
Figura B.30 Acceso irregular en kilómetro 96+991, dirección a Acapulco.....	135
Figura B.31 Acceso irregular en kilómetro 97+128, dirección a Acapulco.....	136
Figura B.32 Acceso irregular en kilómetro 97+356, dirección a Acapulco.....	136
Figura B.33 Acceso irregular en kilómetro 98+618, dirección a Acapulco.....	137
Figura B.34 Acceso irregular en kilómetro 98+707, dirección a Acapulco.....	137
Figura B.35 Acceso irregular en kilómetro 98+787, dirección a Acapulco.....	138
Figura B.36 Acceso irregular en kilómetro 98+906, dirección a Acapulco.....	138
Figura B.37 Acceso irregular en kilómetro 99+046, dirección a Acapulco.....	139
Figura B.38 Acceso irregular en kilómetro 99+145, dirección a Acapulco.....	139
Figura B.39 Acceso irregular en kilómetro 100+620, dirección a Acapulco	140
Figura B.40 Acceso irregular en kilómetro 103+470, dirección a Acapulco.....	140
Figura B.41 Acceso irregular en kilómetro 98+480, dirección a Cuernavaca	141
Figura B.42 Acceso irregular en kilómetro 98+530, dirección a Cuernavaca	141
Figura B.43 Salida de servicio 108+000, dirección a Cuernavaca.....	142
Figura C.1 Señal Informativa de Identificación de Ruta y Kilometraje	145
Figura C.2 Señal Informativa de Destino en kilómetro 106+170, dirección a Acapulco	145
Figura C.3 Señales Informativas en km 109+431, dirección a Acapulco	146
Figura C.4 Señales Informativas obstruidas por vegetación.....	146
Figura C.5 Señal Informativa ilegible a la distancia y color incorrecto en km 110+392, dirección a Acapulco	147
Figura C.6 Señal preventiva alterada en kilómetro 105+472, dirección a Cuernavaca.....	147
Figura C.7 Restricción de velocidad en km 101+595, dirección a Acapulco.....	148
Figura C.8 Señal restrictiva con grafiti en km 102+652, dirección a Acapulco	148
Figura C.9 Señal restrictiva en km 102+647, dirección a Cuernavaca	149
Figura C.10 Señal horizontal en km 98+578, dirección a Cuernavaca	149
Figura C.11 Señalamiento horizontal en km 100+042, dirección a Acapulco	150
Figura C.12 Señalamiento horizontal en km 100+222, dirección a Acapulco	150
Figura C.13 Señalamiento horizontal en km 100+589, dirección a Cuernavaca	151
Figura C.14 Señalamiento horizontal en km 100+608, dirección a Cuernavaca	151
Figura C.15 Señalamiento horizontal en km 103+087, dirección a Cuernavaca	152
Figura C.16 Barrera lateral derecha en km 97+955, dirección a Acapulco.....	152

Figura C.17 Amortiguador en pila de puente km 98+299, dirección a Acapulco	153
Figura C.18 Amortiguador en soporte de señal km 103+952, dirección a Acapulco	153
Figura C.19 Amortiguador en pila de puente km 104+267, dirección a Cuernavaca.....	154
Figura C.20 Dispositivos para guía nocturna	154

Resumen

En este trabajo se analiza la siniestralidad vial de un tramo de la carretera Cuernavaca-Acapulco (km 89 a 99). Con el fin de mitigar dicha siniestralidad se presentan opciones de solución para hacer frente a la problemática de seguridad vial detectada en la zona en estudio. Se realiza la evaluación económica de cada una de las alternativas para plantear su factibilidad.

El primer paso consiste en recabar información de los accidentes registrados en el segmento y su zona de influencia, la geometría de la vía, las características del tránsito, así como información meteorológica, geográfica y demográfica de la zona.

Posteriormente se realiza una visita de campo al sitio en estudio para observar la dinámica presentada en la zona y determinar y recabar datos faltantes de las características geométricas de la vía y de los dispositivos para el control de tránsito. Se incluye un análisis de un video realizado con equipo especializado.

Se realiza el análisis de la información, en particular, los accidentes que se presentan en la zona para identificar los factores que contribuyen a su ocurrencia. Se desarrollarán alternativas de solución para hacer frente a la problemática de seguridad vial presente en la zona en estudio, a fin de mitigar esta siniestralidad. Asimismo, se planteará la factibilidad de cada una de estas alternativas.

Finalmente se tendrá una sección de conclusiones derivadas de la investigación.

Abstract

This paper analyzes road accidents on a stretch of the Cuernavaca-Acapulco toll highway (km 89-99). In order to mitigate the accident rate a series of solution options are presented to address the specific road safety problems detected in the study segment. An economic evaluation is made for each of the alternatives to determine its feasibility.

The first step is to gather information on the accidents that occurred at the segment and its hinterland, the road geometry, traffic, meteorological, geographic and demographic characteristics.

Then, a field visit to the site is carried out in order to observe the traffic dynamics in the area and collect data on the geometric characteristics of the road and the traffic control devices. An analysis of a video made with specialized equipment is included.

An analysis is performed on the information, in particular on the accidents occurring in the area to identify the factors that contribute to their occurrence. Alternative solutions are developed to address the road safety problems in the study area and mitigate the accident rate. A feasibility analysis is carried out for each of these alternatives.

Finally, a section with conclusions is presented.

Resumen ejecutivo

Introducción y antecedentes

Debido a su crecimiento, la accidentabilidad vial se considera un problema de salud pública a nivel mundial. Los accidentes de circulación son una coincidencia de una serie de circunstancias relacionadas en los que participan usuarios, vehículos, infraestructura, tránsito y entorno.

Este estudio surge de una revisión de los reportes de accidentabilidad en una de las carreteras de cuota más importantes de México, la Autopista Cuernavaca-Acapulco. El tramo con más confluencia de accidentes se localiza entre los kilómetros 96 y 111, siendo el segmento más inseguro el que se ubica entre los kilómetros 98 y 99.

Esta situación puede deberse a que la vía del largo recorrido, al ser absorbida por la mancha urbana, es usada como arteria principal urbana y suburbana, mezclando usuarios (peatones, ciclistas, motociclistas, transporte público urbano) con diferentes objetivos, comportamientos, motivaciones, velocidades e itinerarios.

Se da inicio a este estudio con la hipótesis de que “la mezcla de funciones propulsa la siniestralidad en carreteras”. El objetivo es plantear una serie de soluciones para corregir la alta siniestralidad vial del segmento.

Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas

Conforme una sociedad incrementa su desarrollo, la demanda de movilidad crece. La necesidad de movilidad es atendida principalmente por el transporte terrestre privado, teniendo como consecuencia aumento del número de vehículos en circulación y de la construcción de caminos. Sin embargo, también la complejidad y problemáticas en cuanto a su diseño y operación han aumentado, en especial en lo que a seguridad vial se refiere. Asimismo, la creciente necesidad de transporte y el desarrollo de las poblaciones ha potencializado la accidentabilidad vial en zonas donde las carreteras se conectan con áreas pobladas.

Los caminos se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios, sin embargo, la más descriptiva es la que los cataloga de acuerdo con su sistema funcional, dado que agrupa los caminos conforme al servicio que proveerán (movimiento principal, transición, distribución, colección, acceso y terminación). Cada etapa debe ser diseñada especialmente para su función. Cuando en el diseño de una carretera no se contempla y jerarquiza adecuadamente la etapa de viaje a la que corresponde, ésta se vuelve disfuncional.

Cuando una carretera se aproxima a un área urbana puede rodearla totalmente, cruzarla de manera independiente, transformarse en arteria principal o cruzarla manteniendo sus características geométricas pero adquiriendo nuevas funciones diferentes a las originales. Siendo esto último muy peligroso, el conductor conserva el

comportamiento que tiene cuando el camino pasa por un entorno rural. Si no hay control de accesos, esta zona se convierte en foco rojo en cuanto a accidentabilidad vial, por la combinación de tránsitos de largo recorrido con locales y por la convivencia de todo tipo de usuarios.

La mezcla de usuarios de diversos tipos y comportamientos causa restricciones de la capacidad, retrasos y deterioro en el nivel de seguridad. Es por ello que cada vía debe destinarse a una función específica, adaptándola y diseñándola de tal modo que cumpla de forma eficiente y segura con la función asignada. Debe tener consistencia en sus elementos, cualquier factor que tome por sorpresa al usuario es un posible causante de accidentes. Los elementos de la carretera se conciben para garantizar la circulación de automóviles con *características de conducción similares*. En el ámbito urbano las condiciones que restringen el tránsito son más estrictas que las situadas fuera del poblado.

La influencia de los cruces por poblaciones en la circulación y en la seguridad vial no se limita a su longitud, sino que se extiende a los tramos contiguos en una cierta distancia en la que se producen conflictos entre los movimientos de vehículos y peatones propios de la zona poblada y los del tránsito de paso.

Los estudios y las medidas de moderación de las condiciones de circulación no deben limitarse a la porción de la carretera que atraviesa la urbe, debe extenderse cierta distancia hasta donde los conflictos ocasionados por esta problemática ya no sean perceptibles.

Los accidentes más comunes en carreteras en áreas urbanas son los atropellos de peatones y los choques por alcance, en la noche, los índices de colisiones frontales y laterales resultan más elevados que en tramos a campo abierto. Esto debe ser considerado en los tratamientos de mejora de seguridad.

Para la detección de puntos con concentración de accidentes, es conveniente agregar su volumen de tránsito. Un segmento con gran volumen tendrá más probabilidad de sufrir percances, un segmento con un bajo nivel de tránsito y menos accidentes que el primero pudiera tener un índice de peligrosidad mucho más alto.

Los principales factores involucrados en la aparición de siniestros en carreteras sumergidas en entornos urbanos son el control de accesos, la geometría de la vía, las condiciones del tránsito, el vehículo, el factor humano, los fenómenos meteorológicos, la iluminación y señalización

Para reducir la siniestralidad vial de carreteras en estas circunstancias la mejor solución es la creación de una vialidad periférica a la ciudad. Cuando el planteamiento de un libramiento no es posible, pueden cambiarse los accesos directos por carriles de acceso y de salida. Otra opción es la construcción de carreteras a distinto nivel o el uso de semáforos.

Información del segmento en estudio

Se ha tomado como caso de estudio un segmento de la carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco, su tramo de mayor índice de accidentabilidad es el ubicado entre los kilómetros 96 y 111, en específico, el segmento más conflictivo es el localizado entre los kilómetros 98 y 99 (área conurbada) de Cuernavaca.

La temperatura máxima promedio en esa zona es de 28,5°C y una mínima promedio de 14°C (clima semicálido). La precipitación anual promedio de 1 201,5 mm, la temporada de lluvias, considerada como un factor de riesgo para el tránsito vial, se concentra en los meses de mayo a octubre.

El tramo analizado (km 96-111), presenta buenas características geométricas, el alineamiento no presenta fuertes cambios de dirección, teniendo en su mayor parte segmentos en tangente o curvas suaves. Respecto al alineamiento vertical, se tiene una ligera pendiente descendente en el sentido en que avanza el kilometraje (dirección a Acapulco), y ascendente en dirección opuesta.

El tramo está conformado por un solo cuerpo con calzadas divididas mediante una barrera tipo *New Jersey*, con excepción del segmento localizado entre los cadenamientos 109+120 y 110+139, donde la carretera se divide en dos cuerpos, uno para cada sentido de circulación. Cada calzada contiene dos carriles por sentido, acotamientos tanto interno como externo y una banda sonora de seguridad. El tránsito diario promedio anual (año 2010) va desde 19 mil a 44 mil vehículos con una tendencia al incremento. En la composición vehicular predominan los vehículos ligeros, tipo "A", con el 98%.

La velocidad máxima permitida es de 90km/h. De 60 muestras de velocidades de punto (30 en cada carril) se registraron velocidades desde 50 hasta más de 100km/h.

Durante la visita al sitio se observó una gran diversidad de usuarios con comportamientos y características de movilidad distintas y la realización de diversas maniobras antirreglamentarias y de emergencia. La vía es usada por distintos tipos de usuarios, conductores de vehículos automotores, peatones y motociclistas.

La autopista de cuota Cuernavaca-Acapulco, es una carretera interestatal de altas especificaciones, su clasificación funcional corresponde a una *Carretera Principal*, por lo que debería tener un control total de accesos e intersecciones a desnivel. Sin embargo, carece de impermeabilidad transversal, contando con múltiples salidas, entradas y accesos irregulares, así como retornos a nivel. Las intersecciones son todas a desnivel.

La mayoría de las salidas de la autopista tienen una restricción de velocidad de 30 kph, un gran cambio con respecto a la desarrollada sobre el tronco de la vía. Se encontraron accesos a vías públicas, a propiedades privadas y comercios. También se observaron puestos comerciales (venta de flores de ornato) sobre los márgenes de la autopista, la mayor parte improvisados, presentando un riesgo en la seguridad.

El pavimento es del tipo flexible y presenta buenas condiciones. En general, se observa señalamiento vertical y horizontal (informativo, restrictivo y preventivos) en buen estado. Sin embargo, se observó gran afluencia de anuncios espectaculares.

El tramo cuenta con barrera central (tipo *New Jersey*), y lateral derecha (metálicas) en buen estado, así como amortiguadores de impacto. En los márgenes derechos de la autopista se encontraron diversas situaciones potencialmente peligrosas en caso de que conductores pierdan el control y salgan del camino, se encontraban en barrancos, terraplenes pronunciados, objetos fijos cercanos o alcantarillas.

Durante el recorrido nocturno que se realizó en el sitio, se observó que el tramo cuenta

con diversos dispositivos reflejantes como vialetas, retroreflectores e indicadores de alineamiento con franja reflejante:

La información de accidentes se obtuvo de dos fuentes: la base de datos de accidentes de la red operada por CAPUFE y los reportes levantados por la Policía Federal, ambas abarcando los últimos tres años (2008, 2009 y 2010).

En el tramo, CAPUFE reporta 476 accidentes en los tres años considerados, 55 de los cuales se encuentran en el segmento bajo estudio (km 98-99). Los tipos de accidentes más comunes son: la salida del camino y el choque por alcance, el choque por alcance múltiple y el choque contra muro central. Los meses de mayor frecuencia de accidentes son: enero, abril, marzo y junio, principalmente los fines de semana (vacaciones, días festivos y época de lluvias).

La Policía Federal reporta 69 accidentes en el tramo (km 96+111) en los tres años, de los cuales 10 se encuentran en el segmento bajo análisis (km 98-99). De estos 69 accidentes (52%) acontecieron durante las horas sin luz del sol, mientras que el 48% sucedieron en el periodo diurno. El porcentaje con víctimas es mayor de noche que de día.

Diagnóstico y propuesta de mejoramiento

Los alineamientos (horizontal y vertical) y la sección transversal se encuentran en buenas condiciones, no presentan un riesgo para la circulación de vehículos.

Entre los kilómetros 98+100 y 98+400 se desarrolla una intersección a desnivel con ramales de salida y entrada geoméricamente inadecuados, no cuentan con carriles de aceleración-deceleración, lo cual hace complicado y peligroso su uso. En el kilómetro 98+400 en dirección a Acapulco se localiza un parador comercial abandonado a unos cuantos metros de la incorporación de tránsito de la intersección a desnivel creando problemas de trenzado de trayectorias. La peligrosidad potencial del uso del parador se incrementa por la inadecuada geometría de sus rampas de acceso y salida.

En el margen derecho de la vía, entre los kilómetros 98+600 y 99+000 en dirección a Acapulco, existen diversos predios de carácter habitacional cuya única forma de acceso es conectándose directamente con la autopista. En el sentido opuesto se encuentra un taller mecánico cuyo único acceso es por la autopista. Estos accesos directos improvisados representan un gran riesgo para la circulación sobre la autopista.

Existen varios puntos de venta de flores sobre los márgenes de la autopista. Durante la visita se localizaron dos grandes puestos de venta de flores, uno en cada sentido, así como tres pequeños puestos ambulantes (uno en dirección Acapulco y dos en sentido contrario), llegando a invadir la zona de cuneta.

En el segmento estudiado coexisten diferentes tipos de usuarios como lo son: conductores, motociclistas, ciclistas y peatones, sin embargo, el diseño de la vía está enfocado solamente al grupo de usuarios conformado por los conductores. De este modo, las demás clases de usuarios hacen uso de esta vía sin espacios diseñados para ellos. Los peatones realizan sus movimientos longitudinales a través de los acotamientos. Su obediencia hacia las normas de tránsito es prácticamente nula, llevando a cabo sus movimientos a criterio personal y en muchas ocasiones arriesgando su vida y la de otros.

Deben tomarse en cuenta a todos los usuarios que emplean el camino bajo análisis y establecer las preferencias en los movimientos para cada tipo de usuarios, configurando al mismo tiempo un diseño que permita una adecuada y segura convivencia dadas las diferentes características y comportamientos de cada grupo.

El pavimento no presenta bacheos o irregularidades que pudieran provocar el descontrol en la marcha de los vehículos, en términos generales, se encuentra en muy buenas condiciones.

El señalamiento horizontal, no presenta problema, los carriles se encuentran bien definidos tanto de día como de noche. Un posible inconveniente es la colocación de flechas sobre el pavimento de manera inconsistente o inapropiada, pero no se considera que representen algún riesgo a la circulación.

Respecto al señalamiento vertical, al analizar la colocación y coherencia de este grupo de señales se encontraron varias deficiencias en ambos sentidos de circulación. La barrera central se encuentra en perfectas condiciones, cumpliendo su función de manera adecuada. Las barreras laterales existentes (derechas con respecto al sentido de circulación) se encuentran en buenas condiciones, estando bien instaladas, con sus respectivas protecciones en las terminaciones y cumpliendo su función. Sin embargo, se encontró carencia de éstas en ciertas zonas. Aunque de acuerdo a la sección transversal no se requieran, podría evaluarse su colocación en los accesos irregulares y evitar su utilización.

Los sistemas de amortiguación se requieren sobre el segmento para proteger las pilas del puente ubicado en el kilómetro 98+300. Se tiene instalado un adecuado sistema en el sentido Cuernavaca-Acapulco, sin embargo, en el sentido contrario se tiene un sistema improvisado a base de barriles.

Existe una adecuada instalación de elementos retroreflectantes para el guiamiento nocturno de los conductores, sin embargo, los únicos puntos que cuentan con iluminación artificial son los puestos de venta de flores tipo invernaderos y los accesos irregulares a propiedades privadas.

Empleando un software especializado como herramientas para realizar una auditoría de seguridad vial, se revisó un tramo de la autopista bajo estudio en el sentido Cuernavaca-Acapulco. Se realiza una sintetización de datos al ir revisando una secuencia fotográfica de la carretera, la base de datos resultante se procesa vía internet y como resultado se tiene una categoría por estrellas de la carretera desde la perspectiva de cuatro tipos de usuarios: ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones, así como recomendaciones, sus costos y sus beneficios. La escala de la calificación por estrellas va de uno a cinco, donde uno es lo menos seguro y cinco lo más seguro.

Para los ocupantes de vehículos se obtuvo una calificación de 4 estrellas, para motociclistas y ciclistas no se generaron resultados. Para peatones en general se obtuvo una calificación de 2 estrellas, asociada con la necesidad de cruces peatonales y caminos peatonales separados de la autopista.

El software propone para el segmento analizado la instalación de barreras de protección laterales derechas del kilómetro 98+000 al 98+390, mejoras en la

delineación y la señalización de la intersección del kilómetro 98,3, así como la creación de camino para peatones separado de la autopista en los kilómetros 98+100 a 98+290 y 98+500 a 98+990

Realizando el análisis económico mediante el software especializado, se destaca que para la colocación de barreras de protección laterales derechas, el sistema estima un costo de 740 mil dólares para el segmento analizado contra un valor presente de los beneficios de 1 millón 636 mil dólares para un horizonte de análisis de 20 años (o una relación costo/beneficio de 2,21 para este tipo de medida).

Analizando el tránsito, se llegó a la teoría de que los problemas de accidentalidad podrían estar siendo causados por el gran flujo vehicular que transita por la zona. Se procedió a realizar un análisis de capacidad vial y nivel de servicio, así como una revisión de las vías de comunicación con las que cuenta la ciudad y en específico la zona bajo estudio. Se determinó que la carretera se encuentra con un nivel de servicio "C" en ambos sentidos de circulación, de acuerdo con la tendencia del tránsito se prevé que en diez años (año 2021) la vía tendrá serios problemas de congestionamiento. A partir del año 2018 se tendrán problemas de capacidad (nivel de servicio E).

Se encontraron dos ejes viales paralelos a la carretera analizada, sin embargo, ambos caminos presentan muy malas condiciones físicas, lo cual genera que la mayoría de los usuarios que quieren transportarse del sur de la conurbación hacia la ciudad de Cuernavaca (y viceversa) opten por la autopista bajo estudio. Además, se detectó la carencia de una estructurada red vial, pues se tienen muy pocos ejes viales en el área metropolitana, produciendo la concentración del tránsito en muy pocas vías.

El constante crecimiento observado en los últimos años de la zona metropolitana de Cuernavaca y su tendencia a seguir con este comportamiento, es importante tomar las medidas necesarias para cubrir la demanda de tránsito presente y futura. Se requiere la construcción de nuevas vías y mejora de las existentes. La autopista no puede analizarse de manera aislada puesto que forma parte de la estructura vial de Cuernavaca. Las mejoras que se hagan en ella influirán en el resto de las vías de la ciudad y las mejoras que se hagan en la red vial se reflejarán en mejoras del nivel de servicio del segmento analizado.

La mayoría de los accidentes se concentran en los kilómetros cerrados, es decir km 96, 97, 98, 99, etc. El personal encargado de registrar los accidentes no captura la localización exacta del percance, redondeando su ubicación y dificultando el análisis. Analizando la información de accidentabilidad de los últimos años, se observa que el 78% de los accidentes caen en solamente cuatro categorías: *choque por alcance*, *choque por alcance múltiple*, *salida del camino* y *choque contra muro central*. Estas mismas categorías engloban el 74% de los lesionados y el 100% de los muertos. Si se logran enfocar los esfuerzos hacia la prevención de este tipo de siniestros, determinando los elementos que los causan y realizando cambios en estos, se reducirán notoriamente los índices de siniestralidad.

Las condiciones ambientales adversas no son un factor determinante para la ocurrencia de los accidentes en el segmento. Gran parte de los accidentes están asociados al fin de semana, ocurriendo el 71% de ellos entre los días viernes, sábado, domingo y lunes. El periodo nocturno es mucho más peligroso que el periodo diurno.

La inadecuada geometría y falta de carriles de aceleración y deceleración en las rampas de entrada y salida de la intersección del kilómetro 98+300 provoca que los conductores toman las salidas a exceso de velocidad, saliendo del camino o chocando contra las barreras izquierdas en estas zonas, los conductores que tratan de incorporarse al tronco tienen una reducida visibilidad e inician su arranque desde cero, lo cual interfiere con el tránsito que va de frente, propiciando la ocurrencia de accidentes en la zona.

Los accesos y puestos irregulares producen interferencias en el tránsito, incitando la presencia de accidentes y disminuyendo la capacidad del segmento

Es necesario definir un límite de velocidad adecuado para la zona y la instalación de señalamiento oportuno que lo indique. Se recomienda la instalación de sistemas automatizados para el control de la velocidad.

Un elemento que reduce el volumen de servicio, es causa potencial de accidentes. El segmento cuenta con múltiples accesos tanto regulares como irregulares. Es necesario realizar obras para mantener un buen nivel de servicio

Los accidentes ocurridos en el periodo diurno están más relacionados a problemas de capacidad, donde aparecen colisiones de tipo por alcance o por alcance múltiple. Los nocturnos son relacionados con la pérdida del control del vehículo. La gran mayoría de los accidentes, tanto de día como de noche, ocurrieron a causa del exceso de velocidad. Si se logra tener un control sobre la velocidad a la que circulan los vehículos, se reducirán los índices de siniestralidad. Esta medida tendrá resultados notorios si se aplica en conjunto con correcciones en las deficiencias de la infraestructura.

La aparición de accidentes no sólo se limita a las condiciones de la infraestructura del camino y el comportamiento del conductor, sino que ahora se entrelazan con la dinámica vehicular urbana compuesta por tránsitos de paso, tránsitos locales, motociclistas, ciclistas y peatones. De este modo, los accidentes no son resultado de un elemento aislado, sino de una serie de circunstancias que propician su aparición.

La clasificación funcional de la vía no corresponde a una autopista y las características físicas de la infraestructura tampoco corresponden a una arteria principal. Los conductores desarrollan altas velocidades en una zona donde no deberían tenerse dado la multiplicidad de elementos que se involucran.

Los factores que contribuyeron a la ocurrencia de los accidentes analizados son: iluminación inadecuada, exceso de velocidad, accesos mal diseñados, accesos directos incompatibles e improvisados, falta de separación entre vehículos y considerable presencia de motociclistas, ciclistas y peatones interactuando en una vía no diseñada para su circulación.

A corto plazo, algunas acciones que pueden implantarse en el segmento para disminuir sus índices de siniestralidad vial son:

1. Eliminar los accesos directos a propiedades privadas.
2. Clausurar el parador comercial del kilómetro 98+400 en dirección a Acapulco y realizar un estudio para la ordenación de los puestos comerciales irregulares localizados en los márgenes.

3. Instalar las señales y barreras laterales derechas faltantes, poniendo énfasis en el señalamiento correspondiente a las limitaciones de velocidad.
4. Mejorar la geometría de las rampas de entrada y salida de la intersección del kilómetro 98+300 y construir carriles de aceleración y deceleración en las mismas
5. Implementar un sistema automatizado para el control de la velocidad.

Se recomienda que límite de velocidad se fije en 90km/h y la implementación de un sistema automatizado para el control de velocidad, un sistema automatizado de emisión de multas para quienes infrinjan el límite máximo de velocidad y analizar la posibilidad de implementar sistemas inteligentes con información en tiempo real de las situaciones prevalecientes en la red vial.

A mediano y largo plazo, se recomienda realizar un estudio detallado que abarque la totalidad de la red vial de la zona conurbada de la ciudad de Cuernavaca, ampliar la sección transversal de la autopista y realizar la construcción de un nuevo libramiento.

Conclusiones

El problema de salud pública que provocan los accidentes viales crece a medida que aumenta el parque vehicular. Para controlar dicho crecimiento es necesaria la construcción de sistemas colectivos de transportes eficientes, cómodos, seguros y económicos.

Cada vía terrestre debe ser diseñada, construida, operada y monitoreada para dar un servicio *seguro* hacia todos sus usuarios, independientemente del tipo de transporte que estos ocupen para llegar a ella. Deben tomarse medidas de seguridad que minimicen los niveles de siniestralidad producidos por los accidentes viales.

El problema de siniestralidad vial en México es sumamente fuerte. El parque vehicular en el país prácticamente se ha duplicado del 2000 al 2009 y no se han tomado las medidas necesarias para mejorar la seguridad de las vías y control del parque vehicular.

Es necesario implantar medidas como la creación de mejores sistemas de transporte público y mejorar la calidad de las vías. La normativa de nuestro país no realza la importancia que la clasificación de los caminos tiene de acuerdo a la *función* que desempeñarán. Una vía terrestre, ya sea urbana o rural, no funciona como un elemento aislado del resto de vías vecinas. Cada vía forma parte del sistema vial donde todos los elementos deben trabajar en conjunto para funcionar apropiadamente.

Una carretera desarrollada en un escenario urbano está sujeta a varios elementos, desde los múltiples tipos de usuarios a quienes deben dar servicio, hasta los elementos propios del mobiliario urbano que provocan distracciones en los usuarios.

Las velocidades que pueden sostenerse con seguridad difieren de un camino a otro de acuerdo con sus características particulares. La manera de conducir sobre un camino con entorno rural difiere de la correspondiente a un entorno urbano. En general, la mayor parte de los conductores aceptan velocidades menores en zonas urbanas que en zonas rurales. Sin embargo, debe existir una zona de transición que le indique al usuario que las condiciones van a cambiar, preparándolo para que modifique su comportamiento. Para que el funcionamiento de una carretera sea adecuado, ésta debe

integrarse con el entorno que se le presenta.

El diseño de la infraestructura vial influencia el comportamiento de los conductores, en especial la velocidad a la que conducen, particularmente en las cercanías a áreas urbanizadas. La infraestructura debe inducir a unos comportamientos compatibles con su entorno y su uso, y a su vez, todo elemento de su diseño debe resultar compatible con esos comportamientos inducidos.

Debe procurarse la uniformidad de un camino, desde su diseño hasta su operación. En un camino donde se logren mantener condiciones de semejanza en su operación, las sorpresas hacia los usuarios se reducirán, minimizando así la ocurrencia de accidentes. La multiplicidad de funciones en la vía debe evitarse, pues inevitablemente significa vehículos viajando a distintas velocidades, rompiendo de este modo la uniformidad buscada. La mezcla de usuarios de diversos tipos y comportamientos causa restricciones de la capacidad, retrasos y deteriora los niveles de seguridad.

Especial atención debe tenerse hacia los usuarios más vulnerables como lo son los peatones, individuos que no conducen ningún tipo de vehículo pero sí hacen uso de la vía y muchas veces son ignorados en el diseño de ésta.

Es fundamental identificar convenientemente los lugares conflictivos, las carencias de seguridad existentes y proponer, en consecuencia, las medidas correctoras necesarias.

Nunca se llegará a extinguir la ocurrencia de los accidentes viales, sin embargo sí se pueden minimizar. Cada accidente que ocurre en una vía advierte que algo está fallando, ya sea la infraestructura, el vehículo o el comportamiento del usuario, por lo que cada uno de estos debe ser analizado.

Para el análisis de accidentes es básico contar con información precisa sobre: localizaciones exactas, trayectoria de los vehículos implicados, hora exacta, y las condiciones bajo las cuales se produjeron. Asimismo, se requiere de un sistema para su procesamiento y análisis.

Para afrontar con éxito el problema de los accidentes de circulación resulta esencial la colaboración entre las distintas instituciones implicadas: administraciones de carreteras, policía, autoridades sanitarias, autoridades judiciales, fabricantes de automóviles, operadores de transporte, medios de comunicación y usuarios. Con su participación se pueden crear planes de seguridad vial, que incluyan campañas de educación y de concientización, información pública y leyes al respecto.

En cuanto al caso de estudio analizado en el presente trabajo de investigación, cabe recalcar que el actual problema de siniestralidad está avisando que hay problemas en este segmento. Hoy en día se tiene un margen para realizar mejoras, por lo que deben efectuarse acciones al respecto. Las autoridades cuentan con un lapso no mayor a 10 años para llevar a cabo mejoras en el sistema vial de la zona conurbada de Cuernavaca, de lo contrario, ante el inexorable crecimiento del tránsito y la demanda, situaciones como siniestralidad vial, embotellamientos, circulación forzada e incluso detenciones momentáneas del flujo vehicular, serán parte de la vida diaria de los habitantes de esta conurbación. Estas mejoras deberán realizarse dentro del marco de un plan de desarrollo del transporte y del sistema vial (oferta), que considere los plazos corto, mediano y largo.

Introducción

La siniestralidad vial es un problema que ha ido creciendo a pasos agigantados en los últimos años. Tan sólo hace poco más de medio siglo era impensable que figurara como una de las principales causas de muerte. El rápido crecimiento del parque vehicular y la falta de medidas para organizar su circulación han hecho que la accidentalidad vial sea considerada como un problema de salud pública a nivel mundial. En la última década muchos países se han dado cuenta de la gravedad de este problema, por lo que han realizado varios estudios e implantado medidas para contrarrestarlo. La accidentabilidad en los caminos ha tomado tales magnitudes que en el mes de octubre del año 2005 se instituyó el tercer domingo de cada mes de noviembre como el “Día Mundial de Recuento de Víctimas de Accidentes de Tránsito”.

En lo general, un accidente es considerado como un producto de la casualidad, desgracia, contratiempo, catástrofe, infortunio, desventura o cualquier otra situación relacionada al azar, a lo *inevitable*, también se piensa que poco se puede hacer para prevenirlos o evitarlos. Sin embargo, la definición de accidente desde el punto de vista de la seguridad vial tiene un sentido totalmente distinto, pues se define como “evento en el cual uno o más vehículos colisionan, ocasionando daños a la propiedad, lesiones o muerte. Dicho evento es aleatorio pero su probabilidad de ocurrencia puede ser *minimizada* mediante modificaciones del comportamiento del usuario, diseño del vehículo, geometría del camino o ambiente de viaje”.

La Ley General de Salud define al accidente como: “hecho súbito que ocasione daños a la salud y que se produce por la ocurrencia de *condiciones potencialmente prevenibles*”.

Los accidentes de circulación son una coincidencia de una serie de circunstancias relacionadas en los que participan usuarios, vehículos, infraestructura, tránsito y entorno. Por lo anterior, para la reducción de la siniestralidad en los caminos es necesario estudiar la influencia de cada uno de estos elementos y la relación existente entre ellos.

Estudios realizados en los Estados Unidos de América (Treat, 1977), Inglaterra (TRRL, 1983) y España (Fundación Mapfre y Dirección General de Tránsito) (*Referencia 8*), han estudiado la influencia de cada uno de los elementos que intervienen en la accidentabilidad y llegaron a conclusiones muy similares, teniendo los siguientes resultados:

Tabla I.1
Elementos involucrados en la siniestralidad vial
y sus porcentajes de influencia

Elemento involucrado en la siniestralidad vial	Porcentaje aproximado de aportación a la ocurrencia del accidente
Factor Humano	95,0
Camino y entorno	18,0
Vehículo	5,5

En varios países se han tomado medidas que combinan:

- campañas de concientización al usuario (tanto peatones como conductores)
- castigos ejemplares para quien no siga las reglas de tránsito
- mejoras en la planeación del tránsito
- eliminación de vehículos en malas condiciones
- mejoras del camino y su entorno.

Lo anterior, en busca de una reducción en la accidentabilidad vial que hoy en día ya se encuentra entre una de la principales causas de muerte a nivel mundial, especialmente en adolescentes y adultos jóvenes en plena edad productiva.

El factor humano, que interviene como elemento causal en cerca del 95% de los casos, es sin duda el más complejo de analizar y complicado de controlar, por lo cual se requiere de la aplicación de una serie de campañas de educación y concientización (las cuales llevan algunos años en dar resultados). Aunque dichas acciones deben ser estudiadas y aplicadas por el gobierno, también es responsabilidad del ingeniero encargado de la seguridad vial analizar y entender el comportamiento humano cuando se encuentra haciendo uso de una vía. Asimismo, el ingeniero debe comprender el funcionamiento de los vehículos y así, interrelacionar dichos elementos con el camino en sí y su entorno, para de este modo plantear soluciones en busca de mejoras en la seguridad de la vía.

De esta manera, se puede definir la seguridad vial como: estudio y aplicación de estrategias para minimizar la ocurrencia de accidentes.

Ahora, teniendo en cuenta la gravedad del problema de la seguridad vial, surge el presente estudio, el cual nació de una revisión a los reportes de accidentabilidad de una de las carreteras de cuota más importantes de México, la autopista Cuernavaca-Acapulco, también conocida como Autopista del Sol, que junto con la carretera México-Cuernavaca conecta al núcleo urbano más grande de América (sexta ciudad más poblada del mundo de acuerdo a estadísticas de *Citypopulation* 2010, con aproximadamente 22,9 millones de habitantes), con una de las playas con más tradición turística en el país. Según los reportes de los accidentes ocurridos en los últimos años (2008, 2009 y 2010), el tramo con más confluencia de accidentes (tomando en cuenta ambos sentidos de circulación), se localiza entre los kilómetros 96 y 111. De acuerdo

con el Número de Accidentes Equivalentes (NAE), el segmento más inseguro es el que se ubica entre los kilómetros 98 y 99. El NAE es un indicador utilizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para ponderar en una sola cifra los saldos de accidentes, muertos y heridos ocurridos en un sitio determinado y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{NAE} = \text{numero de accidentes} + 2(\text{número de heridos}) + 6(\text{número de muertos}) \quad (1.1)$$

Para la adopción de medidas de seguridad, se considera que un tramo es peligroso si, a largo plazo, tiene un riesgo medio significativamente superior a la media en tramos de características semejantes. Para nuestro país, un punto considerado “peligroso” es aquel que se ubica en un tramo de 100 metros a un kilómetro de longitud con un promedio anual, registrado recientemente, de 4 o más accidentes. La definición anterior corresponde a carreteras de un carril por sentido, siendo también aplicable a cada calzada en el caso de carreteras de sentidos divididos.

Es así como analizando esta información y el levantamiento topográfico del tramo conflictivo, se llegó a la teoría de que esta situación se producía cuando la autopista se veía absorbida por la mancha urbana, ocasionando que la vía (concebida inicialmente como una autopista para largos recorridos), fuese usada como arteria principal para el recorrido urbano y suburbano, mezclando usuarios con diferentes objetivos, comportamientos, motivaciones, velocidades e itinerarios.

De esta manera se llega al problema específico de seguridad vial que causa una vía de largo recorrido al conectarse con un área urbana. La multiplicidad de funciones, la mezcla de vehículos, peatones, ciclistas, motociclistas, transporte público urbano, así como el nulo control de accesos y en general el ambiente que rodea esta situación, crea un problema con múltiples variables que hace complicado su estudio y planteamiento de soluciones.

Con base en lo anterior, para dar inicio al presente trabajo, se ha planteado la siguiente hipótesis: “La mezcla de funciones propulsa la siniestralidad en carreteras”, en torno a la cual se llevarán a cabo las investigaciones.

El medio que rodea a la carretera juega un papel de suma importancia, el clima, el estado de los márgenes, las actividades que se desarrollan en sus colindancias y el control de accesos, pueden determinar la peligrosidad o no de un tramo carretero. Para el caso de estudio el entorno tiene una importancia decisiva, pues el integrar una carretera conservado sus características de vialidad de largo recorrido dentro de un área totalmente urbanizada es difícil, sobre todo cuando las autoridades no tienen una política adecuada para restringir los accesos y hacer respetar el derecho de vía.

La teoría dice que para tratar un punto con alta siniestralidad vial, con el fin de reducir su peligrosidad, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. La concentración de accidentes debe estar relacionada con características de la vía o su entorno.
2. Identificar los factores que contribuyen a que se acumulen los accidentes para diseñar y ejecutar las medidas para corregirlos.

3. Para el diseño de las medidas correctivas deben tenerse en cuenta las características del itinerario del que forma parte el segmento tratado, y favorecer su homogeneidad para así evitar que el problema se traslade a las zonas adyacentes.

También deben analizarse los tramos aledaños al punto en estudio, pues si se toma como un punto aislado se corre el riesgo de generar el traslado del problema vial a un punto vecino.

Una vez identificado el punto de alta concentración de accidentes se deben analizar los accidentes, su tipo y origen, para así poder diseñar algunas medidas que disminuyan la incidencia de accidentes en el punto. Esto se toma de los reportes de tránsito, que se prefiere sean lo más detallados posibles para lograr entender la causa del accidente.

No es una tarea sencilla. Para comenzar el estudio de un punto con alta concentración de accidentes se hace un análisis de la zona seleccionada, se revisa el tipo e intensidad del tránsito, se analiza el entorno, se diagnostican las causas que provocan que el punto sea inseguro para finalmente diseñar las medidas que disminuirán la incidencia de accidentes. Esto en resumen, pues cada una de las etapas se debe desarrollar a profundidad.

El problema al que se hará frente consiste en que una carretera de largo recorrido no puede funcionar simultáneamente como una vía urbana y viceversa, o por lo menos debe tenerse una transición gradual que permita al usuario cambiar su comportamiento. Las características de velocidad, control de accesos, convivencia con peatones, motivación del viaje, factores internos del conductor, etc. son totalmente distintos en ambos tipos de vialidades. La problemática a tratar es el hecho de reconocer que una carretera ya se usa como arteria urbana, de este modo se darán soluciones alternativas a esta situación que genera una alta siniestralidad vial.

El objetivo de este estudio es plantear una serie de soluciones para corregir la alta siniestralidad vial que existe en el kilómetro 98-99 de la autopista Cuernavaca-Acapulco (punto de la autopista sumergido en un ambiente urbanizado). Asimismo, en el camino al logro de este objetivo, se analizará a detalle la problemática de seguridad que propicia el hecho de que una carretera sea absorbida por un núcleo urbano.

Para el logro de los objetivos se hará un análisis detallado de los causales de la concentración de accidentes en estos segmentos, de los factores de riesgo y de las opciones que se tienen para tratarlos. Lo anterior tomando como antecedente las experiencias internacionales e investigaciones bibliográficas y propias.

Específicamente se analizará la información con que se cuenta acerca del tramo y segmento a analizar, así como la bibliografía respecto a seguridad vial y tratamiento de puntos con concentración de accidentes. Posteriormente se analizará el área más conflictiva y sus alrededores para determinar las causas que producen su peligrosidad así como también un estudio del tránsito de la zona y análisis de su entorno. Finalmente se hará un diagnóstico y propondrán medidas para mitigar la siniestralidad en la zona.

En el cuerpo del estudio se presentan: en el capítulo 1, los antecedentes de seguridad vial en México, de la autopista en estudio y de la metodología que se utiliza en el análisis, en el capítulo 2, la descripción y análisis del problema de siniestralidad vial en carreteras en áreas urbanas y los factores que la causan, en el capítulo 3, la información

existente y recopilada en campo para el análisis del kilómetro en estudio y en el capítulo 4, el diagnóstico con la propuesta de mejora. Además de los capítulos anteriores, el trabajo se complementa con esta introducción así como con una sección final con las conclusiones y recomendaciones al respecto.

Los conceptos y conclusiones que se deriven de la presente investigación no sólo servirán para el caso en estudio, sino que también podrán servir de base para tramos de la misma autopista o alguna otra carretera del país con similar problemática.

Es así como se pretende llevar a cabo una investigación que logre colaborar en dar alternativas de solución al gran problema de la siniestralidad vial, en el caso específico de carreteras en su paso por áreas urbanas. Se busca contribuir en la investigación de técnicas para disminuir la cantidad de accidentes viales y sobre todo las muertes a causa de estos.

1 Antecedentes

En este capítulo se identifica la importancia de la seguridad vial en general y de forma particular en México así como las características de la autopista Cuernavaca-Acapulco. También se aborda la siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas, algunos antecedentes y la metodología del desarrollo de este trabajo.

1.1 Importancia de la seguridad vial

Las causas que provocan la muerte de la población en general han cambiado drásticamente en los últimos años, hace algunas décadas la gente fallecía a causa de enfermedades que hoy en día se encuentran controladas o erradicadas. Actualmente factores como la violencia, el SIDA y los accidentes de tránsito vehicular encabezan la lista de causas de mortalidad, por lo menos en lo que respecta a la región de las Américas. Especial importancia tiene lo relativo a los accidentes vehiculares pues, según encuestas realizadas por la Organización Mundial de la Salud (Referencia 4), figura entre las dos principales causas de muerte en personas de 5 a 44 años, colocándolo ya como un grave problema de salud pública.

Tabla 1.1
Principales causas de mortalidad, región de las Américas, 2004

N°	Rangos de edad						
	0-4	5-14	12-29	30-44	45-69	70+	Todas
1	Causas perinatales	Lesiones causadas por el tránsito vial	Violencia	Violencia	Cardiopatía isquémica	Cardiopatía isquémica	Cardiopatía isquémica
2	Enfermedades diarreicas	Leucemia	Lesiones causadas por el tránsito vial	Lesiones causadas por el tránsito vial	Enfermedad cerebrovascular	Enfermedad cerebrovascular	Enfermedad cerebrovascular
3	Infecciones respiratorias bajas	Ahogamiento	Lesiones auto infligidas	VIH/SIDA	Cáncer de pulmón tráquea y bronquitis	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Diabetes mellitus
4	Malformaciones congénitas	Infecciones respiratorias bajas	VIH/SIDA	Cardiopatía isquémica	Diabetes mellitus	Infecciones respiratorias bajas	Infecciones respiratorias bajas
5	Desnutrición energética proteica	Violencia	Ahogamiento	Lesiones auto infligidas	Cirrosis hepática	Alzheimer y otras demencias	Cáncer de pulmón tráquea y bronquitis
6	Meningitis	Malformaciones congénitas	Tuberculosis	Cirrosis hepática	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Diabetes mellitus	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
7	Trastornos endócrinos	Dengue	Infecciones respiratorias bajas	Enfermedad cerebrovascular	Cáncer de mama	Cáncer de pulmón tráquea y bronquitis	Violencia
8	Tos ferina (Whooping cough)	Trastornos endócrinos	Leucemia	Envenenamiento	Cardiopatía hipertensiva	Cardiopatía hipertensiva	Alzheimer y otras demencias
9	Lesiones causadas por el tránsito vial	Meningitis	Envenenamiento	Cáncer de mama	Lesiones causadas por el tránsito vial	Nefritis y nefrosis	Lesiones causadas por el tránsito vial

Lo anterior representa un problema sumamente grave dentro de cualquier sociedad, pues la población que se encuentra más vulnerable a perecer por esta causa son personas con alto potencial productivo y una vida por delante, sin dejar de lado el

sufrimiento inmensurable que esto causa.

Sólo para dar una idea de la siniestralidad que el tránsito vehicular provoca anualmente a nivel mundial, cada año cerca de 1,3 millones de personas fallecen a raíz de un accidente de tránsito —más de tres mil defunciones diarias— y muchas de ellas ni siquiera viajaban en automóvil. Aunado a lo anterior, entre 20 y 50 millones de personas más sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, tales traumatismos constituyen una causa importante de discapacidad. En cuanto al punto de vista económico, aproximadamente se estima que las colisiones de vehículos de motor tienen una repercusión económica del 1% al 3% en el PNB respectivo de cada país. Los datos anteriores según estadísticas concentradas por la Organización Mundial de la Salud (Referencia 4), en su Informe sobre el Estado de la Seguridad Vial en la Región de las Américas, publicado en el año 2009.

Sin embargo, el transporte es fundamental para el desarrollo de una nación (tanto en el sector público como en el privado). Países con un sistema de transporte desarrollado, son también catalogados como desarrollados en su economía y nivel de vida. El punto es diseñar los sistemas de transporte de manera que garanticen sus cuatro objetivos esenciales que son: transportar de manera rápida, económica, cómoda y sobre todo segura, ya sea a personas o bienes.

El transporte forma parte de la vida diaria, por lo cual el riesgo a tener un accidente por esta causa estará siempre latente, sin embargo se debe trabajar para minimizar su ocurrencia y magnitud, dándole a la seguridad vial la importancia que le corresponde como una de las principales causas de muerte de la población.

1.2 La seguridad vial en México

El problema de seguridad vial no es exclusivo de algunos países. A nivel mundial se tienen dificultades al respecto, sin embargo la diferencia la hace el tomar o no medidas para controlar este cáncer que ha acabado y sigue acabando con millones de vidas. Varias investigaciones se han desarrollado sobre este tema en los últimos años, es así como países con administraciones comprometidas con dar soluciones a este problema han realizado acciones que han logrado reducir significativamente el número de accidentes, lesionados y sobre todo muertos que ocasiona el tránsito vehicular.

En México, el departamento del gobierno que se encarga de la coordinación de todas las actividades de seguridad vial es el secretariado técnico del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (CONAPREA), el cual es un órgano colegiado y multisectorial adscrito a la Secretaría de Salud. Este secretariado contó con un presupuesto de 4 millones de dólares en 2011.

Según estadísticas concentradas en el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI), el número de muertos a causa de los accidentes viales en México, ha evolucionado en los últimos años como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2
Evolución de muertes por accidentes viales y crecimiento del parque vehicular

Año	Muertes ¹ por accidentes de tránsito	Población ² (Millones)	Riesgo de salud $= \frac{\text{muertes}}{100 \text{ mil habitantes}}$	Vehículos ³ registrados (millones)	Riesgo de tránsito $= \frac{\text{muertes}}{100 \text{ mil vehículos registrados}}$
2000	14 028	97,5	14,4	15,6	89,9
2001	14 016	99,7	14,1	17,3	81,0
2002	14 626	100,9	14,5	18,8	77,9
2003	14 918	102,0	14,6	19,8	75,3
2004	15 025	103,0	14,6	20,9	72,0
2005	15 976	103,3	15,4	22,1	72,2
2006	16 769	104,9	16,0	24,9	67,3
2007	15 349	105,8	14,5	26,7	57,4
2008	17 062	106,7	16,0	29,3	58,3
2009	17 820	107,6	16,6	30,9	57,7

Notas: 1 referencia 17
 2 referencias 1 y 17
 3 referencia 1

Según el Sistema Estadístico y Epidemiológico de Defunciones (SEED) de la Secretaría de Salud y el INEGI, de las 17 820 muertes que se presentaron en el 2009, el 78,4% de las víctimas eran del sexo masculino.

En la Figura 1.1 se muestra la distribución de víctimas mortales del tránsito vial por rango de edades. El 58% de los fallecidos a causa de un accidente vial están en plena edad productiva (15 a 44 años) y muy por debajo de la esperanza de vida que se tiene para nuestro país (75,1 años según la Referencia 1, año 2008).

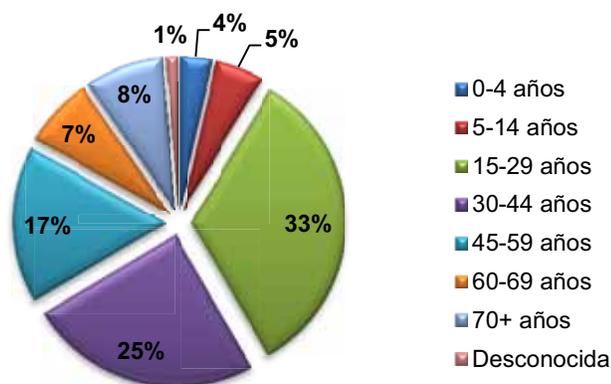


Figura 1.1 Distribución de víctimas mortales del tránsito vial por rango de edades

En la Figura 1.2 se muestra la distribución de víctimas mortales del tránsito vial por categoría de usuario. En ella resalta el gran rezago que se tiene en cuanto al registro y control de datos de siniestralidad vial, pues no se logra detectar a qué tipo de usuario corresponde el 42,38% de las víctimas mortales. Asimismo, indica que un alarmante 28,8% de las víctimas mortales son peatones, grupo extremadamente vulnerable y que ni siquiera viaja en un vehículo.

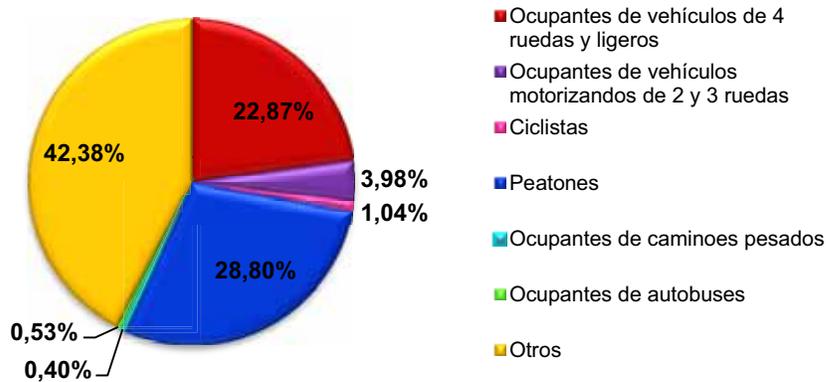


Figura 1.2 Distribución de víctimas mortales del tránsito vial por categoría de usuario

Por su parte, la Figura 1.3 muestra la distribución de los vehículos registrados de acuerdo a su tipo, la mayoría corresponde a vehículos ligeros.

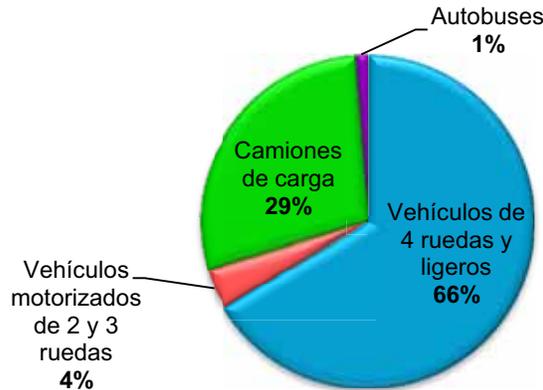


Figura 1.3 Distribución de los vehículos registrados de acuerdo a su tipo

Cabe mencionar que dado que dichas estadísticas provienen de los certificados de defunción (*Referencia 15*), una víctima mortal es aquella que pereció como consecuencia de un accidente vial, pudiendo haberse presentado el deceso en cualquier momento posterior a la ocurrencia del accidente (muerte acaecida en período ilimitado posterior al accidente).

Para el año 2009 (último registro publicado), el número de fallecidos asciende a 17 820. Además, para este mismo año se tuvieron alrededor de 490 mil lesionados (Referencia 17). En adición a los datos anteriores, anualmente cerca de 40 mil personas quedan discapacitadas permanentemente por esta misma causa, esto según datos expuestos durante la semana nacional de seguridad 2011 por el Director del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes (Dr. Arturo Cervantes). Desde lo económico, se calcula que el costo, consecuencia de los accidentes viales, asciende aproximadamente a 126 mil millones de pesos anualmente. Según la Referencia 16, entre el 1 y el 2% del Producto Interno Bruto es perdido como consecuencia de los accidentes en México.

Es también importante señalar que en México no se realiza un examen de seguridad antes de la construcción de los proyectos de infraestructura vial.

De acuerdo a los datos expuestos en la Tabla 1.2, se calcula que la cifra anual de fallecidos, a causa de accidentes viales, crece con una tasa media anual de alrededor del 3%. Es así como queda expuesta la problemática que se tiene en México a este respecto, así como la importancia de tomar medidas para contrarrestarla. No se puede dejar que esta causa siga cobrando la vida de tantos mexicanos.

Es de suma importancia señalar que el recuento de accidentes y víctimas (ya sean mortales o no) debe tratarse con mucha claridad y detalle, pues estos datos, además de dar un panorama del problema de seguridad en las vías, ayudan a detectar segmentos potencialmente peligrosos en un camino, así como también para evaluar medidas que pudieran haberse realizado. Lo anterior va relacionado al hecho de que si no tenemos datos confiables, los estudios y acciones que se realicen basándose en estos, no irán encaminados a las prioridades o problemas serios que puedan tenerse a nivel nacional en cuanto a la seguridad vial se refiere. Si se cuenta con datos precisos acerca de la siniestralidad en los caminos, a nivel nacional o regional se podrán seleccionar la o las medidas que aporten los mayores beneficios, de acuerdo al presupuesto que se tenga para este rubro. Por lo anterior se recomienda que la recolección de estos datos sea concentrada por una sola entidad, estableciendo reglas y recomendaciones para su obtención, para de este modo mejorar la calidad y confiabilidad de su recopilación. Esto tiene especial importancia cuando, como es el caso en nuestro país, la regulación de los caminos está a cargo de diferentes organismos, y cada uno tiene formas distintas para recolectar esta información. En general las cifras oficiales de la accidentalidad vial en México son generadas por el INEGI.

Para el caso de México, los datos relacionados con el número de accidentes son menos fidedignos que los relacionados con los lesionados, y estos a su vez son menos fidedignos que los relacionados con las víctimas mortales, es decir, los datos más confiables son los relativos a los muertos. Esta situación se presenta dado que muchos accidentes no son reportados, en especial cuando el percance no es muy grave y no se tienen lesionados. Asimismo, la falta de un control estricto que regule este tipo de estadísticas hace que algunos datos sean manipulables. Sin embargo, cuando un accidente es fuerte y llega a haber muertos, es muy difícil que el percance no sea registrado.

Para las carreteras operadas por Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) a continuación se muestran figuras con las gráficas resultantes del

análisis correspondiente al periodo enero-abril del 2011 (Referencia 18).

En la Figura 1.4 se muestra la distribución de accidentes de acuerdo con la existencia de víctimas (lesionados-muertos). Prácticamente, tres cuartas partes corresponden a accidentes sin víctimas.



Figura 1.4 Distribución de accidentes según existencia de víctimas

En la figura 1.5 se muestra la distribución de accidentes según tipo de vehículo involucrado. El 77% corresponde a automóviles.

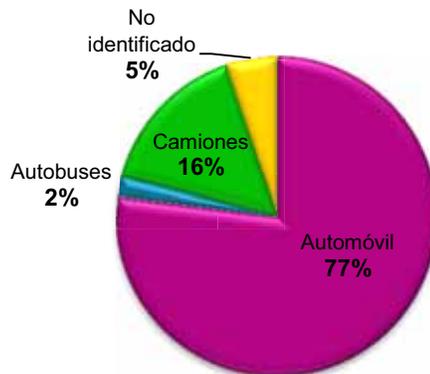


Figura 1.5 Distribución de accidentes según tipo de vehículo involucrado

En la Figura 1.6 se muestran los principales tipos de accidentes, la mayoría corresponde a tipos no registrados o identificados.



Figura 1.6 Principales tipos de accidentes

En la figura 1.7 se indican los principales tipos de accidentes y su porcentaje de víctimas. La mayoría de los casos corresponden a salidas del camino.

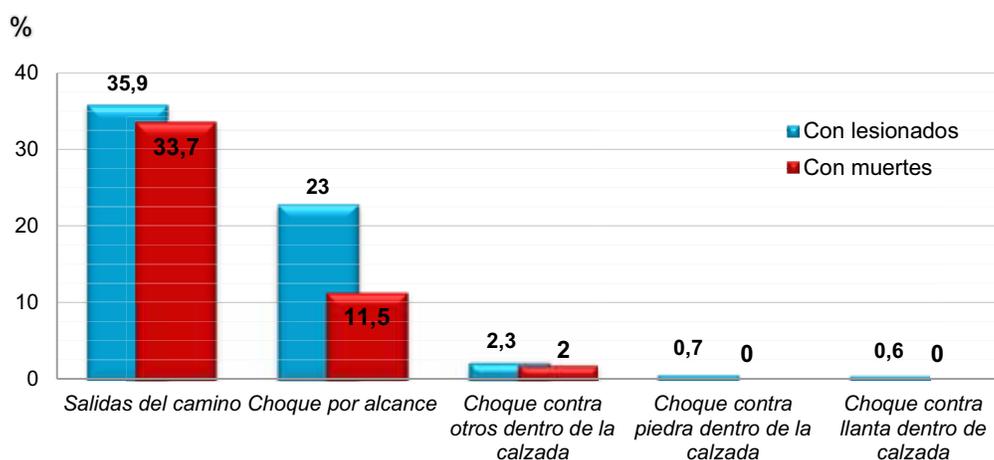


Figura 1.7 Principales tipos de accidentes y su porcentaje de víctimas

Las figuras anteriores (1.4 a 1.7) muestran datos de una pequeña parte de los caminos, pues sólo se contempla la red operada por CAPUFE, sin embargo, ejemplifica el comportamiento de la siniestralidad vial en las carreteras nacionales. CAPUFE es un organismo público descentralizado del Gobierno Federal de México, encargado de la operación de carreteras de cuota.

De las anteriores Figuras (1.4-1.7) se pueden resaltar las siguientes conclusiones interesantes:

1. La mayor parte de los accidentes en carreteras de cuota no presentan víctimas.
2. Los vehículos de 4 ruedas o ligeros están presentes en la mayoría de los accidentes (77%), seguidos por los camiones de carga con un 16%. Estas cifras

van muy de acuerdo con el parque vehicular que se tiene, pues de acuerdo a la Figura 1.3, para el año 2009 el 66% de los vehículos registrados pertenecían al grupo de los vehículos de 4 ruedas o ligeros, mientras que los camiones de carga representaban el 29%. Con base en lo anterior, los camiones de carga tienen una mayor participación en la composición vehicular que en los accidentes, aunque los accidente en los que se ven involucrados pudieran ser más severos.

3. El 56% de los accidentes viales son producto de sólo 3 causales: salidas del camino, choque por alcance y choque contra otros dentro de la calzada. De estos, las salidas del camino, que representan por si solos el 25% de la siniestralidad vial, son producto en gran medida del exceso de velocidad.
4. Un porcentaje muy importante de los accidentes causados por la salida del camino del vehículo son mortales (33,7% de ellos).

A nivel continental la problemática de siniestralidad vial es muy fuerte, sólo 3 países americanos presentan un riesgo de salud por debajo de diez por cada 100 mil habitantes. La Figura 1.8 (Referencia 4, 17 y 19) muestra el panorama general que se tiene al respecto en el continente americano.

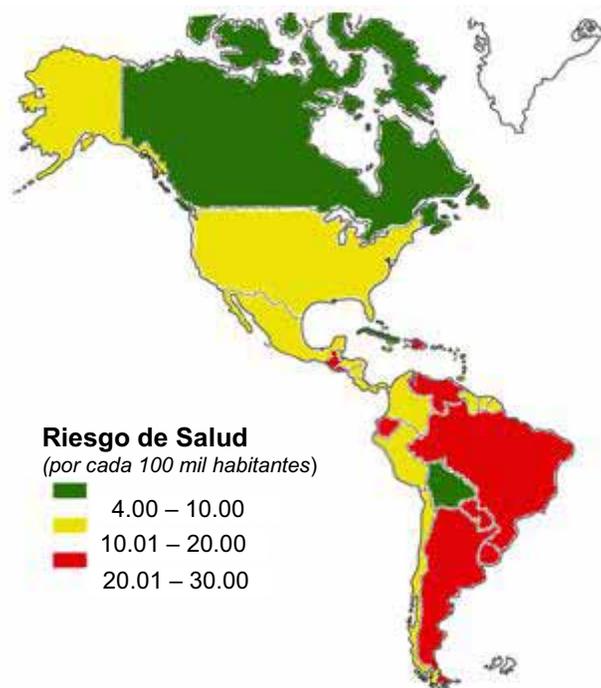


Figura 1.8 Mapa riesgo de salud por accidentes de tránsito en América

Debido a la importancia que actualmente tiene esta problemática de siniestralidad, la Organización de las Naciones Unidas, en conjunto con la Organización Mundial de la Salud, han decretado el periodo del 2011 al 2020 como la década de acciones para el mejoramiento de la seguridad vial en el mundo, con un enfoque principal en la

reducción de muertes por esta causa. México se ha incluido en esta lucha, comprometiéndose a reducir en 50% las muertes presentadas hoy en día.

Asimismo, el Gobierno de la República ha publicado en el Diario Oficial de la Federación la Estrategia Nacional de Seguridad Vial para el año 2011-2020 (Referencia 6). Esta estrategia está dividida en cinco categorías temáticas:

1. Mejor gestión de la seguridad vial mediante una serie de acciones multisectoriales en los diferentes órdenes de gobierno.
2. Evaluación y mejoramiento de la infraestructura vial y de transportes más segura.
3. Vehículos más seguros.
4. Cambio de comportamiento de los usuarios de las vías de tránsito.
5. Promover la mejora de los servicios de atención médica pre-hospitalaria e intra-hospitalaria, derivados de accidentes de tránsito.

De este modo, esta investigación busca contribuir al punto 2 de la mencionada estrategia, en específico a lo concerniente a la mejora de la seguridad de la infraestructura vial urbana e interurbana.

1.3 La autopista Cuernavaca-Acapulco, antecedentes

La autopista Cuernavaca-Acapulco o Carretera Federal 95D comunica, junto con la autopista México-Cuernavaca, la Ciudad de México con el puerto de Acapulco en el Estado de Guerrero. Estas dos autopistas sirven como opción de peaje paralela a la Carretera Federal 95, la cual constituye la ruta libre de pago que conecta la Ciudad de México con el puerto de Acapulco desde el año 1931. La Figura 1.9 (Referencia 14) muestra la estructura de las Carreteras Federales 95D y 95:

La autopista Cuernavaca-Acapulco, mejor conocida entre la población como Autopista del Sol, inició su construcción el 30 de agosto de 1989, finalizando en 1993 y siendo inaugurada por el entonces presidente de la República, Carlos Salinas de Gortari. La construcción de esta gran obra se llevó a cabo con fondos privados y el concurso de constructoras particulares. Se concesionó al Grupo Mexicano de Desarrollo con una inversión estimada de 1,7 billones de pesos de aquel tiempo. Actualmente CAPUFE se encarga de su operación y mantenimiento y forma parte del conjunto de caminos y puentes del Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas de Cuota (FARAC).

La autopista tiene una longitud total de 262,58 kilómetros desde la ciudad de Cuernavaca en el estado de Morelos hasta el puerto de Acapulco, comenzando en el kilómetro 95 y finalizando en el 368+800. Surgió como una necesidad de disminuir el tiempo de recorrido y aumentar la seguridad para el tránsito entre la gran Ciudad de México y el principal centro vacacional de aquella época, el puerto de Acapulco. El ahorro de tiempo que representa el uso de la carretera de peaje es de aproximadamente 2 horas y media, sin embargo es muy variable pues depende del tránsito pesado que circule por la vía libre, pues esta carretera sólo cuenta con 1 carril por sentido.

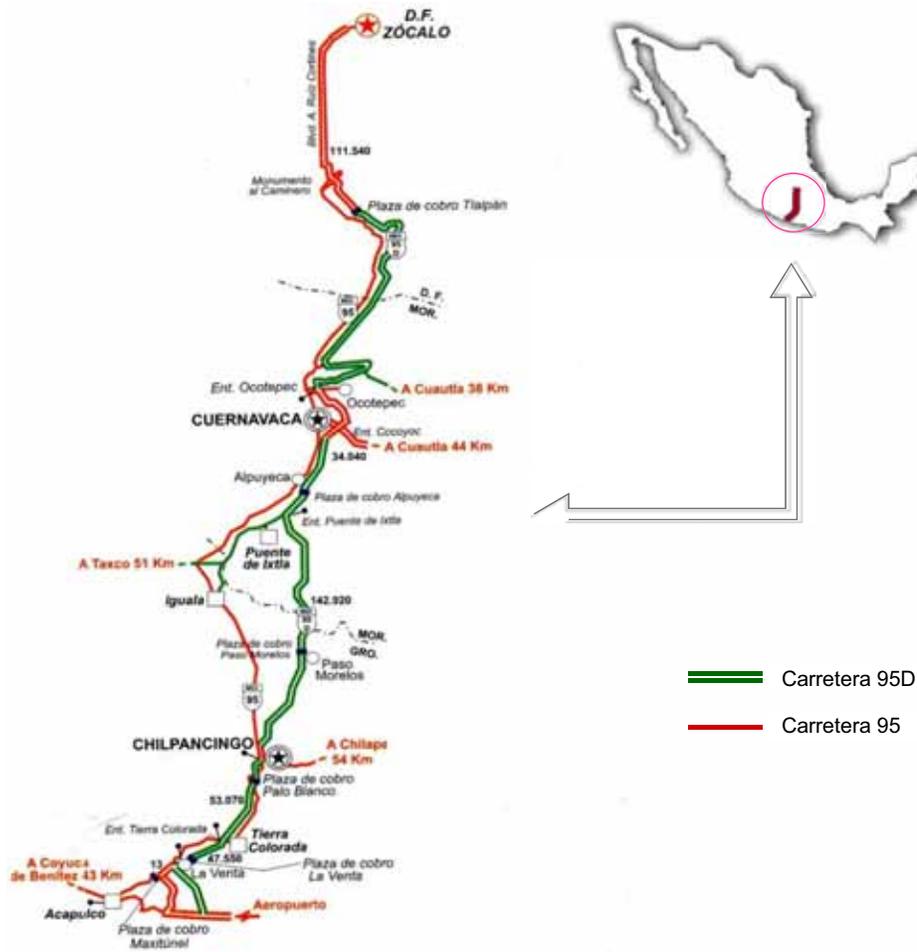


Figura 1.9 Esquema de las carreteras 95D y 95 (México-Acapulco)

La Tabla 1.3 presenta los datos en cuanto a distancias, tiempo y costos de la autopista 95D actualizados al mes de julio del 2011.

Tabla 1.3
Relación de tiempo, distancia y costo de la carretera 95D (SCT)

Tramo	Tiempo	Kms	Costo (2011)
Ciudad de México-Cuernavaca	1 h 25 min	88,64	\$86,00
Cuernavaca-Acapulco	3 h	289,58	\$445,00

La orografía de la zona que atraviesa la autopista es muy complicada, por lo cual este camino cuenta con numerosos cortes y terraplenes de considerable dimensión. Producto de la situación anterior y deficiencias en el diseño de los taludes y de sus estabildades, la autopista presenta numerosos problemas en zonas de cortes y terraplenes, presentándose derrumbes a lo largo de la carretera, especialmente en los periodos de lluvia. En la autopista existen acciones permanentes de mantenimiento.

Sin embargo, los mayores problemas de siniestralidad (de acuerdo el indicador NAE, ecuación I.1 presentada en la introducción) no se producen en las zonas con problemas relativos a las estabildades de los taludes, pues según los reportes de accidentes de los últimos años (2008-2010), esta autopista tiene una peligrosidad mucho más alta cuando atraviesa la zona conurbana formada por las ciudades de Cuernavaca, Temixco y Jiutepec. Producto de la situación anterior, surge el presente estudio, abordando el tema de siniestralidad vial de una carretera en su paso por un área urbana.

Cabe mencionar que cuando la autopista fue concebida, la mancha urbana que forman estas tres ciudades (Cuernavaca-Temixco-Jiutepec) no existía como tal, pues cada ciudad era independiente, es decir, las ciudades se fueron expandiendo conurbando estas tres poblaciones y absorbiendo la autopista sin ningún tipo de control.

De acuerdo al programa de conservación de CAPUFE (Referencia 13), para el año 2011 se tenían planteados 6 contratos relacionados al mantenimiento de esta vía. Dichos contratos se distribuyen de la siguiente manera: dos relativos a estabilizar terraplenes, tres a estabilización de cortes y uno a colocación de microcarpeta. Revisando este programa se observa que CAPUFE no tiene contratos directos para mejoras en la seguridad de esta vía, sino que tiene una partida especial llamada Programa de Seguridad en Carreteras, que es general para todas las carreteras que administra. Sin embargo, el presupuesto que se destina a este concepto es de apenas 210 millones de pesos, lo cual representa el 6,14% del total de inversiones para conservación de CAPUFE. Esto hace pensar que la seguridad sigue siendo un concepto que no es prioritario, a pesar de los grandes problemas que se tienen en la nación a este respecto y el compromiso que se adquirió como parte de la década de seguridad vial ante la ONU.

1.4 Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas, antecedentes

El problema de siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas no es nuevo, su origen se remonta al momento mismo en que se crearon los primeros caminos para la comunicación entre ciudades. Se cree que los romanos fueron la primera civilización en construir caminos como tal y accidentes entre peatones, vehículos de tracción animal y otros elementos ocurrieron desde entonces.

Esta problemática de siniestralidad ocurre por la combinación de varios factores, sin embargo, su principal causa es el hecho de que una persona que viaja de una ciudad a otra, sobre algún tipo de vehículo, tiene un objetivo muy claro: transportarse lo más rápidamente posible, por lo que desarrolla velocidades mucho más altas que las que se tienen dentro de una ciudad. Asimismo, el ambiente aledaño a un camino a campo abierto es muy diferente al que se tiene en una vialidad urbana y la transición de uno a otro crea conflicto en la mente humana.

A pesar de que el problema siempre ha existido, la verdadera gravedad por la cual se trata este tema es la rapidez con la cual ha ido crecido en las últimas décadas cobrando la vida de gran cantidad de personas. Factores como: la expansión de las ciudades, la creciente necesidad de transporte y el aumento excesivo del parque vehicular (sólo por mencionar algunos), se han combinado con la falta de planeación urbanística para

hacer crecer esta problemática, de manera que la zona de unión entre carreteras y urbe sea considerada como un sitio potencialmente peligroso.

En varios países se han hecho estudios a este respecto, encontrando elementos concurrentes que producen el incremento de siniestralidad en estas zonas como lo son:

1. Accesos no controlados a la carretera (entradas y salidas). Los vehículos que tratan de incorporarse o salir del camino desarrollan velocidades inferiores a los que continúan su camino sobre la vía, por lo que esta diferencia de velocidades crea conflictos de accidentabilidad.
2. Mezcla de tránsito con diferentes objetivos. Un conductor de largo recorrido tiene un objetivo muy diferente al que tiene un conductor de corto recorrido, por lo cual su comportamiento dentro de la vía es distinto, incitando a la ocurrencia de accidentes cuando ambos se mezclan. Asimismo, se tiene que en zonas urbanas el tránsito es considerablemente mayor que en zonas rurales, la combinación de ambos flujos concentra una gran cantidad de vehículos, situación que también incrementa la accidentabilidad vial.
3. Coexistencia con otros tipos de usuarios. La combinación de diferentes tipos de usuarios como peatones, ciclistas, conductores, entre otros, provoca conflicto en la seguridad vial, pues sus características de movilidad son totalmente distintas.
4. Distracciones. Según estadísticas de la Dirección General de Tránsito Española, las distracciones causan 1 de cada 3 accidentes. En una zona urbana la cantidad de distractores es potencialmente mayor a la presente en zonas rurales.

Fruto de las experiencias internacionales que se han tenido sobre esta problemática, han surgido distintas alternativas para minimizar la ocurrencia y magnitud de los accidentes en estos tramos. Entre las opciones que se han aplicado se encuentran:

- a) Separación de tránsitos de largo y corto recorrido por medio de la construcción de vías paralelas a diferente nivel.
- b) Desviación de los movimientos de largo recorrido mediante caminos periféricos a la ciudad. Esta opción se combina con el control del crecimiento de la ciudad, pues si no se considera esto, el problema regresará al crecer la ciudad y absorber la vía.



Seúl Corea¹



Desconocido²

¹(http://transportblog.co.nz/wp-content/uploads/2010/06/seoul_beforedongdaemunarea.jpg)

²(<http://www.jec.cl/articulos/wp-content/uploads/2009/08/autopista-300x183.jpg>)

- c) Creación de vías de servicio paralelas a la vía principal con sus respectivos carriles de aceleración y deceleración. Ésta es una buena opción cuando las restricciones de espacio lo permiten.
- d) Construcción de intersecciones a desnivel.

Chicago USA³Los Ángeles USA⁴

- e) Separación total entre el movimiento de los vehículos, peatones y ciclistas. Es de suma importancia que la posibilidad de que un peatón y/o ciclista pueda interactuar con los vehículos motores de largo recorrido sea prácticamente nula. Esto se ha logrado con la colocación de barreras físicas o independizando movimientos con la creación de diferencia de niveles en sus trayectorias.

México⁵Japón⁶

³(http://t2.ftcdn.net/jpg/00/22/09/07/400_F_22090722_aGFqYKUBSpu4fetT3at1QQuWxwAKy78O.jpg)

⁴(<http://payload.cargocollective.com/1/0/31137/1163348/highway-1-los-angeles-cal-001.jpeg>)

⁵(<http://img99.imageshack.us/img99/1492/p1020673ib0.jpg>)

⁶(<http://img.xcitefun.net/users/2009/08/105048,xcitefun-highway2.jpg>)



España⁷



Caracas Venezuela⁸

- f) Disminución de las velocidades al entrar en zona urbana mediante diversas técnicas como señalamiento, dispositivos reductores de velocidad, modificaciones en la textura del pavimento, colocación de semáforos, glorietas de acceso a ciudades, etc.

Cada ciudad tiene características concretas que la hacen distinta al resto. Es por ello que no se tiene una respuesta general a la problemática, sino que ha de estudiarse cada caso en específico y determinar la solución que mejor se adapte.

Si hoy no se hace nada para controlar el conflicto que desarrollan las carreteras en su paso por áreas urbanizadas, la tasa de víctimas a causa de esta situación seguirá en aumento. Es por ello que surge la preocupación por investigar al respecto y proponer medidas para el mejoramiento de la seguridad en estas zonas.

1.5 Metodología de trabajo

Este estudio comienza con la realización de una investigación acerca de la problemática de siniestralidad vial que se presenta en carreteras que atraviesan por áreas urbanas. Con apoyo bibliográfico del tema, se determinarán los factores que intervienen en esta siniestralidad y sus causas potenciales, así como las medidas que se han implantado en diferentes partes del mundo para minimizar este problema de accidentabilidad y la efectividad que han presentado.

A continuación se procederá a reunir toda la información posible que coadyuve en el análisis del segmento seleccionado de la carretera en estudio (kms 96-111 de la autopista Cuernavaca-Acapulco). Más en específico, se recabará información del punto

⁷ (http://cache.virtualtourist.com/2559413-Entrance_to_the_city_Entrada_a_la_ciudad-Marbella.jpg)

⁸ (<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=321267&page=52>)

ubicado en el kilómetro 98 a 99, el cual es el objeto de estudio. Se requiere tener información del tramo con conflictos de seguridad aledaño al punto de concentración de accidentes, pues debe analizarse un conjunto, si no se corre el riesgo de trasladar el problema a un punto cercano. Para la investigación se requerirán -entre otros- datos los siguientes:

- Reportes de accidentes recientes
- Características del itinerario que recorren los usuarios
- Intensidad y tipo de tránsito, Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)
- Información meteorológica, geográfica y demográfica de la zona
- Estado físico de la vía (pavimentos, márgenes, barreras, señales, etc.)

Una vez teniendo un panorama completo de la problemática a la cual se hará frente, y habiendo recabado la información del caso en estudio, se seguirá con una visita al sitio en estudio para observar la dinámica presentada en la zona y determinar datos faltantes.

Posteriormente se examinará toda esta información. Entre otras cosas se analizarán los accidentes que se presentan en la zona para identificar los factores que contribuyen a su ocurrencia. Se realizará un diagnóstico completo.

En seguida se desarrollarán alternativas de solución para hacer frente a la problemática de seguridad vial presente en la zona en estudio, a fin de mitigar esta siniestralidad. Asimismo, se planteará la factibilidad de cada una de estas alternativas.

Finalmente se tendrá una sección de conclusiones derivadas de la investigación.

2 Siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas

2.1 Descripción del problema

Al paso en que una sociedad se va desarrollando, la demanda de movilidad aumenta. En los últimos años las sociedades en general han tenido un desarrollo sostenido, por lo que la demanda de transporte igualmente ha crecido. Esta necesidad de movilidad ha sido atendida en gran medida por el transporte terrestre, particularmente por el transporte privado (automóviles ligeros), dada la flexibilidad que permite en su uso en comparación con otros modos de transporte. Adicionalmente, impulsado por la globalización y el avance tecnológico, cada vez se tiene más facilidad para la adquisición de un vehículo automotor, produciendo un drástico aumento en el número de vehículos en circulación. Es por esto que la construcción de caminos ha tenido una gran evolución a lo largo de las últimas décadas, sin embargo, también la complejidad y problemáticas en cuanto a su diseño y operación han aumentado, en especial en lo que a seguridad vial se refiere. Uno de los problemas que la creciente necesidad de transporte y el desarrollo de las poblaciones ha potencializado, es la accidentabilidad vial que se presenta en las zonas donde carreteras se conectan con áreas pobladas. Cuando en este capítulo se mencione el término carretera, se estará haciendo referencia a una vía interurbana.

2.1.1 Clasificación de caminos de acuerdo al medio que los rodea

De acuerdo con el medio en el cual se desarrollan, se tienen dos tipos de caminos en general:

- Camino en zona urbana: camino ubicado dentro de ciertos límites establecidos por las autoridades responsables, teniendo la zona una población de 5 mil o más habitantes.
- Camino en zona rural: camino ubicado en campo abierto, fuera de los límites de las áreas urbanas, donde la presencia humana es escasa o nula.

En la transición entre un área rural y una urbana, se considera que el camino es de tipo suburbano.

Existe una sustancial diferencia entre los factores que involucra un camino con entorno urbano y uno localizado en área rural, por lo que sus características de operación y las problemáticas de seguridad que se desarrollan en cada uno son también distintas.

Camino en zona rural

El objetivo de los caminos donde la presencia humana sea poca o no exista, es

conectar destinos, ya sean poblados o puntos con importancia para el desarrollo de la sociedad. En este caso, las principales restricciones que condicionan su diseño y operación son la orografía, hidrología y geología del lugar por el que se cruza.

Su función es proporcionar movilidad a través de vehículos automotores. Es por ello que el diseño de este tipo de caminos está enfocado hacia su usuario prioritario que es el conductor, así como para la correcta operación de los distintos vehículos automotores que se prevé transiten por éste.

Asimismo, en la medida en que sus restricciones físicas lo permitan, los conductores que circulen por estas vías tenderán a desarrollar velocidades altas.

Se tienen varias clasificaciones para los caminos de este tipo, sin embargo, la más descriptiva es la que los cataloga de acuerdo con su sistema funcional, dado que agrupa los caminos conforme al servicio que proveerán. Un sistema funcional divide los caminos tomando en cuenta las etapas de viaje que se realicen, los movimientos que se desarrollan en cada fase son: movimiento principal, transición, distribución, colección, acceso y terminación. Cada etapa debe ser diseñada especialmente para su función. Para entender un poco más esta clasificación se presenta la Figura 2.1 (Referencia 22).

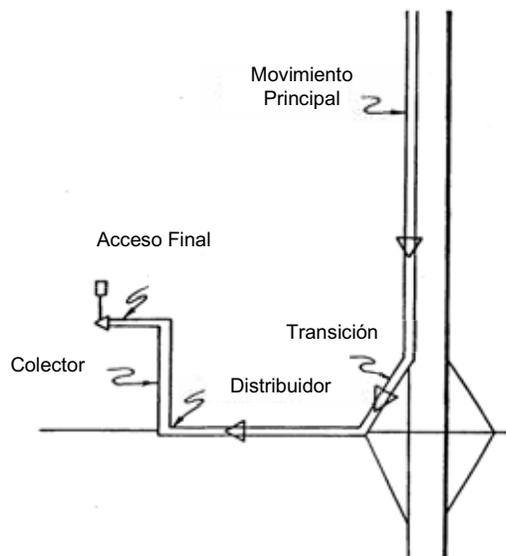
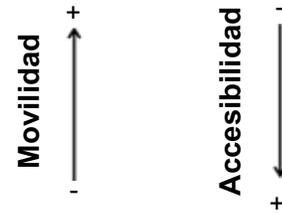


Figura 2.1 Esquema de las etapas de los movimientos

Tomando en cuenta este criterio de clasificación funcional, en el caso de caminos desarrollados en entornos rurales, se tiene la siguiente división:

- 1) Carretera principal
- 2) Carretera secundaria (para transición y distribución)
- 3) Colectores mayores y menores
- 4) Caminos locales (para el acceso final)



En la Figura 2.2B se muestra una red de caminos ordenada de acuerdo con su sistema funcional, por otra parte, en la Figura 2.2A (Referencia 22) se observa una complicada red que limita el adecuado funcionamiento del sistema vial.

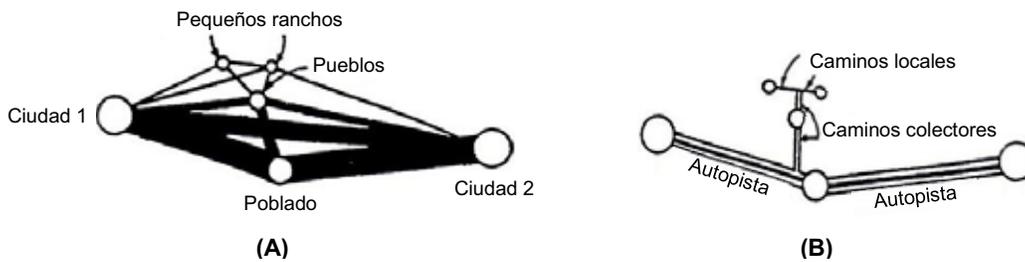


Figura 2.2 Comparativa de redes de caminos

Cuando en el diseño de una carretera no se contempla y jerarquiza adecuadamente la etapa de viaje a la que corresponde, ésta se vuelve disfuncional.

En México actualmente la división que se tiene de los caminos en áreas rurales se basa solamente en el Transito Diario Promedio Anual (TDPA). Este tipo de clasificaciones no permite considerar apropiadamente el sistema funcional de las vías, dando como resultado que carreteras con aproximadamente el mismo volumen de tránsito sean concebidas con el mismo criterio y provean idénticos niveles de servicio, a pesar de que hay diferencias considerables entre sus funciones.

**Tabla 2.1
Clasificación de carreteras en México**

Tipo de carretera	TDPA	Rango de velocidades
A	> 3000	110 – 60
B	1500 - 3000	110 – 50
C	500 - 1500	100 – 40
D	500 - 100	70 – 30
E	< 100	70 – 30

Camino en zona urbana

Un camino urbano tiene cuantiosos factores que restringen tanto su diseño como su operación. La función de este tipo de caminos no se limita a conectar puntos específicos, se trata de caminos que deben interactuar con toda una red de calles para proporcionar movilidad al poblado y, al mismo tiempo, permitir accesibilidad a dicha red.

En estas vías coexisten múltiples usuarios: conductores, peatones, ciclistas, motociclistas, etc., los cuales tienen comportamientos y características de movilidad muy distintos entre sí. Las vialidades urbanas forman un complejo sistema que debe tomar en cuenta una multitud de factores. Ya no sólo la orografía, la hidrología, la geología, el comportamiento de conductores y el desempeño de los vehículos automotores condicionan su diseño y operación, también deben considerarse los distintos usuarios, mobiliario urbano, funcionamiento de la red vial, etc., lo cual hace que estos caminos sean más restrictivos y por ende, las velocidades seguras que pueden desarrollar los conductores son muy inferiores a las que pueden tenerse en un camino a campo abierto.

En cuanto a la clasificación de caminos en zona urbana, la más descriptiva, al igual que en el caso de caminos en zonas rurales, es la que se refiere al sistema funcional. Estas vías suelen clasificarse como sigue:

1. *Arteria principal*: Es integrada por los corredores con mayor volumen de tránsito y destinos más largos. Constituye un pequeño porcentaje del total de la red, sin embargo, lleva la mayor proporción de los viajes. Conecta la mayoría de las travesías que entran y salen del área urbana e incluye la mayoría de los movimientos que atraviesan las ciudades. Estas vías proporcionan continuidad al sistema de caminos con entornos rurales cuando interceptan con los límites urbanos.

Dado el tipo de servicio que ofrecen, el acceso debe estar controlado casi completamente.

2. *Arteria menor*: Interconecta el sistema urbano de arterias principales. En estas vías se permite un mayor nivel de acceso que en las arterias principales, por lo que ofrecen menor movilidad al tránsito.
3. *Colectores*: Proveen acceso a las propiedades y circulación al tránsito dentro de vecindarios residenciales y áreas comerciales e industriales. Estas vías unen los viajes entre el sistema de arterias y su destino final.
4. *Calles locales*: Permiten acceso directo a lugares específicos y los conectan a los sistemas de mayor orden. Este sistema ofrece el menor nivel de movilidad.

2.1.2 Carreteras que llegan a zonas urbanas

Teniendo ahora un panorama general de las diferencias existentes entre un camino en un entorno rural y en un entorno urbano, ¿qué pasa cuando un camino a campo abierto se acerca y atraviesa un área urbana? A simple vista los términos carretera y ciudad no parecen compatibles. La mayoría de las carreteras tienen como fin llegar a un poblado, sin embargo la transición entre un ambiente rural y uno urbano crea una serie de necesidades que deben atenderse para que no se traduzcan en conflictos que den

como resultado la concentración de accidentes viales en estas zonas. Se trata de que la carretera conserve su función, pero que se integre de manera apropiada al sistema vial del área urbana.

Con base en las experiencias que se han tenido a lo largo de los años con respecto a la presencia de carreteras en entornos urbanos, ha quedado claro que la mejor solución es la creación de vías periféricas que rodeen la mancha urbana para que de este modo la carretera interfiera lo menos posible con las actividades propias de la población. Sin embargo, cuando por alguna razón no es posible o no se quiere desviar la vía de largo recorrido de la zona poblada, se pueden desarrollar propuestas y recomendaciones que impidan que se convierta en una vía de múltiples funciones, evitando así el riesgo que esto conlleva. Estas mejoras deben basarse en estudios detallados, que tomen en cuenta la totalidad de los elementos involucrados en el sistema de tránsito de las carreteras sujetas a esta condición.

Cuando una carretera se aproxima a un área urbana, se pueden presentar varias situaciones:

a) La carretera rodea totalmente el área urbana

Este escenario permite el acceso a la población por medio de vías secundarias. El cambio de un tipo de camino a otro es muy evidente y si se diseña adecuadamente la entrada al poblado, la siniestralidad vial en esta zona será baja. Asimismo, se evita la mezcla de los tránsitos de paso con los locales.

b) La carretera cruza la zona urbana pero se mantiene independientemente

Esta situación plantea que la mezcla de los tránsitos de largo recorrido con los locales no sea posible, esto se logra controlando los accesos. Asimismo, se aparta a los demás usuarios de la vía urbana (peatones, ciclistas, motociclistas, etc.) de la carretera, permitiendo una operación con independencia de las actividades propias del poblado.

c) La carretera se transforma en una arteria principal

La carretera modifica sus características, adaptándose a funcionar como una arteria urbana. La sección transversal cambia de tener acotamientos a banquetas, las velocidades permisibles bajan, los alineamientos se ajustan a las restricciones de la zona urbana, etc. Es decir, la carretera desaparece, convirtiéndose propiamente en una vía urbana. Cuando se presenta esta situación existe una peligrosa zona de transición, además de que los conductores de largo recorrido se mezclan con el tránsito local, propiciándose la multiplicidad de funciones en la vía.

d) La carretera cruza la zona urbana manteniendo sus características pero adquiriendo nuevas funciones diferentes a las originales

Esta situación es muy peligrosa, ya que la carretera cruza como tal el poblado. El conductor, dado que percibe las mismas características en el camino, conserva el comportamiento que tiene cuando el camino pasa por un entorno rural, por ejemplo, mantiene sus características de velocidad. Aunado a lo anterior, si no se tiene un control de accesos, esta zona se convierte en un verdadero foco rojo en

cuanto accidentabilidad vial por la combinación de tránsitos de largo recorrido con locales y por la convivencia de todo tipo de usuarios.

La presencia de una carretera dentro de un entorno urbano, entrelaza una numerosa cantidad de factores (propios de ambos tipos de caminos, zona rural y urbana), lo cual hace que su adecuado funcionamiento sea sumamente complicado. Para la buena operación de carreteras en estas circunstancias, se requiere tomar en cuenta todos los elementos actuantes en su sistema de tránsito, así como la manera en que actúan y se interrelacionan, si no se toma en cuenta el conjunto de estos elementos, con seguridad, un *punto con concentración de accidentes* se localizará en estas zonas.

¿Por qué existen problemas de seguridad vial en el cruce de las carreteras por poblaciones?

El paso de una carretera por una zona urbana plantea graves problemas de accidentabilidad debido, entre otras cosas, a la coexistencia de tránsitos de paso con desplazamientos locales y otros usuarios altamente vulnerables como peatones y ciclistas.

La mezcla de usuarios de diversos tipos y comportamientos causa restricciones de la capacidad, retrasos y deteriora los niveles de seguridad. Es por ello que cada vía debe destinarse a una función específica, adaptándola y diseñándola de tal modo que cumpla de forma eficiente y segura con la función asignada.

Además, en un camino siempre debe tenerse una cierta consistencia entre sus elementos, pues cualquier factor que tome por sorpresa al usuario de la vía es un posible causante de accidentes. Es por lo anterior que los elementos básicos de la carretera (trazado en planta y alzado, pavimentos, intersecciones, etc.) se conciben para garantizar la circulación de automóviles con *características de conducción similares*. En el ámbito urbano las condiciones que restringen el tránsito son más estrictas que las situadas fuera del poblado.

Es importante señalar que la influencia de los cruces por poblaciones en las características de la circulación y en los problemas de seguridad vial de una carretera, no se limita exclusivamente a su longitud, sino que se extiende a los tramos contiguos en una cierta distancia en la que se producen conflictos entre los movimientos de vehículos y peatones propios de la zona poblada y los del tránsito de paso. Es por esto que los estudios y las medidas de moderación de las condiciones de circulación no deben limitarse a la porción de la carretera que atraviesa la urbe, sino que debe extenderse cierta distancia hasta donde los conflictos ocasionados por esta problemática ya no sean perceptibles.

2.1.3 Accidentes viales en carreteras con entorno urbano

Los accidentes que más comúnmente se presentan en carreteras desarrolladas en áreas urbanas son los atropellos de peatones y los choques por alcance, por lo que los tratamientos de mejora de seguridad deben incluir medidas específicas respecto a ellos. Sin embargo, los índices de colisiones frontales y laterales, ocasionados por accidentes nocturnos y accidentes con un solo vehículo implicado, resultan más elevados en carreteras mientras cruzan un poblado que en tramos a campo abierto, por lo cual estos

deben ser también considerados.

Cuando se cuenta con un registro de accidentes, las acciones encaminadas a mejorar la seguridad vial pueden realizarse mediante la detección de puntos donde se concentra mayoritariamente la siniestralidad. Para la detección de puntos con concentración de accidentes, es conveniente considerar no sólo el número de accidentes de cada segmento de la red, sino también el volumen de tránsito que pasa por dicho segmento. Es decir, un segmento con gran volumen de tránsito tendrá más probabilidad de sufrir percances, sin embargo, un segmento con un bajo nivel de tránsito y menos accidentes que el primero pudiera tener un índice de peligrosidad mucho más alto. Normalmente en una red se le da prioridad para el mejoramiento de la seguridad a los segmentos carreteros que tienen un retorno más rápido sobre la inversión.

Detectando los puntos donde se concentra la accidentabilidad y analizando la información acerca de los percances presentados en estos sitios, se podrán detectar los factores que contribuyen en alguna medida a la acumulación de siniestros y tomar las medidas necesarias para mejorar la seguridad.

2.1.4 Impacto de las carreteras sobre el entorno urbano

La construcción de cualquier tipo de obra civil siempre causa impactos en el medio donde se desarrollan. En el caso de las carreteras ubicadas en zonas urbanas no se busca minimizar los efectos de la construcción sobre el medio natural, sino proteger la calidad de vida de las comunidades humanas que residen en ella. De esta manera se tienen los siguientes impactos:

1. Ocupación de suelo

El trazado de una carretera (cualquiera que sea su tipo), así como el diseño de las intersecciones, a nivel y sobre todo a desnivel, son grandes consumidores de espacio. Asimismo, aunque en una mancha urbana la mayor parte del área sea inerte, en el terreno sobre el cual se desplantan este tipo de obras es absolutamente estéril.

2. Ruido

Un vehículo motor produce ruidos que contaminan el ambiente. El ruido producido por los vehículos tiene dos fuentes distintas, cuya importancia cambia al variar la velocidad con la cual se circula:

- Velocidad menor de 80km/h. Para este rango de velocidades, el principal generador del ruido es el motor de explosión del vehículo. A éste se le agregan los producidos por frenazos, aceleraciones, bocinas, etc.
- Velocidad mayor de 80km/h. El ruido provocado por la rodadura de los vehículos sobre el pavimento suele ser importante a partir de los 80kph y, por encima de los 110km/h, este ruido ya es predominante.

Algunos países cuentan con leyes que establecen niveles máximos de ruido en función al uso de suelo de los terrenos adyacentes a la vía. En México no se tiene una ley que establezca estas limitaciones, aunque existen numerosas recomendaciones sobre los

límites por encima de los cuales el nivel de ruido puede ocasionar fuertes molestias.

Las medidas principales para disminuir el ruido producido por los vehículos que circulan por las carreteras consisten en proteger su entorno mediante la colocación de obstáculos a la libre propagación de las ondas sonoras. Los obstáculos pueden ser mediante vegetación, diques de tierra, trazados deprimidos o pantallas acústicas. Cabe hacer notar que en el caso de las pantallas acústicas, por situarse próximas a la calzada, deben tener un buen comportamiento ante la posibilidad de choques. Adicionalmente, existen algunas técnicas aplicables al diseño de la capa de rodamiento para reducir el ruido producido por la rodadura de los vehículos, por ejemplo, reducciones importantes se han conseguido con el uso de pavimentos porosos.

3. Efecto barrera

La construcción de una carretera crea un efecto de barrera por donde sea que pase. Un poblado debe contar con una cierta continuidad a lo largo de toda su extensión, de modo que permita el desarrollo de la sociedad que habita en ella, así como también para permitir la movilidad sea cual sea el modo de transporte (andando, por automóvil propio, por transporte público, etc.). Cuando una carretera atraviesa un poblado, aparece una barrera que interrumpe la continuidad de la ciudad y dificulta su funcionamiento.

El estricto control de accesos que en teoría debería tenerse en una carretera que atraviesa un área urbana, obliga a considerar la *impermeabilidad transversal* como uno de los principales impactos de las carreteras sobre el medio urbano.

2.2 Factores integrados en el problema

Es común que más de un factor contribuya a la ocurrencia de un accidente. Como ya se había mencionado antes, la siniestralidad vial que se presenta en las carreteras sumergidas en entornos urbanos es causada por la confluencia de una gran cantidad de elementos. A continuación se describen los principales factores involucrados en la aparición de siniestros en estas zonas.

2.2.1 Control de accesos

Éste es uno de los factores más importantes en la generación de siniestros en las carreteras. Varias investigaciones han demostrado que el control de accesos representa el elemento de diseño más importante para la reducción de accidentes.

Se tienen diferentes tipos de accesos: intersecciones, accesos privados, accesos de servicio y cruces de la mediana.

El control de accesos varía desde un control total, como debe ser en una carretera principal, hasta la inexistencia de control, como es común en la mayoría de las vialidades urbanas. Los accesos dependen también de las velocidades de circulación, la organización del tránsito y el entorno de la carretera.

Relación Accesibilidad - Movilidad

Las dos mayores consideraciones para definir la clasificación funcional de un camino

son: los accesos y la movilidad. Limitar los accesos en una vía principal es necesario para mejorar su función primordial que es la movilidad, por el contrario, en un camino local la presencia de accesos es más continua pues su función principal es proporcionar acceso. El número y grado de accesos es un factor importante para definir la categoría funcional de un camino.

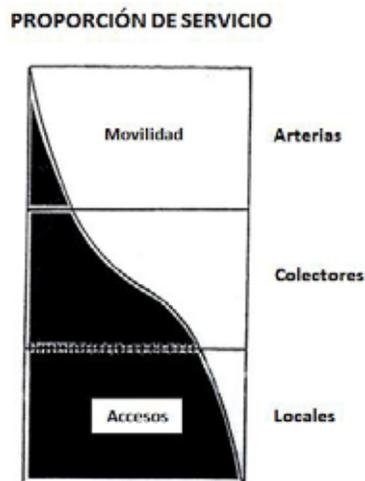


Figura 2.3 Relación Jerarquía-Movilidad-Accesos

De acuerdo a la Figura 2.3 (Referencia 22), las arterias ofrecen el mayor grado de movilidad, lo cual es necesario para viajes largos. Éstas deben ofrecer mayores velocidades de operación y mejores niveles de servicio, ya que el acceso a lugares adyacentes no es su finalidad, es decir, los accesos deben estar controlados para mejorar la movilidad. Limitar accesos permite favorecer la movilidad y aprovechar al máximo la capacidad de la red.

La especialización funcional de las vías en cuanto a su accesibilidad y movilidad, minimiza la utilización mixta que se considera peligrosa.

¿Por qué aumenta la peligrosidad de una carretera cuando no se controlan sus accesos?

La problemática de seguridad vial, que se genera cuando no se tiene un control de accesos adecuado, presenta dos variantes de acuerdo a la intensidad de tránsito existente sobre la vía:

- Tránsito intenso: Cuando se tienen grandes flujos de tránsito, los accidentes más comunes son los causados por vehículos que intentan incorporarse a la vía principal (tronco), sin tener espacio suficiente para acelerar, ocasionando así choques por alcance.
- Tránsito bajo: Cuando el tránsito que circula es poco, los conductores tienden a desarrollar velocidades superiores a las permitidas, por lo cual, los accidentes más comunes se producen al intentar salir del tronco, pues los vehículos que intentan realizar esta maniobra salen de la calzada debido a exceso de velocidad.

Las reducciones de velocidad o las detenciones de los vehículos que inician la maniobra de giro hacia el acceso, así como los movimientos de incorporación a la carretera, originan *diferenciales de velocidad* que pueden dar lugar a alcances, colisiones laterales o maniobras de adelantamiento indebidas. Es por lo anterior, que la seguridad de una vía puede mejorarse notablemente cuando se tiene un control en los accesos, pues los percances provocados por la entrada y salida de vehículos con velocidades bajas desaparecen.

Asimismo, el espaciamiento entre accesos influye considerablemente en la capacidad de la red. Una mala localización de los elementos de control de tránsito origina la aparición de cuellos de botella progresivos.

Aunado a lo anterior, en el caso de carreteras en áreas urbanas, no controlar los accesos permite la mezcla de tránsitos locales con tránsitos de paso, lo cual aumenta la peligrosidad, pues los comportamientos y objetivos de ambos tipos de conductores son sumamente distintos.

La implantación de accesos controlados elimina eventos inesperados y separa los puntos de decisión.

La autorización de accesos

La regulación de los accesos a una vía puede llegar a ser un tema difícil de tratar, cuando entran en juego intereses. Lo anterior se presenta dado que el control de accesos afecta la planificación del desarrollo urbano y, en muchas ocasiones, los intereses inmobiliarios. Los propietarios de terrenos cercanos a una carretera, buscan en la mayor parte de los casos obtener accesos frecuentes y directos a ella, sin considerar otros aspectos que pudieran generar problemas. Se hace evidente la importancia de contar con normativas claras que eviten caer en disyuntivas y favoritismos sobre este tema.

Las normas relativas al control de accesos deben ser especialmente claras en los siguientes puntos:

- Jerarquización funcional de la red, para así definir la categoría funcional de las vías.
- Establecimiento del nivel de control de accesos para cada categoría funcional.
- Asignación de estándares respecto a separación de intersecciones, espaciamiento de los accesos directos a las vías y requerimientos geométricos de los mismos.
- Establecimiento del proceso para la emisión de permisos que cubra la solicitud, evaluación, establecimiento de condiciones y plazos para obtenerlos, proceso de reclamaciones, inspección de la construcción, régimen disciplinario e inventario de accesos.

La gestión de accesos debe asegurar una accesibilidad suficiente a las propiedades, sin comprometer la funcionalidad del conjunto del sistema viario.

Relación accesibilidad - siniestralidad

La Tabla 2.2 (Referencia 11) muestra los resultados de un estudio realizado por el

Departamento de Transporte de Estados Unidos (Federal Highway Administration, 1992), sobre el efecto que tiene el controlar o no los accesos. Se puede observar cómo en el caso de caminos en zonas rurales, no controlar los accesos aumenta tres veces la tasa de siniestros con muertes (por millón de millas-vehículo), en comparación con el caso cuando se tiene un control total de ellos.

Tabla 2.2
Efecto del control de accesos en la tasa de siniestros

Control de acceso	Tasa de siniestros por millón de millas-vehículo			
	Urbana		Rural	
	Total	Con muertes	Total	Con muertes
Total	1,86	0,02	1,51	0,03
Parcial	4,96	0,05	2,11	0,06
Nulo	5,26	0,04	3,32	0,09

Asimismo, las Figuras 2.4 (Referencia 11) y 2.5 (Referencia 8) ilustran cómo repunta la peligrosidad de una carretera al aumentar el número de accesos.

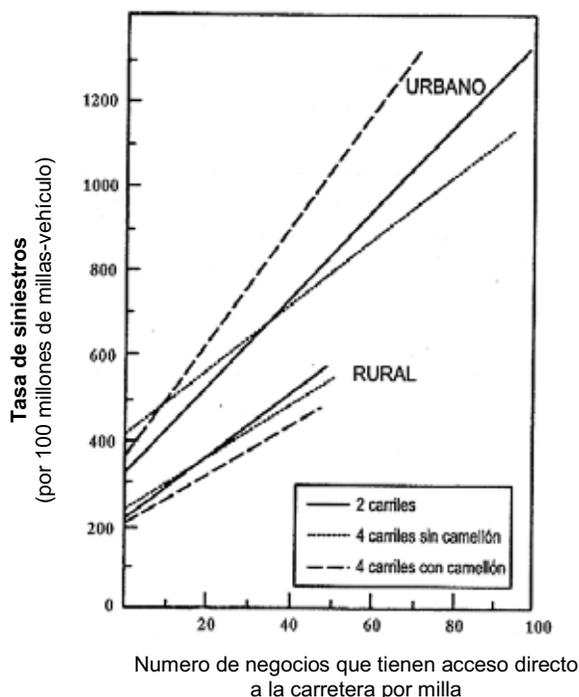


Figura 2.4 Efecto del acceso directo a negocios sobre la tasa de siniestros en carreteras

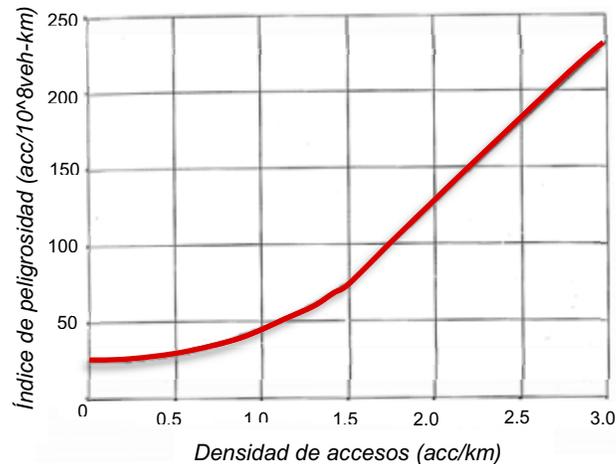


Figura 2.5 Densidad de accesos-índice de peligrosidad

2.2.2 Configuración geométrica de la vía

Una vez que se ha definido la función jerárquica de una carretera, hay que proporcionarle estándares geométricos congruentes con esa función. Los mayores estándares geométricos corresponden a una velocidad de proyecto elevada y uniforme, control total de acceso, sentidos opuestos separados por una faja separadora central, zonas laterales y faja separadora central benignas, y rampas de entrada y salida en intersecciones a desnivel. Las carreteras construidas con estos estándares se denominan autopistas. Entre mayores son los estándares geométricos de la carretera mayor será la seguridad vial.

Alineamiento horizontal

Como es de esperarse, las tasas de siniestralidad son mayores en curvas que en tangentes, sin embargo, el elemento más importante es la uniformidad en la geometría del camino.

Son varios los factores que influyen en la seguridad de una curva horizontal, entre los cuales se encuentran el volumen y mezcla del tránsito, características geométricas de la curva, sobreelevación y su transición, distancia de visibilidad de parada, fricción del pavimento, distancia entre curvas e intersecciones, etc.

En todos los casos se deben considerar las expectativas del conductor y evitar situaciones que puedan resultar peligrosas a la circulación, tales como las curvas cerradas en los extremos de tangentes largas, curvas contiguas en las que el radio de la segunda es mucho menor que el de la primera, cambios abruptos en la orientación del alineamiento que le dificultan a los conductores mantenerse dentro de su propio carril, etc.

Alineamiento vertical

Para un alineamiento vertical, estudios han determinado que es más peligrosa una subrasante descendente que una ascendente.

Combinación alineamiento horizontal - vertical

La combinación entre los alineamientos verticales y horizontales debe ser adecuada para no crear efectos visuales indeseables y falta de visibilidad. En especial, deben evitarse puntos conflictivos al pie de una pendiente descendente.

La orientación de la carretera es una situación que debe también tenerse en cuenta para evitar tramos donde se produzca deslumbramiento al amanecer o atardecer.

Sección transversal

En cuanto a la sección transversal, la seguridad de un camino de más de 1 carril por sentido se ve directamente influenciada por elementos como:

- Zonas de derecho de vía
- Diseño de franja separadora o camellones (mediana)
- Ancho de carriles
- Diseño de acotamientos
- Diseño de taludes en cortes y terraplenes
- Diseño de cunetas

Es de suma importancia que las franjas laterales a la calzada sean indulgentes, es decir, que al presentarse un accidente éste no sea mortal. A este respecto, la presencia de árboles, postes, estribos de puentes o cualquier otro elemento rígido debe atenderse, ya sea considerando una distancia segura entre ellos y la calzada, o mediante la colocación de barreras protectoras que eviten el impacto contra esos elementos.

Puesto que las variaciones de las características de la sección transversal tienen una influencia importante en la seguridad, debe tenerse muy presente que los cambios en ella deben ser graduales y señalizados.

2.2.3 Condiciones del tránsito

Las principales causas de accidentes en este aspecto son el exceso de velocidad, la mezcla de tránsitos de largo y corto recorrido y la intensidad del tráfico.

Exceso de velocidad

Uno de los causantes más comunes de accidentes viales es el exceso de velocidad. Es evidente que a mayores velocidades, el peligro de sufrir un accidente aumenta, pues el conductor tiene menos distancia para reaccionar ante un peligro, al mismo tiempo que el control sobre el vehículo se complica seriamente, al mismo tiempo que aumentan las posibilidades de que el accidente sea más severo.

Sin embargo, también la dispersión entre las velocidades de los vehículos que circulan sobre una misma calzada incrementa la probabilidad de tener un percance.

Mezcla de tránsitos de largo y corto recorrido

Esta situación se da como consecuencia del no control de accesos. La convivencia de tránsitos con diferentes objetivos y comportamientos provoca que la utilización de la vía no sea homogénea, es decir, la vía cumple con funciones mixtas que incrementan fuertemente su peligrosidad.

Un efecto de la mezcla de tránsitos de paso con los locales es la interacción de vehículos con diferentes velocidades, escenario considerado altamente peligroso.

Cuando esta situación se presenta, se debe determinar qué tránsito es más importante (largo o corto recorrido), para de este modo determinar la función que debe tener la vía y dar prioridad a quien deba tenerla. Bajo este planteamiento, carreteras que permitan la mezcla de tránsitos deben evitarse cuando el tránsito urbano sea importante y existan numerosos peatones.

Intensidad del tráfico

A medida que aumenta la intensidad, la exposición al riesgo de sufrir un accidente se incrementa. Un alto volumen de tránsito produce una frecuencia de accidentes relativamente mayor.

El tipo de accidentes que se presentan varía con la intensidad de tránsito que se tenga. Por ejemplo, cuando se tiene baja intensidad, los accidentes involucran sólo vehículos aislados, mientras que con intensidades altas, el número de vehículos implicados en un accidente aumenta.

2.2.4 El vehículo

La mezcla de vehículos con características de operación y desempeños distintos trae consigo que el uso de la vía no sea homogéneo, lo cual reduce la calidad de la seguridad del flujo vehicular.

Los vehículos pesados tienen menos accidentes que en el caso de los vehículos ligeros, sin embargo, cuando se llegan a presentar son de gran magnitud. Este tipo de vehículos circulan a menores velocidades que los demás, por lo cual su presencia también produce una dispersión en las velocidades.

En el caso de las motocicletas, este tipo de vehículo motor tiene menor estabilidad y protección, por lo que sus ocupantes son mucho más vulnerables ante un accidente.

Otra situación que eleva la peligrosidad es cuando en una carretera urbana se permite el paso de autobuses urbanos. Las paradas continuas que requiere la operación de este tipo de vehículos, así como la presencia de peatones al lado de las vías, crean una fuerte problemática de seguridad.

En cuanto al funcionamiento de los vehículos, los accidentes producto de una falla mecánica dependen de las condiciones físico-mecánicas, la edad, el nivel de mantenimiento, etc. Algunas situaciones de peligro que este tipo de fallas pueden provocar son:

- Coches descompuestos en los márgenes
- Residuos de neumáticos en la calzada

- Llantas ponchadas, frenos defectuosos o neumáticos en mal estado que provocan el descontrol del vehículo

La fabricación y diseño de los vehículos también ha ido evolucionando con el fin de evitar o minimizar la severidad de los accidentes. Los dispositivos de seguridad que se han implantado para evitar la aparición de accidentes se denominan como activos, contándose entre ellos los frenos antibloqueo (ABS), sistemas de suspensión para la estabilidad, sistemas de dirección, neumáticos, etc. Los dispositivos implantados para minimizar los daños en los ocupantes, en caso de que llegue a producirse un accidente, se denominan como pasivos, entre los cuales se tienen: cinturón, bolsas de aire, dispositivos de retención infantil, etc.

2.2.5 El factor humano

El factor humano es el que más influencia tiene en la aparición de accidentes, sin embargo también es el más complicado de predecir y controlar. La presencia humana en una vía es clasificada de acuerdo a cada tipo de usuario: conductor, peatón, ciclista y motociclista, principalmente.

En espacios urbanos las vías deben ser diseñadas para proporcionar movilidad a todos los usuarios (conductores, peatones, ciclistas, etc.) de manera que interactúen lo más cómoda, segura y funcionalmente posible, lo cual complica aún más el funcionamiento adecuado de una carretera cuando accede a un entorno urbano.

Para evitar los accidentes viales, es fundamental que todos los usuarios puedan reconocer rápidamente la conducta que de ellos se espera y estar preparados para las situaciones que se puedan encontrar.

El conductor

Los factores que influyen y determinan el comportamiento de un conductor son muchos, algunos de ellos son la experiencia, fatiga, preocupaciones, objetivos, edad, capacidad de visión, etc.

La uniformidad en los itinerarios es un elemento que se repite continuamente dentro del tema de seguridad vial. En este caso, debe procurarse que las expectativas del conductor sean constantes para evitar factores sorpresa. Cuando los conductores se enfrentan a situaciones no habituales que les exigen tomar decisiones y actuar rápidamente con arreglo de ellas, los resultados son imprevisibles y pueden ser fallidos. Sin embargo, el término uniformidad no debe confundirse con monotonía, pues esto también crea un efecto negativo en el desempeño del conductor.

La hora del día (periodo diurno o nocturno) también influye en el comportamiento y capacidades del conductor. En el caso de las carreteras envueltas en un entorno urbano, las horas sin luz del sol son más peligrosas.

El objetivo, y por lo tanto el comportamiento, de los conductores que sólo pasan por el poblado es distinto al propio de los conductores que residen en él. Es por ello que la mezcla de estos dos tipos de conductores origina una multiplicidad de funciones que crea requerimientos de diseño contradictorios y no compatibles entre sí.

Es importante mencionar que en un gran porcentaje de los accidentes viales, se

encuentra la presencia del alcohol. El consumo del alcohol presenta dos facetas: primero como excitante y después como sedante, ambas muy peligrosas. Cuando un conductor realizará un viaje de largo recorrido no es muy común que se embriague, mientras que en ciudades donde los recorridos son menores, es frecuente que conductores tomen el volante después de una fiesta o reunión donde han consumido alcohol. En el caso de carreteras en áreas urbanas el tema del alcohol se vuelve especialmente importante, pues si se permite la mezcla de conductores de paso con los de corto recorrido, se combinan dos de los elementos más peligrosos: la velocidad y la embriaguez.

El uso del celular al conducir está prohibido en la mayoría de los países, sin embargo sigue siendo un causal de accidentes.

El diseño de la vía debe guiar el comportamiento del conductor, sin embargo, la reducción de siniestralidades provocadas por este tipo de usuarios no será posible si no se cambian los malos hábitos. Esto se logra mediante sanciones, pero sobre todo la *educación vial* y *las campañas* dirigidas a corregir comportamientos riesgosos en ciertos grupos.

Peatones

En un entorno urbano, los peatones son unos usuarios más de la vía, tan importantes como lo son los conductores. Estos deben tenerse en cuenta no como un aspecto negativo sino como un elemento más a considerar en el diseño de la vía. No son obstáculos para el buen funcionamiento del tránsito, sino que son parte de éste.

La movilidad debe proporcionarse al conjunto de usuarios, teniendo un reparto equitativo del espacio público. El movimiento de los peatones debe separarse de los vehículos, canalizándolos de manera cómoda y segura.

El conocimiento de los puntos de generación y atracción de peatones es esencial para garantizar un correcto diseño de itinerarios. Algunas actividades que dan lugar a entradas y salidas frecuentes de peatones en el sistema vial son restaurantes, escuelas, comercios, centros de ocio, instalaciones industriales, etc.

El tratamiento de los itinerarios se realizará atendiendo a los caminos peatonales preexistentes, es decir, se intentará adaptar en la mayor medida posible el itinerario peatonal a su itinerario natural, evitando rodeos excesivos, rampas o escalones prolongados y medios hostiles que disuadan al peatón de utilizar el itinerario diseñado.

En términos de seguridad, el peatón es el usuario más vulnerable, en especial el grupo conformado por los niños y las personas mayores. A lo anterior se le agrega el hecho de que, dada la flexibilidad que permiten sus movimientos, los peatones obedecen con menos rigor las reglas y señales de tránsito.

En carreteras los peatones no deben entrar en ningún momento en conflicto físico con los vehículos en circulación. En este tipo de vías, los itinerarios longitudinales de peatones se deben diseñar fuera de la sección transversal y los cruces a nivel no deben existir. El cruce de peatones debe ser mediante pasos sobre o bajo la carretera. Para garantizar la no interferencia entre peatones y automóviles, este tipo de carreteras suele disponer de cerramientos a lo largo de toda su longitud, sin embargo, esto crea

un efecto secundario, el efecto barrera.

Las consecuencias de un atropellamiento en carreteras son más graves que en calles urbanas, pues las velocidades que se desarrollan en ella son mucho más elevadas, además que en carreteras no se espera la presencia de estos.

Estudios han revelado que la probabilidad de supervivencia de un peatón al choque es muy reducida si el vehículo que lo arrolla viaja a una velocidad superior a 30km/h. A partir de velocidades de 60km/h se recomienda la separación total vehículo-peatón.

Ciclistas y motociclistas

El diseño y operación de vías con entornos urbanos también debe considerar a los ciclistas. La influencia de este grupo de usuarios varía de acuerdo a la cultura y costumbres de cada región. Por ejemplo, en Holanda la bicicleta es el medio de transporte urbano más importante, por lo cual sus calles son diseñadas dando preferencia a los ciclistas sobre los automóviles. En México el uso de la bicicleta no es tan generalizado, sin embargo, algunas ciudades ya han considerado vialidades especiales para ellos y así fomentar su uso.

Al igual que los peatones, los ciclistas deben ser apartados del flujo de los automóviles, pues sus características de movilidad difieren considerablemente. Los impactos entre un vehículo con cierta velocidad y una bicicleta suelen ser mortales.

En el caso de los motociclistas, estos pueden estar presentes tanto en caminos en áreas urbanas como rurales. Se tienen algunos ejemplos de vías con carriles especiales para su circulación, aunque estos son muy raros. Las colisiones entre motociclistas y automóviles suelen ser muy graves.

2.2.6 Márgenes del camino y estado del pavimento

Márgenes del camino

En el caso de las carreteras, se trata que los márgenes estén libres de obstáculos laterales que puedan dar lugar a choques de frente, por ejemplo árboles, postes rígidos, estribos de puentes, etc. Asimismo, sobre los costados de la carretera deben evitarse distractores, pues gran parte de los accidentes son causados por perder la concentración sobre el camino.

Las actividades que se desarrollan en los terrenos adyacentes a una vía influyen al ser origen y destino de flujos de tránsito.

La infraestructura vial debe inducir a unos comportamientos compatibles con su entorno.

Pavimento

La influencia del pavimento sobre la seguridad vial tiene que ver con los siguientes aspectos:

- *Mal estado del pavimento.* Deformaciones y defectos en las superficies de rodadura de los pavimentos pueden ocasionar la pérdida de control del vehículo.
- *Falta de adherencia neumático-pavimento.* Esta situación puede presentarse al carecer la superficie de rodamiento de un adecuado coeficiente de rozamiento, ya sea que se encuentre seco o mojado.

La aparición de defectos no constantes en el pavimento es considerada muy peligrosa, sin embargo, cuando los defectos son constantes, el conductor baja su velocidad y presta más atención al camino.

2.2.7 Fenómenos meteorológicos, iluminación y señalización

Fenómenos meteorológicos

El clima juega un papel muy importante en cuanto a la seguridad de un camino. Si bien éste no se puede controlar, el desarrollo de la infraestructura debe estar de acuerdo a él. Las limitaciones que los fenómenos meteorológicos imponen a la seguridad de un camino son:

- *Disminución de la estabilidad del vehículo.* Ésta se presenta cuando se tiene la presencia de agua, ya sea en estado líquido o sólido, o vientos muy fuertes.
- *Disminución de la visibilidad:* La visibilidad que se tiene del camino se ve reducida con los siguientes fenómenos climatológicos: tormentas o nevadas fuertes, niebla y vientos con gran arrastre de partículas.

Iluminación

Debido a que el índice de accidentabilidad aumenta durante el periodo nocturno, las carreteras en área urbana deben contar con una buena iluminación artificial. El conductor debe ser capaz de percibir los elementos propios de la zona urbana que pudieran representar un peligro a su circulación. En México no se tiene una norma al respecto, sin embargo, algunos países recomiendan iluminación continua de acuerdo al volumen de tránsito. La normativa española, por ejemplo, recomienda una iluminación continua de la carretera a partir de un TDPA de 30 mil vehículos.

Señalización

Las señales son de suma importancia para la seguridad vial, éstas dirigen y alertan a los usuarios de las vías, por lo cual su carencia o incorrecta localización es un potencializador de accidentes. También debe tenerse siempre en cuenta que las señales por si solas no funcionan, el conductor debe ser capaz de verlas, interpretarlas, responder a ellas y obedecerlas. La información que proporciona la señalética debe permitir que los usuarios tomen correctas y rápidas decisiones. En ocasiones es recomendable el uso duplicado de señales (verticales con horizontales), con el fin de facilitar la percepción de discontinuidades que pudieran resultar peligrosas.

En el caso de las carreteras en áreas urbanas, la señalética destinada al tránsito de paso debe ser muy clara, con el fin de guiar oportuna y adecuadamente al conductor,

para así evitar que éste se pierda dentro del sistema vial urbano.

2.3 Soluciones al problema

Como ya se ha planteado, los factores que intervienen en la inseguridad vial de una carretera envuelta en un entorno urbano son muchos, sin embargo, se tienen algunos puntos principales que ayudan a mejorar la calidad de la seguridad vial en este tipo de escenarios. En las siguientes líneas se describen algunas recomendaciones que se han aplicado con éxito, logrando reducir la siniestralidad vial de carreteras en estas circunstancias.

Sin duda alguna la mejor solución es la creación de una vialidad periférica a la ciudad que permita evadir las problemáticas que la combinación carretera-ciudad produce. Sin embargo, en algunas ocasiones el planteamiento de un libramiento no es posible, por lo cual otras recomendaciones pueden aplicarse.

Los problemas de seguridad vial que las carreteras en áreas urbanas plantean son debidos a la *falta de adaptación de las condiciones de circulación al entorno urbano*, lo cual da lugar a velocidades de circulación elevadas con el consiguiente aumento del riesgo de accidentes por la interferencia con peatones, vehículos locales u otros elementos propios del entorno urbano.

Para reducir la accidentabilidad es necesaria la eliminación de los accesos directos. Una solución para esta situación sería crear carriles reservados para dar acceso, con sus respectivos tramos que permitan la aceleración y deceleración del vehículo, aunado a un buen señalamiento. La implantación de vías de servicio, aceras, carriles especiales e infraestructura que permita la segregación de los movimientos en los cruces, es una práctica que permite la mejora de la seguridad vial cuando estas situaciones se presentan.

Otra opción es la construcción de carreteras a distinto nivel, independientes de las alineaciones y rasantes del medio urbano. Este tipo de soluciones permite una concepción autónoma de la carretera quedando condicionada sólo en planta o en alzado por restricciones en algunos puntos y tramos críticos. Es sumamente importante conseguir en estos casos la integración de los márgenes de la carretera con el medio urbano atravesado, esto con el fin de reducir el tipo y magnitud del impacto sobre el mismo, es decir, separando las actividades urbanas pero integrando visualmente la carretera.

Una práctica muy aconsejable es trazar carreteras deprimidas. Esto también permite la separación de la carretera de las actividades urbanas y además permite una mejor integración con el entorno, así como disminución del ruido y menores costos en comparación con trazos elevados.

Un punto muy importante a tener en cuenta es el relacionado con el sobredimensionamiento del tronco de una carretera, pues si la capacidad está determinada por las intersecciones y las salidas, se estarían presentando paradas por colas de espera en esos elementos, lo cual también es un factor propiciador de siniestros.

En ocasiones el aspecto de carretera sigue siendo muy marcado: carriles y

acotamientos amplios, cunetas, etc. Para evitar esta situación se debe realizar un tratamiento diferenciado del campo abierto, que no introduzca a circular a una velocidad elevada. Entre los elementos que pueden contribuir a ello están:

- Disposición de carriles más estrechos que en campo abierto
- Sustitución de los acotamientos por aceras
- Instalación de elementos de mobiliario urbano y ajardinamiento en las márgenes
- Aplicación de elementos de moderación de la velocidad

Entre más nos acercamos al destino final, la velocidad se debe disminuir, es por esto que cuando una carretera entra en un entorno urbano se deben tomar medidas que inciten al conductor a reducir su velocidad.

En algunas ocasiones se hace uso de los semáforos para inducir la reducción de velocidad a la entrada de las ciudades. Esta situación permite la disminución de colisiones en ángulo, sin embargo, aumenta los choques por alcance. En carreteras con entornos rurales los semáforos deben tener mucha señalización, pues el conductor no espera encontrarlos en este tipo de vías.

La uniformidad es una práctica importantísima para la seguridad de un camino. En cuanto a las medidas de moderación de velocidades de circulación, debe haber consistencia en su diseño. Los elementos moderadores de la velocidad deben ser de una naturaleza uniforme, de manera que los conductores no se vean sorprendidos por nuevos diseños que pueden favorecer un comportamiento inadecuado.

En lo referente al pavimento, mejoras en la adherencia para disminuir riesgo de choques por alcance pueden desarrollarse en conjunto con otras medidas donde los choques de este tipo sean considerables.

Cualquier medida que permita la reducción de la incertidumbre en los usuarios, de forma que las características de la carretera y el comportamiento de los demás participantes en el tránsito se puedan prever mejor, contribuirá a la mejora de la seguridad vial.

3 Información del segmento en estudio

Para el análisis del problema de siniestralidad vial de carreteras en áreas urbanas, se ha tomado como caso de estudio un segmento de la carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco, situado en el paso de dicha carretera por el área conurbada de la ciudad de Cuernavaca. El segmento sujeto al análisis se encuentra entre los kilómetros 98 y 99.

Cabe mencionar que de los 262.58 kilómetros que tiene esta autopista, el tramo que posee el mayor índice de accidentabilidad NAE (de acuerdo a la base de datos de accidentes de la red de carreteras operadas por CAPUFE [Referencia 5]), es el ubicado entre los kilómetros 96 y 111, en específico, el segmento más conflictivo es el localizado entre los kilómetros 98 y 99. Resalta la importancia del problema de seguridad vial que se presenta en carreteras con entornos urbanos y suburbanos.

En este capítulo se presenta la información, tanto existente como recabada en campo, del segmento en estudio (km 98-99), así como de los kilómetros contiguos que exhiben la misma problemática, tramo del kilómetro 96 a 111. Parte de la información existente consiste en un levantamiento fotográfico de la autopista en ambos sentidos (Referencia 24), de acuerdo con los estándares de inspección del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (IRAP por sus siglas en inglés). Dicho levantamiento se construye con una secuencia fotográfica a cada 10 metros (3 fotografías con distinto enfoque en cada punto).

La información recabada en campo se obtuvo durante una visita al sitio los días jueves 18 y viernes 19 del mes de agosto del 2011. El día 18 se realizó un recorrido nocturno, en ambos sentidos del tramo, para verificar la legibilidad de la carretera en esas condiciones según los dispositivos de guía y balizamiento instalados, así como su retroreflectividad. El día 19 se hizo un recorrido general del tramo para verificar las condiciones diurnas, asimismo, se realizaron aforos con clasificación vehicular y velocidades de punto en los kilómetros 95+800 y 98+558 en dirección a Acapulco y 97+962 con dirección a Cuernavaca. Dichos aforos se realizaron durante un aproximado de 15 minutos cada uno, con condiciones climáticas favorables en un día soleado.

En lo sucesivo, cuando se haga mención del término “tramo”, se estará refiriendo al tramo comprendido entre los kilómetros 96 y 111, mientras que cuando hable de “segmento” se refiere al segmento entre los kilómetros 98 y 99.

3.1 Datos generales

3.1.1 Localización

La carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco atraviesa los estados de Morelos y

Guerrero y es parte de la autopista 95D que conecta la Ciudad de México con el puerto de Acapulco. En la Figura 3.1 se observa la ubicación de la carretera dentro de la República Mexicana, el segmento caso de estudio se muestra con un círculo color rojo al sur de la ciudad de Cuernavaca.



Figura 3.1 Localización de la carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco

La Figura 3.2 muestra una imagen satelital de la carretera entre los kilómetros 96 y 111. Puede observarse cómo este tramo, determinado antes como el más conflictivo de acuerdo al índice de accidentabilidad, coincide perfectamente con la mancha urbana generada por la conurbación de las ciudades morelenses de Cuernavaca, Temixco, Jiutepec, Emiliano Zapata, Xochitepec, Chiconcuac, entre otras. Esta área metropolitana cuenta (de acuerdo al censo poblacional realizado en el año 2010 por el INEGI [Referencia 1]), con una población de 857 386 habitantes, lo cual la convierte en la 15ª zona metropolitana más importante de México.



Figura 3.2 Carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco km 96-111

En la Figura 3.3 se tiene una vista satelital de la ubicación del segmento en estudio. La fracción de la carretera comprendida entre el kilómetro 98 y 99, se localiza en el municipio de Temixco en el estado de Morelos. Las coordenadas geográficas de la parte central del segmento en estudio (cadenamiento 98+500) son 18°51'29" Latitud Norte, 99°13'15" Longitud Oeste.

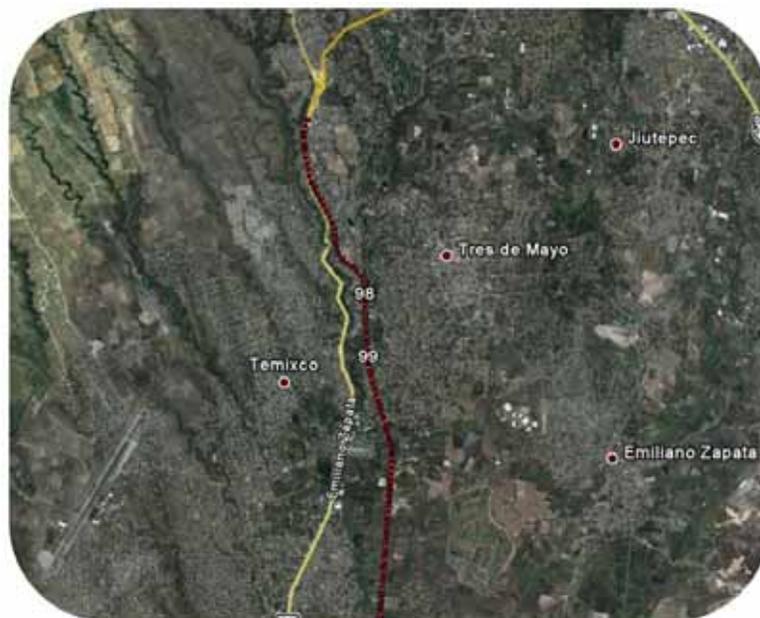


Figura 3.3 Carretera de cuota Cuernavaca-Acapulco km 98-99

3.1.2 Clima

En general la temperatura en la zona es muy estable, se tiene una temperatura máxima promedio de 28,5°C y una mínima promedio de 14°C. En el gráfico de la Figura 3.4 se representa la variación histórica mensual en la temperatura del área metropolitana de Cuernavaca (Referencia 23), la cual corresponde a un clima semicálido con una variación promedio diaria moderada.

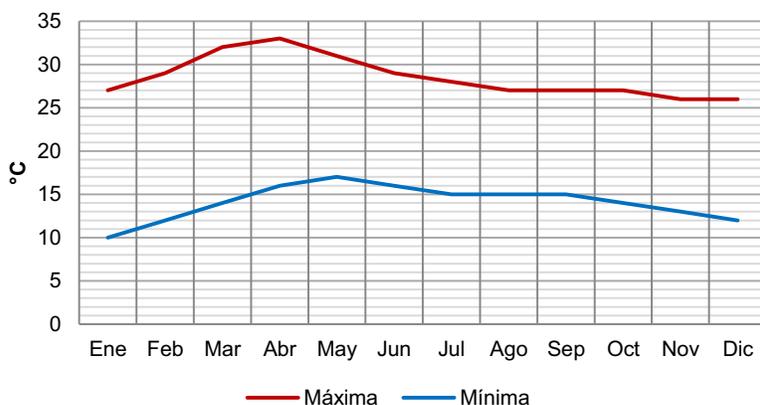


Figura 3.4 Gráfica de variación mensual de la temperatura

En cuanto a las lluvias, la ciudad de Cuernavaca cuenta una precipitación anual promedio de 1 201,5 mm (precipitación de mediana a elevada con respecto a la media presentada en el país), con el siguiente comportamiento mensual:

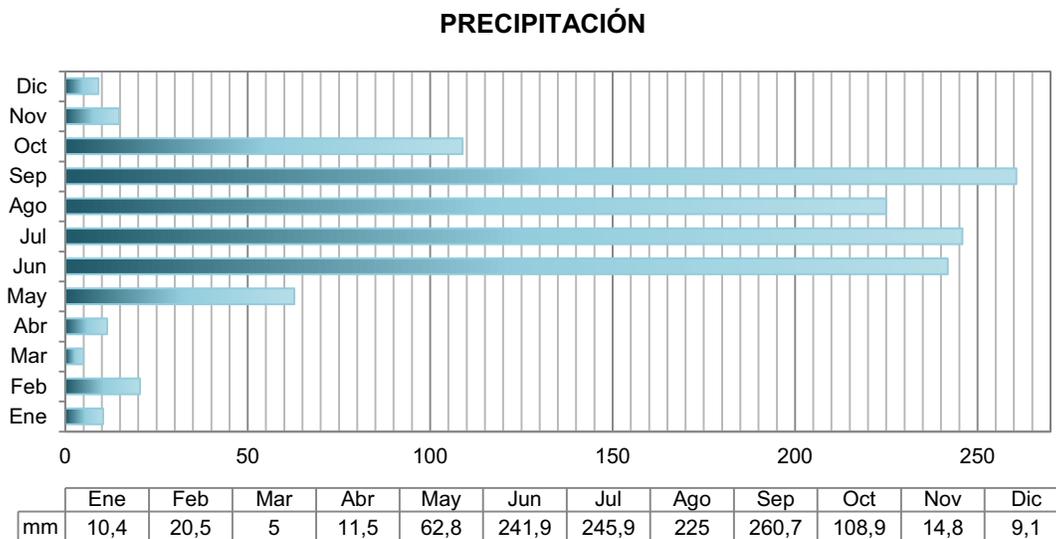


Figura 3.5 Gráfica de variación mensual de precipitación

En el gráfico de la Figura 3.5 puede observarse cómo la temporada de lluvias, considerada como un factor de riesgo para el tránsito vial, se concentra en los meses de mayo a octubre.

3.1.3 Ecosistema

Al extremo sur de la ciudad de Cuernavaca predomina el pastizal inducido, asociado con condiciones secundarias de selva baja caducifolia, representada por herbáceas altas como la higuera y los acahuales. En las barrancas que se localizan al poniente y en las que cruzan la ciudad se aprecian distintas variedades de árboles, como fresno, jacaranda, bugambilia, ciruelo, sauce, amate y guayabo.

En general la zona presenta un paisaje verde la mayor parte del año. Las condiciones que se presentan en el área permiten el cultivo de flores para ornato como el clavel, ave del paraíso, nardo, crisantemo, pompón, rosas, etc., de las cuales pueden verse múltiples puntos de venta sobre la carretera, en las proximidades a la zona conurbada de Cuernavaca (Figura 3.6).



Figura 3.6 Venta de flores de ornato cultivadas en la región

3.2 Características geométricas

3.2.1 Alineamiento horizontal y vertical

El trazo de la carretera en el tramo analizado (km 96-111), presenta en general buenas características geométricas. Puede observarse en la Figura 3.2 cómo el alineamiento de la carretera entre estos kilometrajes no presenta fuertes cambios de dirección, teniendo en su mayor parte segmentos en tangente o curvas suaves. La Figura 3.7 muestra un acercamiento del segmento en estudio, así como de los dos kilómetros anteriores y los dos posteriores.

lomerío, seccionándose como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1
Tipo de sección por segmento

Segmento		Observaciones
(km)	(km)	
96+000	- 97+518	Sección en ladera con considerables cortes (de entre 5 y 8 metros aproximadamente) al lado izquierdo de la carretera y voladeros al lado derecho, esto en sentido al crecimiento del kilometraje (Dirección Cuernavaca-Acapulco).
97+518	- 100+630	Sección en lomerío con ligeros cortes y terraplenes a ambos lados.
100+630	- 108+263	Planicie con terraplenes y cortes apenas notorios, con excepción de 2 pequeños segmentos en corte de 24 y 400 metros de longitud ubicados en los kilómetros 103+689 y 104+287 respectivamente. El primer segmento presenta un corte de entre 1 y 2 metros de altura a ambos lados del cuerpo de la carretera, mientras que el segundo presenta un corte de entre 1 y 3 metros de altura pero únicamente en el lado derecho del desarrollo del camino, esto en dirección al crecimiento del kilometraje (Cuernavaca-Acapulco).
108+263	- 111+000	Sección en lomerío con cortes y terraplenes de pequeña a mediana altura a ambos lados.

En cuanto al tipo de cunetas presentes en el tramo, la Figura 3.9 muestra el detalle de su geometría y sus dimensiones en metros.



Figura 3.9 Detalle de cuneta

3.3 Tránsito vehicular

3.3.1 Volumen

De acuerdo con los datos viales del último año de registro, para el 2010 en el tramo en estudio se tuvieron los volúmenes de tránsito mostrados en la Tabla 3.2 (Referencia 10, publicación 2011).

Tabla 3.2
Volumen de tránsito

Km	Dirección	TDPA	TE ^(a)	K ^{'(b)}	Lugar ^(c)
95+000	Cuernavaca-Acapulco	29 314	3	0,061	Cuernavaca
95+000	Acapulco-Cuernavaca	29 171	3	0,062	Cuernavaca
99+000	Ambos sentidos	44 333	1	-	Caseta de cobro central de abastos
109+800	Ambos sentidos	40 022	1	-	Caseta de cobro aeropuerto
110+000	Cuernavaca-Acapulco	19 043	3	0,075	T. Der. Acatlipa
110+000	Acapulco-Cuernavaca	18 910	3	0,078	T. Der. Acatlipa
119+950	Ambos sentidos	18 991	2	-	Caseta de cobro Alpuyeca

- (a) Tipo de Estación. Considerando el sentido en que crece el kilometraje, el número 1 indica que el aforo fue efectuado antes del punto generador, el 2 que fue realizado en el punto generador y el 3 que el aforo se llevó a cabo después del punto generador.
- (b) Factor para determinar el volumen horario de proyecto. El dato es aproximado y se obtuvo a partir de relacionar los volúmenes horarios más altos registrados en la muestra de aforo semanal y el tránsito diario promedio anual.
- (c) Nombres de los puntos generadores como: ciudades, poblaciones y entronques.

De la tabla anterior se observa que, en el caso de los kilometrajes que cuentan con estaciones de aforo en los dos sentidos de circulación, el tránsito es prácticamente equitativo. Asimismo, teniendo en cuenta ambas direcciones de tránsito para cada punto de aforo, en el sentido en que avanza el kilometraje se tiene un marcado comportamiento a la baja en el volumen de tránsito (Figura 3.10).

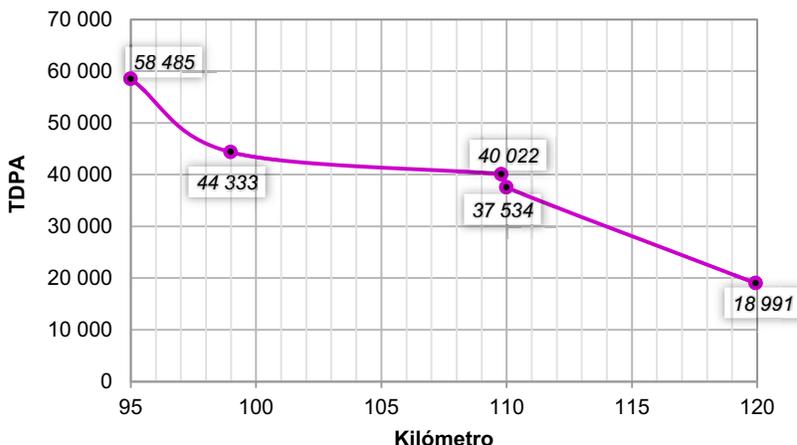


Figura 3.10 Variación del tránsito por kilómetro (2010)

Otro dato interesante que se muestra en la Tabla 3.2 es el factor K' , con el cual se puede determinar el volumen horario de proyecto. Realizando la multiplicación del TDPA por el factor K' correspondiente, para el kilómetro 95 se tiene:

- Dirección Cuernavaca-Acapulco: $(29\ 314)(0,061) = 1\ 788$ vehículos por hora.
- Dirección Acapulco-Cuernavaca: $(29\ 171)(0,062) = 1\ 809$ vehículos por hora

Sumando ambas direcciones, se tiene entonces que para el año 2010 transitaron por el kilómetro 95 aproximadamente 3 597 vehículos cada hora (ambos sentidos de circulación).

Los aforos realizados durante la visita al sitio, arrojaron los datos referentes al volumen de tránsito que se muestran en la Tabla 3.3. Las primeras dos columnas de la tabla presentan la ubicación de los sitios de aforo en términos del sentido y cadenamiento de la carretera. Las columnas 3 y 4 muestran el periodo de la toma de los aforos, y la columna 5 muestra la duración de aforo correspondiente. La columna 6 presenta la intensidad vehicular registrada durante ese periodo y finalmente la última columna (7) muestra un estimado del flujo horario obtenido a partir de los valores de la columna 6.

Tabla 3.3
Información de los aforos realizados

Ubicación		Periodo		Duración (hr:min)	Intensidad medida	flujo horario estimado
Km	Dirección	Inicio	Termino			
97+962	Acapulco-Cuernavaca	10:30	10:45	00:15	524	2 096
95+800	Cuernavaca-Acapulco	11:00	11:17	00:17	671	2 368
98+558	Cuernavaca-Acapulco	11:50	12:05	00:15	334	1 336

Los valores de la columna 7 son del mismo orden de magnitud que los obtenidos de los datos viales.

En cuanto a la tendencia del volumen de tránsito a lo largo del tiempo, se ha tenido un incremento en el número de vehículos que transitan por el tramo en estudio. Con el fin de ilustrar esta tendencia, se presenta la Figura 3.11 (Referencia10) donde se grafica el comportamiento del tránsito de dos kilometrajes distintos:

Para el caso del kilómetro 95, se tenían datos a partir del año 1987, sin embargo, se suprimieron los correspondientes a los años 1990, 1992 y 2004 por estar totalmente fuera de la línea de tendencia, mostrando un posible error en su publicación. En cuanto al dato de 1993, no existió publicación del libro de datos viales para ese año. En lo referente al kilómetro 119+950, 1994 fue su primer año de publicación. Cabe mencionar que dentro de la Referencia 10, el tramo bajo estudio forma parte de la autopista de cuota Cuernavaca-Acapulco a partir del año de 1994, siendo parte de la autopista de cuota Cuernavaca-Iguala en los años anteriores (1987-1993).

Nótese en la Figura 3.11 cómo a partir del año 1995, el tránsito sobre el kilómetro 95 ha crecido notoriamente, lo cual en buena medida es reflejo del crecimiento de la zona urbana y de los viajes (locales) asociados con ese crecimiento.

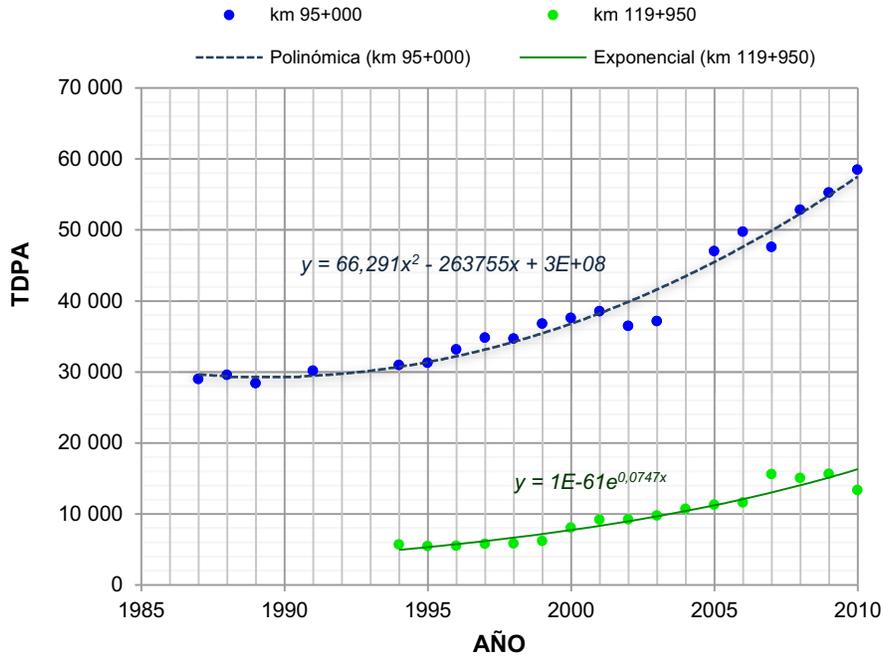


Figura 3.11 Comportamiento del tránsito en el tiempo

3.3.2 Composición vehicular

De acuerdo con la información de datos viales, el flujo de tránsito que circula sobre el tramo en estudio está compuesto en su gran mayoría por vehículos tipo “A” (automóviles ligeros). La gráfica contenida en la Figura 3.12 (Referencia 10, publicación 2011) muestra el tipo de vehículos que circularon durante el último año de registro.

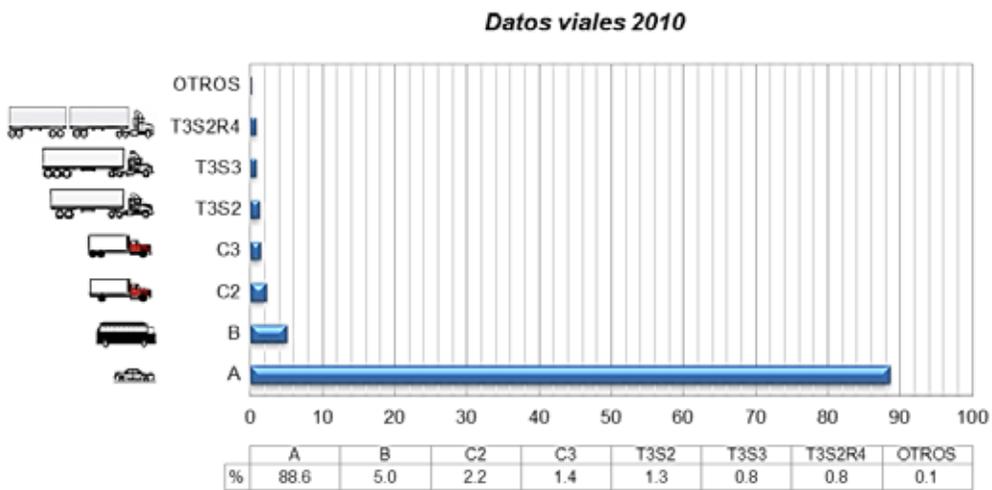


Figura 3.12 Clasificación vehicular km 95-110

Los datos obtenidos de la Referencia 10 fueron corroborados en la visita al sitio de estudio mediante los aforos realizados, arrojando la clasificación vehicular promedio presentada en la Figura 3.13.

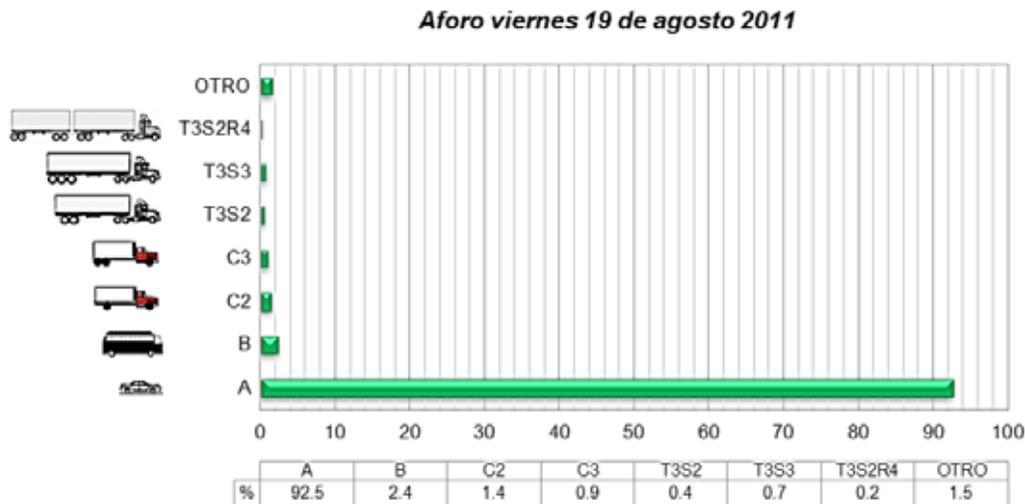


Figura 3.13 Clasificación vehicular promedio en estaciones de aforo

Si se comparan las Figuras 3.12 y 3.13, se tiene que indudablemente los vehículos tipo “A”, son por mucho los que predominan en el kilómetro 95 de la carretera. También es evidente la consistencia de las composiciones vehiculares entre las dos figuras.

Asimismo, y aunque el porcentaje de vehículos encasillados como “otros” es muy pequeño en ambas Figuras, comparando sus porcentajes respectivos se observa una gran diferencia (0,1% Figura 3.12 y 1,5% Figura 3.13). Es relevante señalar que en el aforo realizado durante la visita al sitio de estudio, la totalidad de vehículos clasificados como “otros” fueron motocicletas. En las Figuras A.12, A.13 y A.14 del Anexo “A”, se muestran algunos ejemplos de este tipo de vehículos circulando en el tramo. Se tiene que la Referencia 10 reporta un porcentaje mucho menor de motocicletas que las observadas durante la visita. Es significativo resaltar este hecho dado que los motociclistas son usuarios mucho más vulnerables que los que viajan en vehículos automotores. También es un medio de transporte que crece rápidamente.

3.3.3 Velocidades

La velocidad máxima permitida en el tramo es de 90km/h. Durante el aforo de velocidades de punto, se tomaron 60 muestras (30 en cada carril) en cada una de las tres estaciones. Las Figuras 3.14 a 3.16 muestran las distribuciones de las velocidades obtenidas.

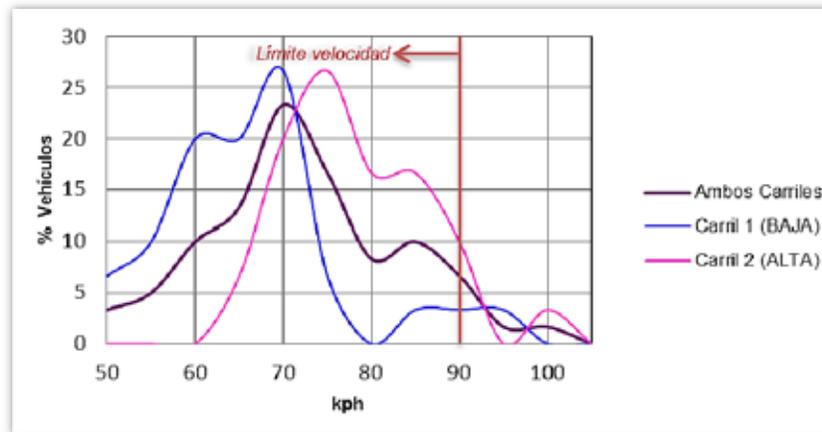


Figura 3.14 Distribución de velocidades de punto estación km 95+800, dirección a Acapulco

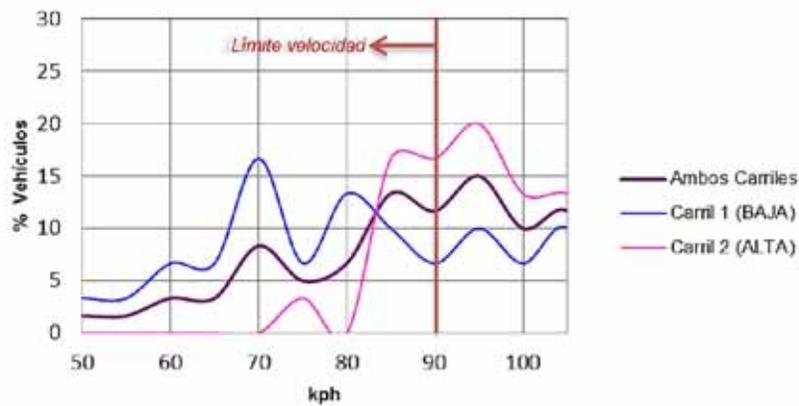


Figura 3.15 Distribución de velocidades de punto estación km 98+558, dirección a Acapulco

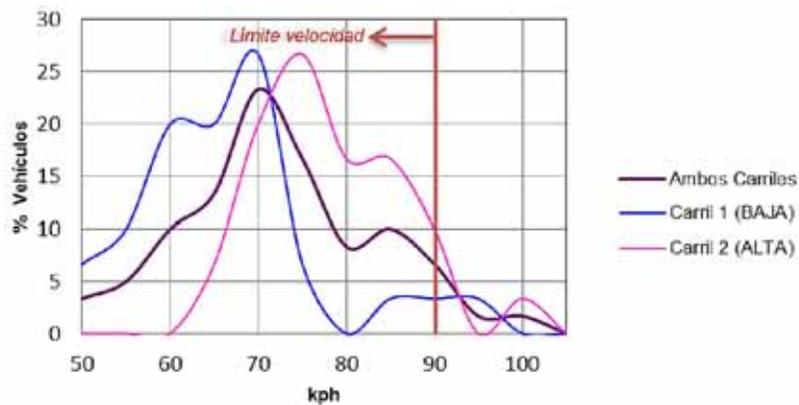


Figura 3.16 Distribución de velocidades de punto estación km 97+962, dirección a Cuernavaca

Las Figuras 3.14 y 3.16 muestran una distribución de las velocidades de punto de ambos carriles con una media bien definida, sin embargo, la Figura 3.15 muestra una distribución muy dispersa. Si se observa la Tabla 3.3, se verá que la estación del kilómetro 98+558 presentó mucho menos tránsito que las otras dos (km 95+800 y 97+962), lo cual sugiere que la dispersión en las velocidades es generada por la reducción en el aforo, que produce una mayor libertad en los conductores para circular a las velocidades que desean.

3.3.4 Maniobras antirreglamentarias y de emergencia

Durante la visita al sitio se observó en el tramo bajo estudio una gran diversidad de usuarios con comportamientos y características de movilidad distintas, esto en adición con el elevado número de vehículos que circulan por dicho tramo, provoca que los conductores realicen diversas maniobras antirreglamentarias y de emergencia.

Entre las peligrosas maniobras tanto antirreglamentarias como de emergencia que se efectúan en el tramo se detectaron:

- Frenazos repentinos a causa de vehículos que pretenden entrar o salir de accesos improvisados y carentes de un diseño geométrico adecuado.
- Aparcamiento de vehículos en acotamiento derecho con motivos comerciales (venta de flores de ornato en puestos irregulares). Esta maniobra provoca situaciones de conflicto cuando los vehículos detenidos pretenden incorporarse nuevamente al tránsito. Además, dicha maniobra puede causar descontrol en el vehículo puesto que pasa sobre la banda sonora de seguridad, situación sumamente peligrosa dado que en los mencionados puestos de venta se encuentran peatones totalmente desprotegidos ante un posible choque.
- Conflictos en intersecciones a causa de falta de carriles de aceleración y deceleración.
- Posibles situaciones de emergencia por la convivencia de usuarios con distintas características de movilidad (coexistencia de conductores, peatones, ciclistas, motociclistas y vendedores irregulares).

La Figura 3.17 muestra un ejemplo de este tipo de peligrosas maniobras.



Figura 3.17 Maniobra antirreglamentaria en km 99+426, dirección a Acapulco

3.4 Usuarios

Sobre el tramo sujeto a análisis se observó que la vía es usada por distintos tipos de usuarios. A continuación se describen las características observadas en cada uno de estos, tanto en el levantamiento fotográfico IRAP de la autopista (Referencia 24) como en la visita realizada.

3.4.1 Conductores

Los conductores de vehículos automotores son sin duda alguna los usuarios mayoritarios, sin embargo, se presenta una marcada diferencia en el comportamiento de este tipo de usuarios. Lo anterior se da como consecuencia de la duplicidad de funciones que sostiene la vía entre los kilómetros analizados, es decir, funciona como vía para tránsitos locales y para tránsitos de largo recorrido. Las diferencias entre las características de los conductores tales como objetivos, motivaciones y cansancio, producen una marcada diferencia en sus comportamiento en lo que a velocidades, maniobras de conducción y tiempos de reacción se referente.

3.4.2 Peatones

Como efecto del entorno urbano y suburbano de la autopista, se tiene una gran cantidad de peatones sobre la sección transversal de ésta. En el Anexo A (Figuras A.1 a A.8) se presenta evidencia de la existencia de este tipo de usuarios sobre la vía.

Es de resaltar que la aparición de este tipo de usuarios en autopistas de altas especificaciones plantea un escenario sumamente peligroso, pues conviven vehículos que desarrollan altas velocidades y personas en total carencia de protección física.

Una situación por demás interesante, que se observó durante la visita al sitio, es la existencia de una parada de autobuses en una vía paralela a la autopista bajo estudio. En dicha parada se halla un puente peatonal elevado que conecta el tránsito de peatones hacia la autopista en el kilómetro 95+560. Las personas que utilizan el puente peatonal, saltan la barrera metálica lateral, arriban a la autopista, atraviesan la calzada del sentido Cuernavaca-Acapulco, se resguardan y cruzan la mediana (a través de una

abertura de la barrera central en la que se desplanta el soporte de una señal tipo “puente”) y atraviesan la calzada del sentido Acapulco-Cuernavaca, para finalmente acceder a la zona urbanizada por medio de una rampa improvisada. En las Figura 3.18 a 3.20 se describe la maniobra del cruce improvisado, irregular y peligroso de un peatón, observado durante la visita.



Figura 3.18 Conexión del puente peatonal con la autopista 95D



Figura 3.19 Parada de autobús sobre la carretera 95 (vía paralela a la autopista 95D)

En la Figura 3.21 se muestra una vista satelital de la zona y la trayectoria de los peatones.



Figura 3.20 Peatón en espera de cruzar la calzada vehicular



Figura 3.21 Vista satelital de la trayectoria de los peatones

3.4.3 Otros

Sobre el tramo también se encontró que motociclistas y ciclistas hacen uso de la vía. En el caso de los ciclistas, la circulación la realizan sobre los acotamientos derechos. En las Figuras A.9, A.10 y A.11 del Anexo A, se observa la circulación de bicicletas sobre la zona.

En cuanto a los motociclistas, estos circulan sobre la calzada vehicular. Las Figuras A.12, A.13 y A.14 contenidas en el Anexo A, muestran la circulación de este tipo de vehículos.

3.5 Accesibilidad–movilidad

3.5.1 Clasificación funcional de la carretera

La autopista de cuota Cuernavaca-Acapulco, es una carretera interestatal de altas especificaciones, por lo que su clasificación funcional corresponde a una Carretera Principal, según lo tratado en el capítulo 2. De esta manera, según esta clasificación, la vía debería tener un control total de accesos e intersecciones a desnivel. Sin embargo, como se detallará en los siguientes incisos, esta autopista carece de impermeabilidad transversal, contando con múltiples salidas, entradas y accesos irregulares, así como retornos a nivel.

3.5.2 Intersecciones

Las intersecciones que se encontraron en el tramo son todas a desnivel, éstas proporcionan conexión entre la autopista y los desarrollos urbanos aledaños. En total se tienen cuatro intersecciones de este tipo en los kilómetros: 98+300, 99+650, 104+210 y 104+790. De las cuatro intersecciones anteriores, la que está señalada en negrillas (km 98+300) se encuentra dentro del segmento en estudio (entre los cadenamientos 98 y 99). En las Figuras B.1 a B.15 del Anexo B se pueden observar tanto las salidas como las entradas al tronco de la autopista, utilizando los enlaces correspondientes. La Figura 3.22 muestra una vista satelital de las intersecciones.



Figura 3.22 Vista satelital de intersecciones a desnivel en el tramo

Asimismo, en los kilómetros 109+800 y 109+300, en direcciones Cuernavaca-Acapulco y Acapulco-Cuernavaca respectivamente, se encuentran retornos a nivel. Estos retornos se encuentran entre los dos cuerpos de la autopista, en el segmento donde estos se dividen. En las Figuras B.16 a B.19 del Anexo B se pueden observar las entradas y salidas de estos puntos de viraje. Al ser a nivel estos retornos, las incorporaciones y desincorporaciones en cada sentido se dan utilizando primeramente los carriles de alta velocidad. La figura siguiente presenta una vista satelital de los retornos.



Figura 3.23 Vista satelital de retornos

Otro dato que conviene destacar es el hecho de que en la mayoría de las salidas de la autopista, tanto en los ramales de las intersecciones a desnivel como en los retornos observados, se tiene una restricción de velocidad de 30 kph, lo cual es un gran cambio con respecto a la desarrollada sobre el tronco de la vía. En este sentido, la Referencia 22 establece velocidades de proyecto para las rampas de las salidas (y entradas) de autopistas de cuando menos el 60% de la velocidad de proyecto del tronco principal, sin embargo, en este caso es apenas del 33% (30 kph, cuando debería ser de 50 kph o más). En la Figura 3.24 se muestra el detalle de una salida donde se pueden observar

rastros de colisiones al tomarla.

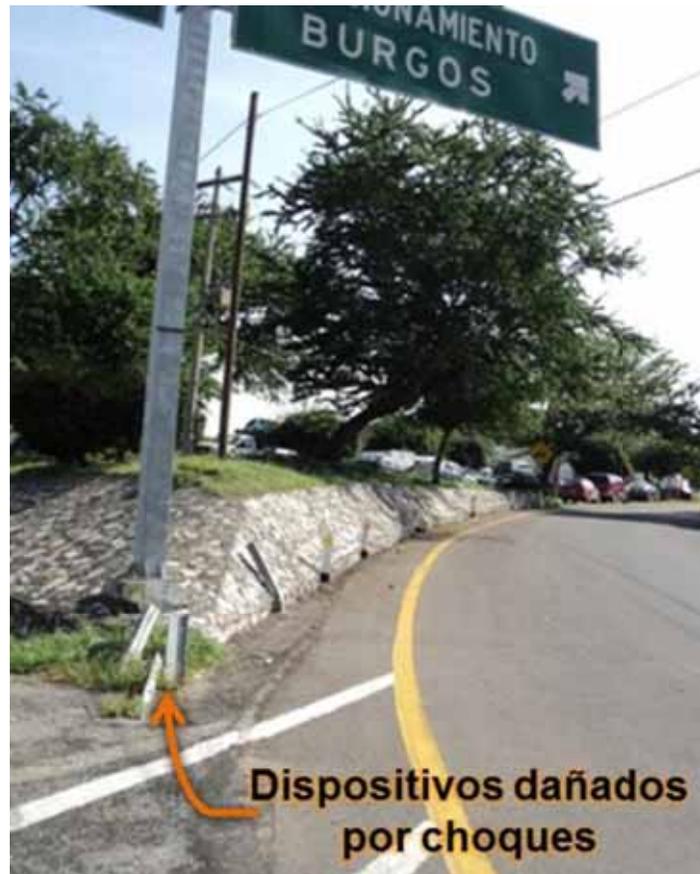


Figura 3.24 Detalle de salida en kilómetro 98+320, dirección a Cuernavaca

3.5.3 Accesos

En el tramo se encontraron una serie de accesos a la autopista con diferentes características, estos se pueden clasificar de acuerdo con su tipo como sigue.

3.5.3.1 Accesos a vías públicas

Se trata de conexiones de la autopista, con vías públicas que comunican con desarrollos urbanos aledaños. Se encontraron dos ejemplos de este tipo en los kilómetros 100+800 y 108+000, en dirección a Cuernavaca y Cuernavaca-Acapulco respectivamente. Al igual que en el caso del inciso anterior, las salidas presentan una restricción de velocidad de 30 kph. En las Figuras B.20 a B.23 del Anexo B se pueden observar las entradas y salidas de estos accesos, en especial la B.20 muestra evidencias de impactos al tomar la salida. La Figura 3.25 presenta una imagen satelital de dichos accesos.

Cabe señalar que la existencia de este tipo de accesos, no necesariamente es incompatible con la función de la autopista, ni representan por sí solos un problema serio de accidentabilidad, sin embargo, pueden llegar a serlo si su geometría es

deficiente y/o su frecuencia a lo largo de la carretera es elevada. Esto se discutirá con mayor detalle en el capítulo siguiente.



Figura 3.25 Vista satelital de calles de acceso

3.5.3.2 Accesos a propiedades privadas y comercios

En la zona existen numerosos accesos a propiedades privadas, unos cuentan con carriles de aceleración y deceleración, pero la gran mayoría son rampas improvisadas para comunicarse con la vía. Se encontraron los siguientes tipos:

- Dos accesos privados provistos con carriles de aceleración y deceleración en los kilómetros 103+081 y 104+233 en dirección a Cuernavaca (Figuras B.24 y B.25 del Anexo B).
- Un acceso comercial (mercado de flores) con pobre diseño geométrico, carente de carriles de aceleración y deceleración, en el kilómetro 98+350 en dirección a Acapulco. Cabe mencionar que durante la visita al sitio, este parador comercial se encontraba en condiciones de abandono. Además de la inadecuada geometría de sus rampas, este acceso se encuentra a unos cuantos metros de la incorporación del tránsito de la intersección a desnivel ubicada en el kilómetro 98+300. En las Figuras B.26 y B.27 del Anexo B se pueden observar las rampas de entrada y salida de este acceso.
- Quince accesos directos improvisados e irregulares a propiedades privadas a ambos lados de la autopista. En las Figuras B.28 a B.42, contenidas en el Anexo B, se muestran cada uno de los accesos de este tipo observados en la secuencia fotográfica IRAP de la Referencia 24. Basta con observarlos para darse cuenta de la peligrosidad que estos representan. Tan solo en el segmento bajo estudio, se localizaron seis de estos accesos, en la Tabla 3.4 se presenta el detalle de su ubicación.
- Una salida de servicio improvisada en el kilómetro 108+000 en dirección a Cuernavaca (Figura B.43 del Anexo B).

Cabe señalar que la existencia de este tipo de accesos es totalmente incompatible con

la función de una autopista, la cual es la movilidad, más no proporcionar acceso local y/o privado.

Tabla 3.4
Accesos irregulares a propiedades privadas sobre el segmento en estudio

Km	Dirección	Figura
98+618	Cuernavaca-Acapulco	B.33
98+707	Cuernavaca-Acapulco	B.34
98+787	Cuernavaca-Acapulco	B.35
98+906	Cuernavaca-Acapulco	B.36
98+480	Acapulco-Cuernavaca	B.41
98+530	Acapulco-Cuernavaca	B.42

3.5.4 Puestos comerciales

Los puestos comerciales a los que se hace referencia en este inciso, son puntos de venta de flores de ornato sobre los márgenes de la autopista. La mayor parte de estos puestos son improvisados y además de presentar un riesgo en la seguridad tanto de las personas que atienden dichos comercios como de los compradores que aparcan sus vehículos en los acotamientos, dificultan la visibilidad del camino y las señales. En las siguientes figuras se describen algunos de los problemas ocasionados por la presencia de estos puestos de venta, observados durante la visita al sitio.

En la Figura 3.26 se observa un ejemplo de cómo un puesto comercial obstruye el señalamiento.



Figura 3.26 Kilómetro 98+000, dirección a Cuernavaca

En la Figura 3.27 se observa un vehículo aparcado realizando una compra bajo la

intersección a desnivel del kilómetro 104+790.



Figura 3.27 Kilómetro 104+787, dirección a Cuernavaca

En la Figura 3.28 se observa un puesto sobre una cuneta, así como un pequeño niño sentado sobre ella. En esta misma figura puede observarse el vehículo que utilizan los vendedores para transportarse (bicicleta al lado del niño), se intuye que dicho vehículo circula sobre el acotamiento de la autopista poniendo en riesgo a sus ocupantes.



Figura 3.28 Kilómetro 103+779, dirección a Acapulco

En la Figura 3.29 se observa otro puesto de venta en el margen de la autopista, el cual se localiza muy próximo a una salida con curva cerrada. Dicho puesto dificulta la visualización de la geometría de la salida a la distancia.



Figura 3.29 Puesto anterior a curva cerrada en kilómetro 99+264, dirección a Acapulco

Finalmente, en la Figura 3.30 se observa un puesto entre dos altares en memoria de personas fallecidas en ese mismo lugar. También puede verse la encargada del puesto, la cual está totalmente desprotegida ante una posible colisión.



Figura 3.30 Puesto en kilómetro 98+905, dirección a Acapulco

Dada la gran cantidad de puestos comerciales de este tipo, sólo se presenta una selección de ellos y la problemática que causan. En total, durante la visita al sitio se encontraron 20 puestos comerciales sobre el tramo, 10 en dirección a Acapulco y 10 en

dirección a Cuernavaca, específicamente, entre los kilómetros 98 y 99, se encontraron 2 puestos en dirección a Acapulco y 3 en dirección opuesta.

La presencia de estos puestos comerciales es sumamente peligrosa por las interferencias vehiculares que generan entre vehículos detenidos y vehículos que circulan a altas velocidades, y porque convierten a las personas involucradas en las actividades comerciales en usuarios vulnerables de la vía.

3.6 Otros elementos

3.6.1 Pavimento

El pavimento del tramo es del tipo flexible y presenta buenas condiciones. La resistencia al derramamiento que se observó parece ser buena y no se encontraron encharcamientos que pudieran producir hidropneumático en los automóviles. Cabe mencionar que la visita al sitio fue realizada en periodo de lluvias, así como también el levantamiento fotográfico IRAP de la Referencia 24.

En general se tiene un pavimento en muy buenas condiciones.

3.6.2 Señalización

La información correspondiente a la señalización con la que cuenta el tramo se presenta en dos partes: señalamiento vertical y señalamiento horizontal. Además de un último inciso donde se habla sobre los anuncios espectaculares. Dicha información fue recabada del levantamiento fotográfico IRAP (Referencia 24).

El señalamiento vertical incluye todo tipo de tableros fijados sobre postes, cuya función es prevenir sobre la existencia de algún peligro, indicar limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias y guiar al usuario a lo largo de su itinerario. Estos pueden localizarse sobre los márgenes de la carretera (señales bajas) o por encima de ella (señales elevadas) a manera de banderas o puentes.

El señalamiento horizontal incluye todas las rayas, símbolos y letras pintadas sobre el pavimento, guarniciones y estructuras dentro de las vías de circulación o adyacentes a estas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular y/o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.

3.6.2.1 Señales verticales

En el tramo se observaron diversas señales verticales (informativas, restrictivas y preventivas). A continuación se describen según su tipo:

Señales informativas

Las señales informativas con las que cuenta el tramo son, de acuerdo a su función:

- *De identificación:* Se encontraron señales de identificación de ruta y kilometraje en ambas direcciones de la carretera, en la Figura C.1 del Anexo C se muestra un ejemplo. Se observaron en buen estado de mantenimiento, sin embargo, se tenía la falta de algunas en los siguientes kilometrajes 98, 100 y 105 en dirección a Acapulco y 100, 103, 105 y 109 en dirección a Cuernavaca.

- *De destino:* Se encontró este tipo de señales en las salidas de la autopista. En dirección a Acapulco se observaron tres intersecciones con señales previas, decisivas y confirmativas (Fracc. Burgos, Fracc. Las Brisas y Aeropuerto), una salida con tres señales previas (Xochitepec) y un acceso con señal decisiva (acceso al Tecnológico de Monterrey). Mientras que en dirección a Cuernavaca se encontró una intersección con señalamiento previo, decisivo y confirmativo (Aeropuerto), una salida con tres señalamientos previos y uno decisivo (Central de Abastos), una salida con señalamiento previo (Fraccionamiento Las Brisas), una salida con señalamiento previo y decisivo (Fracc. Burgos) y un acceso con señalamiento previo y decisivo (Secretaría de Seguridad Pública). En todos los casos las señales previas y decisivas son elevadas, mientras que las confirmativas son bajas, con excepción de una señal decisiva elevada innecesaria en el kilómetro 106+170 en dirección a Acapulco (Figura C.2 del Anexo C). Asimismo, los retornos ubicados en los kilómetros 109+800 y 109+300, en direcciones Cuernavaca-Acapulco y Acapulco-Cuernavaca respectivamente, se encuentran bien señalizados, ya que cuentan con señalización previa, decisiva y confirmativa. La mayor parte de las señales de este tipo se encontraron en buenas condiciones de mantenimiento, a excepción de algunas que presentaban grafitis, obstrucción por vegetación o ilegibilidad, éstas pueden observarse en el Anexo C, Figuras C.3 a C.5.
- *De recomendación:* Se encontraron dos señales de este tipo en dirección a Acapulco y tres en dirección a Cuernavaca. Éstas tienen que ver con no usar el acotamiento para rebasar, no dejar piedras sobre el pavimento y el uso de carriles.
- *De información general:* Se encontraron cinco señales de este tipo en dirección a Acapulco y cuatro en dirección a Acapulco. Éstas tienen que ver con nombre de puente en km 109+525, número de habitantes de Xochitepec, y entradas y salidas próximas.
- *De servicios y turísticas:* Se encontraron nueve señales de este tipo en dirección a Acapulco y dos en sentido contrario. De ellas cinco son turísticas, cuatro referentes a la Hacienda San Antonio del Puente y una a Xochicalco, éstas en sentido Cuernavaca-Acapulco.
- *Otras:* Se observaron señales de información sobre lugares privados como Tec de Monterrey, ISSSTE y Hotel Holiday Inn, tres en dirección a Acapulco y dos en dirección contraria. Además, se encontraron señalamientos del festejo del bicentenario (seis en dirección a Acapulco y cuatro en dirección opuesta) y cuatro anuncios de inversiones del gobierno en la autopista (dos en dirección a Acapulco y dos en la otra dirección).

Señales preventivas

En la Tabla 3.5 se indica el número y tipo de señales preventivas observadas en el tramo bajo estudio. Cabe mencionar que las señales preventivas correspondientes a las alturas libres en puentes, varían entre 5,4 y 5,6 metros.

Tabla 3.5
Señales preventivas en el tramo
Tipo de señal

Dirección						
Cuernavaca-Acapulco	4	2	2	1	1	
Acapulco Cuernavaca	1		6	5	2	1

*Representa el tipo de señal, abarca tanto señal para vuelta izquierda como derecha.

Todas las señales de este tipo se encontraron en buen estado, con excepción de una señal en el kilómetro 105+472, en dirección a Cuernavaca, que avisa sobre la altura libre de un puente próximo. Dicha señal carecía del primer dígito en el tablero que informa la altura libre, puede observarse en la Figura C.6 del Anexo C.

Señales Restrictivas

En lo que respecta a las señales restrictivas, la Tabla 3.6 indica el número y tipo de señales de este tipo observadas. Al igual que en el caso de las señales preventivas, las restricciones en las alturas libres de los puentes varían entre 5,4 y 5,6 metros.

Tabla 3.6
Señales restrictivas en el tramo

Dirección				
Cuernavaca-Acapulco	5	2	5	1
Acapulco Cuernavaca	2	1	5	3

En la Tabla 3.6 se muestran dos restricciones de velocidad, una de 90 km/h y otra de 95 km/h. La restricción de 95 km/h es usada (según la Referencia 26) únicamente para limitar la velocidad máxima a la cual pueden transitar los autobuses de pasajeros, sin embargo, la velocidad máxima del tramo es menor (90 km/h), lo cual representa una inconsistencia en este tipo de señalamiento. En la Figura C.7 contenida en el Anexo C, se observa una de las señales restrictivas de velocidad de 95 km/h.

La mayoría de las señales de este tipo se encontraron en buen estado, con excepción de los dos casos siguientes:

- Señal restrictiva de altura libre ilegible por grafiti en kilómetro 102+652, dirección a Acapulco. Figura C.8 del Anexo C.

- Señal restrictiva de altura libre obstruida por vegetación en kilómetro 102+647, dirección a Cuernavaca. Figura C.9 del Anexo C.

3.6.2.2 Señales horizontales

Cada calzada cuenta con tres rayas longitudinales en el pavimento como a continuación se describe:

- a) La primera delimita el acotamiento izquierdo con una raya amarilla continua de aproximadamente 17 centímetros de ancho.
- b) La segunda separa los carriles de circulación con una raya blanca discontinua de aproximadamente 18 centímetros de ancho, con vialetas dispuestas al centro de cada discontinuidad.
- c) La tercera delimita el acotamiento derecho con una raya blanca continua de aproximadamente 20 centímetros de ancho.

En la Figura 3.8, que describe la sección transversal, puede observarse el detalle de estas marcas longitudinales.

Asimismo, la barrera que separa los sentidos de circulación cuenta con líneas longitudinales continuas amarillas, pintadas en los bordes superior e inferior de ésta.

Se encontraron 3 puntos con flechas pintadas sobre el pavimento en los kilómetros: 98+578, 98+832 y 104+787, en dirección a Cuernavaca. Dos de estas flechas indicaban salidas próximas (km 98+832 y km 104+787), mientras que la ubicada en el km 98+578 consiste sólo en una flecha recta en el carril de alta velocidad, sin una función aparente (Figura C.10 del Anexo C).

También se tienen marcas en el pavimento para canalizar el tránsito en bifurcaciones e incorporaciones.

En general se tiene un buen señalamiento horizontal, a excepción de las siguientes irregularidades:

- A. En el segmento comprendido entre los kilómetros 100+042 y 100+620, la autopista está formada por un paso a desnivel que la separa de la actividad urbana. Sobre este segmento en dirección a Acapulco, el señalamiento horizontal principal es adecuado, sin embargo, el acotamiento es exageradamente amplio y el señalamiento dentro de éste es incoherente como puede observarse en las Figuras C.11 y C.12 contenidas en el Anexo C.
- B. De igual manera, en la otra dirección (Acapulco-Cuernavaca) se tiene un acotamiento sumamente amplio con señales sobre el kilómetro 100+589 inadecuadas, en el resto del paso a desnivel en este sentido se carece de señales. Lo anterior puede observarse en las Figuras C.13 y C.14 del Anexo C.
- C. Carril de aceleración muy amplio en el kilómetro 103+087, en dirección a Cuernavaca, con una señalización inadecuada.

3.6.2.3 Anuncios espectaculares

Los anuncios espectaculares son por sí mismos distracciones para el usuario de la vía. En el tramo se observó gran afluencia de este tipo de anuncios, contabilizando un total

de 35 en dirección a Acapulco y 20 en dirección opuesta.

3.6.3 Barreras, amortiguadores y dispositivos de tránsito

3.6.3.1 Barreras

El tramo cuenta con dos tipos de barreras: central y lateral derecha. A continuación se describe cada una.

Barrera central

La barrera central consiste en un muro de concreto sólido “barrera tipo New Jersey”, cuya función es minimizar la posibilidad de ocurrencia de colisiones frontales. Además, esta barrera cuenta con una malla instalada en su parte superior, cuya finalidad es minimizar el deslumbramiento provocado por los faros de vehículos circulando en sentido opuesto. En la Figura 3.31 se observa la disposición de este tipo de barreras, mientras que la Figura 3.32 muestra el detalle de su forma y medidas.



Figura 3.31 Barrera New Jersey instalada en el tramo

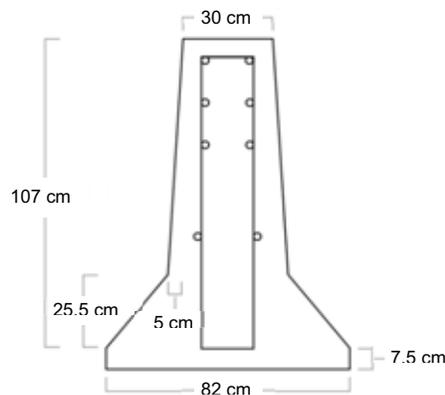


Figura 3.32 Esquema de una barrera New Jersey

Todo el tramo cuenta con esta barrera central, con excepción del segmento donde las calzadas se separan en dos cuerpos (km 109+120-110+139) y los pequeños espacios donde se colocan los soportes de señales tipo puente. En general se encuentra en buenas condiciones, teniendo sólo algunos raspones, sobre todo en los puntos

ubicados en curvas derechas según el sentido de circulación.

Barrera lateral derecha

En cuanto a las barreras laterales derechas, éstas tienen por objeto minimizar la probabilidad de que los vehículos salgan del camino. Éstas se colocan en situaciones potencialmente peligrosas como: barrancos o cuando se tienen objetos rígidos muy próximos que pudieran provocar choques de frente (árboles, postes, bardas, etc.), la Figura C.16 contenida en el Anexo C muestra una barrera doblada que ha cumplido su función. La totalidad de las barreras de este tipo instaladas en el tramo analizado son metálicas, la Figura 3.33 muestra un fragmento de éstas.



Figura 3.33 Barrera metálica lateral derecha

En este tipo de barreras fabricadas con láminas, debe tenerse especial cuidado en sus terminaciones, ya que si son inadecuadas, pueden hacer más daño que el que ocasionaría la salida del camino, pues se tendría una “navaja” sumamente peligrosa en caso de que un choque de frente llegara a presentarse justo es su terminación. Las terminaciones deben diseñarse de manera que no sean afiladas. La Figura 3.34a muestra un ejemplo una barrera con la peligrosa terminación “cola de pez” y la Figura 3.34b un ejemplo de una terminación adecuada para amortiguación de impacto.



Figura 3.34 Terminaciones de barrera metálica

La mayoría de las barreras encontradas en el tramo estaban en buen estado, sin

embargo, se observó la necesidad de éstas en segmentos donde no se tenían. Asimismo, se encontró que muchas de éstas no contaban con una terminación adecuada. Teniendo un total de 32 terminaciones en el tramo, considerando ambos sentidos, en dirección a Acapulco nueve eran inapropiadas y cinco en dirección contraria, es decir, alrededor del 44% de las terminaciones no contaban con protección.

3.6.3.2 Amortiguadores

Se encontraron ejemplos de amortiguadores de impacto en bifurcaciones ubicadas en los kilómetros 98+299 y 103+952 en dirección a Acapulco y 104+267 en dirección a Cuernavaca. Estos dispositivos sirven para reducir la velocidad de los vehículos que pudieran chocar contra objetos fijos localizados en divergencias del camino y así, minimizar el daño que pudieran sufrir los ocupantes de dichos vehículos. Las Figuras C.17, C.18 y C.19 muestran imágenes de estos tres amortiguadores.

Se encontraron en buen estado y localizados en las bifurcaciones que los requerían.

3.6.3.3 Otros dispositivos de tránsito

Además del señalamiento vertical y horizontal, las barreras y los amortiguadores, en el tramo se encontraron dispositivos para indicar cambios de dirección peligrosos. La Figura 3.35 ilustra un ejemplo de estos.



Figura 3.35 Dispositivo indicador de curva peligrosa

Estos dispositivos se encontraron en los retornos ubicados en los kilómetros 109+800 y 109+300, dirección a Acapulco y Acapulco-Cuernavaca respectivamente, y en las salidas de los kilómetros: 104+507 (dirección a Acapulco), 104+780 (dirección a Cuernavaca) y 100+891 (dirección a Cuernavaca).

Asimismo, se encontraron dispositivos para señalar obstáculos y salidas en diversos

puntos del tramo. La Figura 3.36 muestra ejemplos de estos dispositivos.



Figura 3.36 Dispositivos indicadores de obstáculos y bifurcaciones en salidas

3.6.4 Márgenes

En los márgenes derechos de la autopista se encontraron diversas situaciones potencialmente peligrosas en caso de que vehículos pierdan el control y salgan del camino. Estos segmentos, que carecían de barreras laterales derechas, se encontraban en alguna de los siguientes escenarios: barrancos, terraplenes pronunciados, objetos fijos cercanos o alcantarillas.

Las Figuras 3.37 y 3.38 presentan algunas de estas condiciones de riesgo observadas en el tramo.



Figura 3.37 Márgenes peligrosos



Figura 3.38 Margen peligroso km 101+650, dirección a Cuernavaca

La Figura 3.37a muestra un barranco en curva sin protección en el kilómetro 97+032 en dirección a Acapulco, la Figura 3.37b muestra una alcantarilla sin protección en el kilómetro 98+209 en dirección a Cuernavaca, la Figura 3.37c muestra el estribo de un puente muy cercano a la calzada y sin protección en el kilómetro 98+299 en dirección a Cuernavaca, la Figura 3.37d muestra un árbol de buen tamaño muy próximo a la calzada en el kilómetro 98+729 en dirección a Cuernavaca. Finalmente, la Figura 3.38 muestra evidencias de frenazos en un punto en terraplén medianamente pronunciado y con árboles a sus costados en el kilómetro 101+650 en dirección a Cuernavaca. Todos estos casos van en contra del principio de que las zonas centrales y laterales de las autopistas deben ser indulgentes, es decir, que si un vehículo pierde el control y sale de la calzada, esto no necesariamente tenga consecuencias severas (fatales).

3.6.5 Iluminación

Durante el recorrido nocturno que se realizó en el sitio, se observó que el tramo cuenta con diversos dispositivos reflejantes como:

- Vialitas dispuestas en las rayas delimitadoras de acotamientos y en la raya discontinuidad de la raya separadora de carriles
- Retroreflectores en las barreras, tanto en la central como en la lateral derecha (en caso de existirla)
- Indicadores de alineamiento con franja reflejante

En la Figura C.20, contenida en el Anexo C, se pueden observar los dispositivos antes

mencionados instalados sobre el tramo. Se observó en general una buena disposición de elementos reflectores para guiar adecuadamente a los conductores. Sin embargo, existían algunos segmentos que carecían de estos elementos reflectantes, sobre todo en la barrera lateral derecha y segmentos sin indicadores de alineamiento.

Asimismo, se encontró que algunos señalamientos verticales no contaban con una adecuada retroreflectividad.

Ningún segmento cuenta con iluminación artificial, así como tampoco la gran mayoría de las salidas.

3.7 Accidentes

La información correspondiente a los accidentes se obtuvo de dos fuentes: la base de datos de accidentes de la red operada por CAPUFE (Referencia 5) y los reportes levantados por la Policía Federal (Referencia 27), ambas abarcando los últimos tres años (2008, 2009 y 2010).

Los reportes de la Policía Federal proporcionan información muy completa, ya que incluyen datos como kilómetro de localización, dirección, fecha y hora de ocurrencia, condiciones del camino y medio ambiente, tipo y descripción del siniestro, tipo y número de vehículos implicados, croquis con las trayectorias originales de la maniobra o maniobras de los vehículos implicados, gravedad (sólo daños materiales, lesionados y/o muertos), monto aproximado de los daños materiales, etc. Sin embargo, en la mayor parte de los accidentes no llega la policía federal, por lo que no son registrados por ésta.

Por otra parte, la base de datos de CAPUFE incluye una mayor cuantía de accidentes, que sin pretender que se cubra el 100% de los percances ocurridos, sí demuestra un número por mucho superior a los reportados por la Policía. Sin embargo, la información que se tiene de cada accidente es muy escasa, pues estos sólo presentan lo siguiente: kilómetro de localización, fecha, tipo de accidente y número de víctimas (lesionados y/o muertos) en caso de haberlas.

Dentro de este estudio, la información obtenida de la Referencia 5 se utiliza para análisis cuantitativos y tipos de accidentes, mientras que la información de la Referencia 27, se usa para análisis cualitativos más detallados.

3.7.1 Base de datos de accidentes de CAPUFE

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el tramo de 15 kilómetros con más problemas de seguridad de acuerdo al indicador Número de Accidentes Equivalentes (NAE) es el situado entre los kilómetros 96 y 111. Lo anterior puede observarse en la gráfica de la Figura 3.39 (Referencia 5) que presenta la variación del NAE en cada tramo.

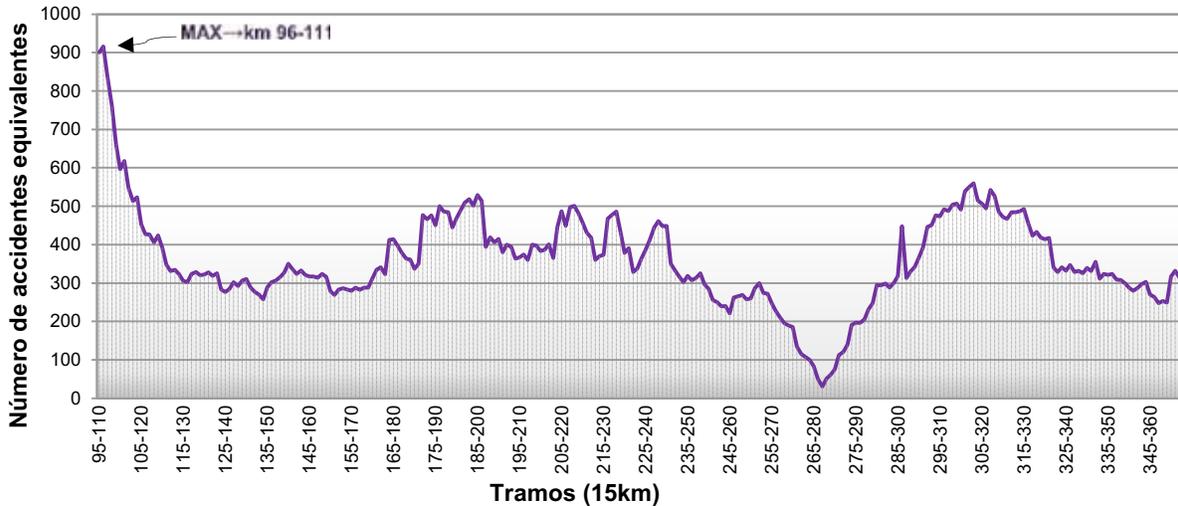


Figura 3.39 Número de accidentes equivalentes por tramo

Dentro de este tramo, el kilómetro con el más alto indicador NAE es comprendido entre los kilómetros 98 y 99, esto se puede observar en la gráfica contenida en la Figura 3.40 (Referencia 5).

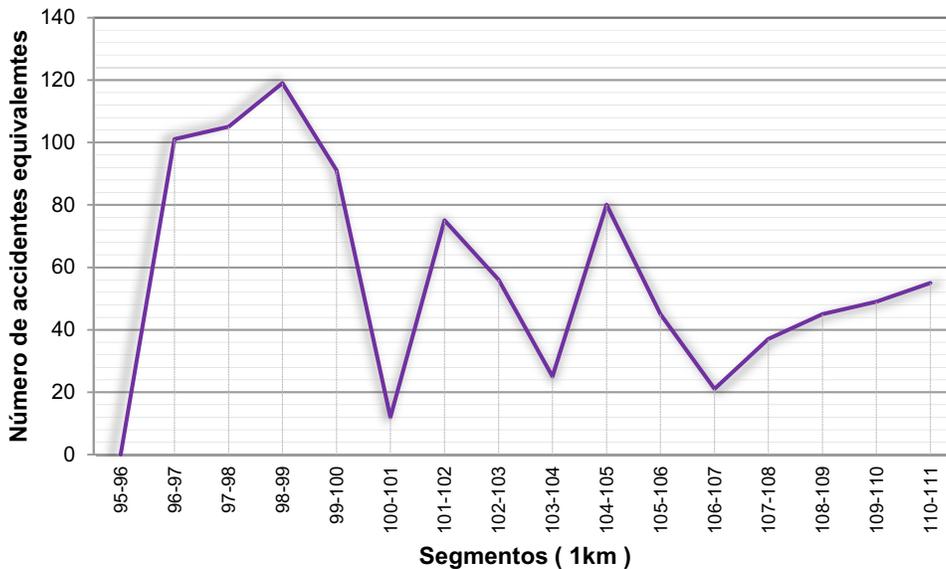


Figura 3.40 Número de accidentes equivalentes por segmento

En el tramo (km 96 a 111), CAPUFE reporta 476 accidentes en los tres años considerados, 55 de los cuales se encuentran en el segmento bajo estudio (km 98-99). En las gráficas de las Figuras 3.41 a 3.46 (Referencia 5), se muestra la información obtenida de esta fuente. Las gráficas de la Figuras 3.41 y 3.42 evidencian que los tipos

de accidentes más comunes son la salida del camino y el choque por alcance, el choque por alcance múltiple y el choque contra muro central.

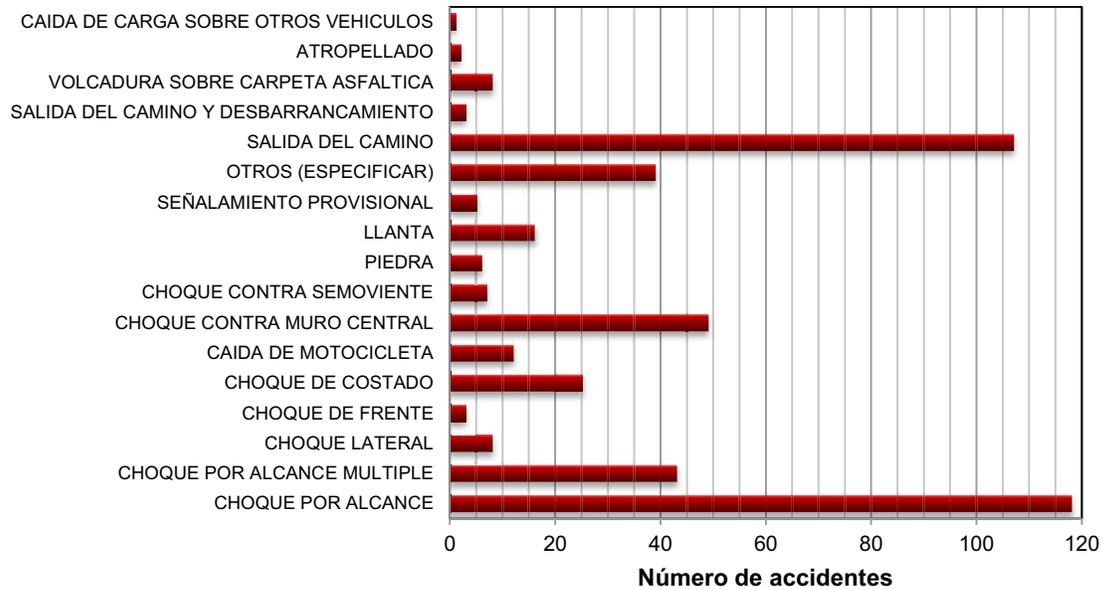


Figura 3.41 Número de accidentes por su tipo entre los km 96 y 111

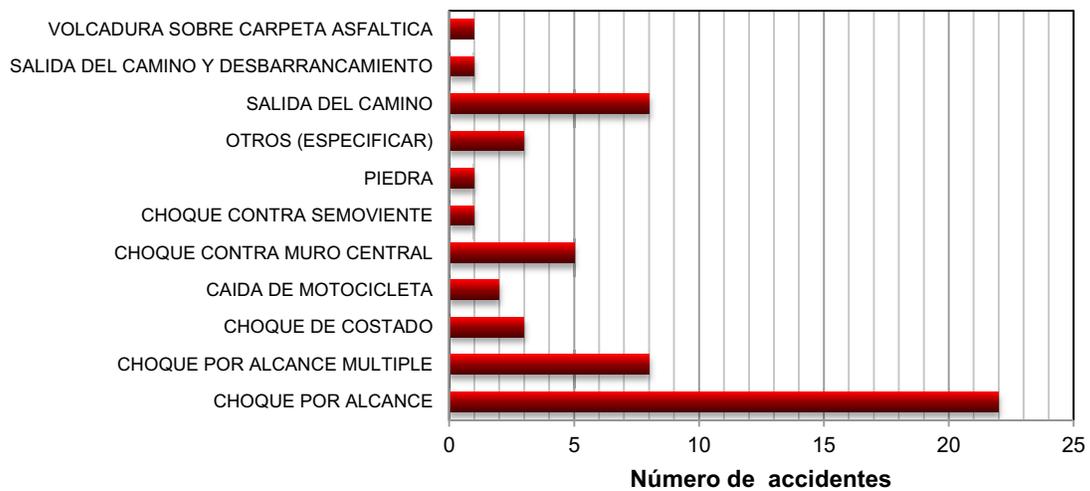


Figura 3.42 Número de accidentes por su tipo entre los km 98 y 99

La Figura 3.43 muestra la composición de los tipos de los accidentes ocurridos entre los kilómetros 98 y 99.

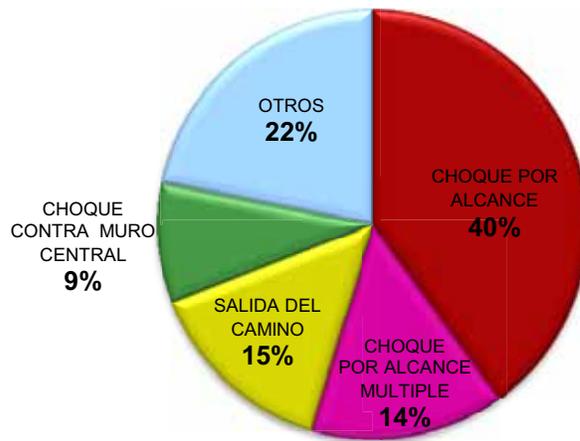


Figura 3.43 Porcentaje de accidentes por su tipo entre los km 98 y 99

La gráfica en la Figura 3.44 muestra los saldos por tipo de accidente, en términos de lesionados y muertos, para el segmento bajo estudio. Como es evidente, bajo la óptica de los saldos, tres de los cuatro tipos antes identificados como los más comunes (Choque por alcance, Choque por alcance múltiple y Choque contra muro central), también lo son en términos de la gravedad de los accidentes, mientras que la gravedad del tipo Salida del camino, se reduce.



Figura 3.44 Víctimas por tipo de accidentes, km 98-99

En la Figura 3.45 es evidente que los meses de mayor frecuencia de accidentes son enero, abril, marzo y junio. Esto coincide relativamente con los periodos vacacionales

asociados con las mayores afluencias vehiculares sobre el segmento. Asimismo, deja ver que el periodo de lluvia puede tener influencia en la siniestralidad.

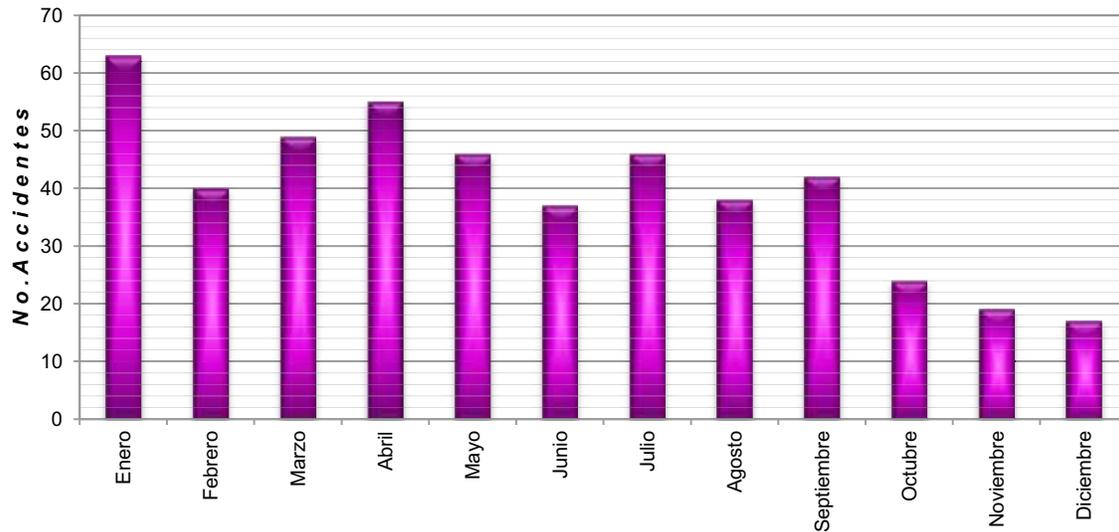


Figura 3.45 Número de accidentes por meses del año, km 96-111

La Figura 3.46 muestra la distribución de los accidentes por día de la semana, de la cual puede observarse que los accidentes se concentran en los días asociados con el fin de semana.

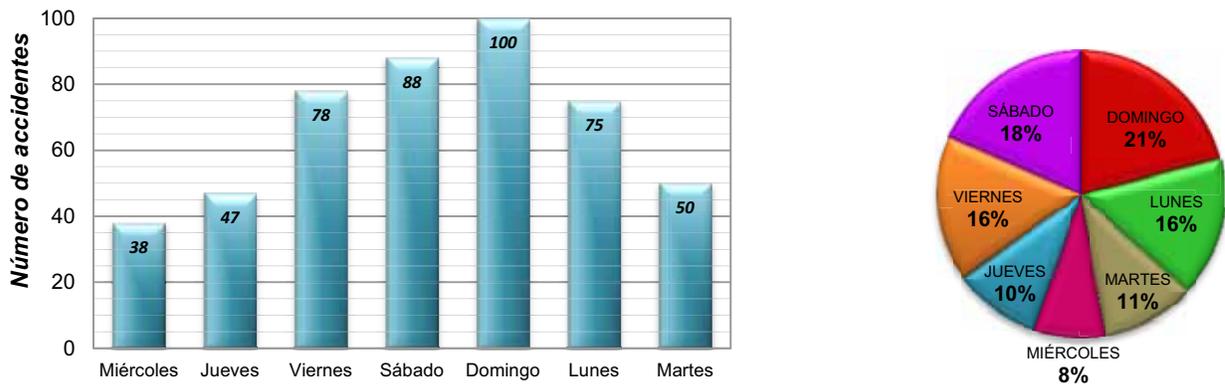


Figura 3.46 Número de accidentes por día de la semana, km 96-111

3.7.2 Reportes de accidentes de la Policía Federal

En el caso de los accidentes levantados por la Policía Federal, ésta reporta 69 accidentes en el tramo (km 96-111) en los tres años, de los cuales 10 se encuentran en el segmento bajo análisis (km 98-99). De estos 69 accidentes, el 52% acontecieron durante las horas sin luz del sol, mientras que el 48% sucedieron en el periodo diurno. En la Figura 3.47 (Referencia 27) se muestran los porcentajes de estos accidentes

según si se tuvieron víctimas o no. Como se aprecia en la figura, el porcentaje con víctimas es mayor de noche que de día.

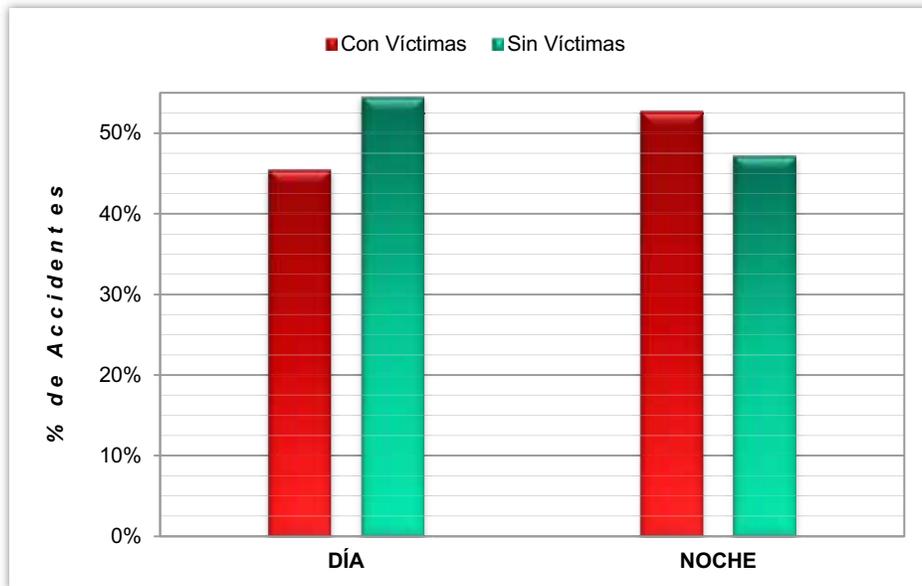


Figura 3.47 Presencia de víctimas en accidentes de acuerdo a su periodo de ocurrencia, km 96-111

4 Diagnóstico y propuesta de mejoramiento

Con base en las teorías y estudios presentados en el capítulo 2 sobre el problema de siniestralidad vial que se genera en carreteras inmersas en entornos urbanos, así como en la información del caso en estudio presentada en el capítulo 3, en este capítulo se desarrolla el diagnóstico relativo a la problemática encontrada en el segmento analizado, así como una propuesta encaminada a la mejora de la seguridad vial actual del segmento.

4.1 Revisión de la infraestructura

La infraestructura se compone por todos aquellos elementos y servicios que son necesarios para el desarrollo de un buen sistema de transporte (rápido, cómodo, seguro y económico). En este sentido, en las siguientes líneas se analiza lo encontrado en el caso bajo estudio.

4.1.1 Alineamientos y distancia de visibilidad

El segmento estudiado (km 98-99) presenta un alineamiento horizontal en tangente, con un segmento anterior con curvas inversas y un segmento posterior con una ligera curvatura hacia la izquierda, en ambos casos con respecto al sentido en que crece el kilometraje. Por su parte, el alineamiento vertical se desarrolla con una pendiente del orden del 2,5%, descendente en el sentido en que crece el kilometraje y ascendente en sentido opuesto. La combinación de ambos alineamientos produce una buena visibilidad del camino como puede observarse en las Figuras D.1 a D.6 contenidas en el Anexo D, donde se aprecia la visión de la carretera desde varias perspectivas. Se observa que esta vía no tiene problemas desde el punto de vista del alineamiento horizontal y vertical, ni por la combinación entre estos.

4.1.2 Sección transversal

En cuanto a la sección transversal se refiere, se tiene lo siguiente:

- Los carriles y acotamientos tienen una adecuada anchura y se encuentran bien definidos.
- La mediana, que cuenta con una barrera rígida tipo New Jersey, presenta buen anclaje y funcionamiento.
- Las cunetas cumplen su función de drenaje longitudinal pero no son indulgentes, es decir, si un vehículo perdiese el control, saliendo de la calzada vehicular, atravesando el ancho del acotamiento y llegando hasta la zona de cuneta, éste no podría recuperar el control tan fácilmente. Sin embargo, el ancho del acotamiento

(2,5 metros) y la banda sonora de estruendo (localizada en el extremo interior del acotamiento) reducen la posibilidad de que este tipo de situaciones lleguen a presentarse.

- El drenaje transversal parece ser adecuado pues durante la visita al sitio, que se realizó en periodo de lluvias, no se encontraron encharcamientos.
- Los cortes y terraplenes localizados en el segmento estudiado son muy ligeros, por lo cual se considera que no representan un peligro ante una posible salida del camino.

En general, se tiene una buena sección transversal que no presenta un riesgo para la circulación de vehículos.

4.1.3 Geometría de salidas y accesos controlados

Entre los kilómetros 98+100 y 98+400 se desarrolla una intersección a desnivel con ramales de salida y entrada geoméricamente inadecuados. El peligro ante la deficiente geometría de estos es más evidente en las salidas del tronco, pues mientras el límite de velocidad en el tramo es de 90km/h, los ramales de salida presentan una restricción de 30 km/h, es decir, una reducción del 66,67%, cuando según lo expresado en el capítulo 3 (inciso 3.5.2) los ramales deberían estar diseñados para velocidad de 50km/h (o una reducción máxima de 44,44% en relación con la velocidad del tronco). Aunado a lo anterior, tanto las entradas como las salidas de esta intersección no cuentan con carriles de aceleración-deceleración, lo cual hace aún más complicado y peligroso su uso.

Asimismo, en el kilómetro 98+400 con dirección a Acapulco se localiza un parador comercial, encontrado en condiciones de abandono en el momento de la visita al sitio. Dicho parador se encuentra a unos cuantos metros de la incorporación de tránsito de la intersección a desnivel anteriormente descrita, lo cual crea problemas de trenzado de trayectorias como puede observarse en la Figura 4.1.



Figura 4.1 Vista satelital parador comercial en km 98+400, dirección a Acapulco

En adición a lo anterior, la peligrosidad en el uso de este parador se incrementa por la totalmente inadecuada geometría de sus rampas de acceso y salida. Éstas pueden observarse en las Figuras D.7 y D.8 del Anexo D.

Se detectan fuertes deficiencias a este respecto, representando dichos accesos y salidas un potencial riesgo hacia la seguridad en la circulación de los vehículos.

4.1.4 Accesos directos a propiedades privadas y comercios

En el margen derecho de la vía, entre los kilómetros 98+600 y 99+000 en dirección a Acapulco, existen diversos predios de carácter habitacional cuya única forma de acceso es conectándose directamente con la autopista como puede observarse en la Figura 4.2.



Figura 4.2 Accesos directos a propiedades privadas

Asimismo, en el sentido opuesto (Acapulco-Cuernavaca) se encuentra un taller mecánico cuyo único acceso es también con la autopista como puede observarse en la Figura 4.3.



Figura 4.3 Acceso directo a taller mecánico

La presencia de estos accesos directos improvisados representa un gran riesgo para la circulación sobre la autopista, pues los vehículos, al realizar las maniobras de entrada o salida a través de ellos, desarrollan velocidades muy inferiores a las de los vehículos circulando en el tronco. En estas zonas se pueden llegar a presentar los siguientes tipos de percances:

- Choques de extremo trasero o laterales por vehículos con velocidades altas que se encuentran con vehículos desarrollando velocidades bajas al tratar de entrar al acceso o saliendo de éste.
- Choques contra la barrera central o pérdida del control del vehículo por parte de los vehículos que siguen de frente al tratar de esquivar los vehículos que hacen uso de los accesos.
- Choques por alcance y/o alcance múltiple cuando los vehículos que siguen de frente frenan súbitamente al encontrarse con los vehículos que entran o salen de los accesos irregulares.

Como ya se había mencionado en el capítulo 3, en el inciso correspondiente a los accesos, la presencia de este tipo de elementos es totalmente incompatible con la función de una autopista, la cual es la movilidad y no el proporcionar acceso local y/o privado. Es así como se hace evidente el peligro que estos accesos representan.

En lo que respecta a los puestos comerciales irregulares, se tiene la presencia de varios puntos de venta de flores sobre los márgenes de la autopista. En el momento de la visita, en el segmento en estudio se localizaron 2 grandes puestos de venta de flores tipo invernaderos (uno en dirección a Acapulco y otro en dirección opuesta), así como tres pequeños puestos tipo ambulantes (uno en dirección a Acapulco y dos en sentido contrario). La Figura D.9 contenida en el Anexo D muestra uno de los puestos tipo

invernadero, el cual incluso invade la zona de cuneta, obstruyendo el correcto funcionamiento del drenaje longitudinal en dicha zona.

Los conductores que acceden a los mencionados puestos comerciales, dejan sus vehículos estacionados sobre el acotamiento de la vía, desarrollando así maniobras de frenado y arranque en las proximidades a dichos puntos de venta, con la consecuente interferencia para los vehículos que siguen de frente. Los percances que pueden llegar a suscitarse por la presencia de estos puestos son:

- Choques de extremo trasero por parte de los vehículos que siguen de frente hacia los vehículos que pretenden detenerse o se han detenido en los puntos comerciales, puesto que llevan velocidades mayores en relación a los vehículos que van frenando para estacionar su vehículo o arrancando para continuar su marcha.
- Choques por alcance y/o alcance múltiple al realizar el vehículo que sigue de frente una súbita maniobra de frenado al encontrarse con un vehículo que intenta aparcar su vehículo sobre el acotamiento por motivos comerciales o que intenta incorporarse al tránsito después de haberse detenido en los puntos de venta.
- Choques contra la barrera central o pérdida de control del vehículo por parte de los conductores que siguen de frente al tratar de esquivar al vehículo que intenta acceder o salir del puesto comercial.

La presencia de estos puestos de venta de flores representa un gran riesgo para la circulación de los vehículos, además de provocar la presencia de personas totalmente desprotegidas físicamente a las orillas de una vía donde los vehículos tienden a desarrollar velocidades del rango en que un posible percance puede producir consecuencias fatales.

4.1.5 Acondicionamiento para los distintos usuarios

Cuando una vía es usada por diferentes clases de usuarios, la infraestructura debe estar pensada para que haya una adecuada y sobre todo segura convivencia entre ellos. En el segmento bajo estudio coexisten diferentes tipos de usuarios como conductores, motociclistas, ciclistas y peatones, sin embargo, el diseño de la vía está enfocado solamente al grupo de usuarios conformado por los conductores. De este modo, las demás clases de usuarios hacen uso de esta vía sin espacios diseñados para ellos.

En el caso de los motociclistas, dado que circulan por el mismo espacio utilizado por los demás tipos de vehículos de motor, su convivencia con vehículos con volúmenes y pesos por demás superiores hace que una posible colisión entre ellos tenga consecuencias mortales. Por otra parte, en comparación con los conductores de los otros tipos de vehículos, los motociclistas acatan con menos rigidez las normas viales, a pesar de ser más vulnerables ante una posible colisión dada su reducida protección física.

La circulación de los ciclistas se realiza sobre la zona de acotamientos, es decir, su movimiento longitudinal está separado de los vehículos automotores. Sin embargo, estos usuarios son aún más vulnerables que los motociclistas, pues existe una gran

diferencia entre la velocidad que estos pueden alcanzar y la correspondiente a los vehículos automotores, aunado al hecho de que los ciclistas menos frecuentemente portan casco de seguridad y en general tienen una aún menor obediencia hacia las normas de tránsito. Una posible colisión resultaría en consecuencias más severas.

Finalmente los peatones, que constituyen el grupo de usuarios más vulnerable, realizan sus movimientos longitudinales a través de los acotamientos. Su obediencia hacia las normas de tránsito es prácticamente nula, llevando a cabo sus movimientos a criterio personal y en muchas ocasiones arriesgando su vida y la de otros de manera irresponsable. Este tipo de usuarios se considera el más vulnerable dado su gran presencia en la vía, su nula protección física, su tamaño (que le hace imperceptible a la distancia) y su libertad de movimientos (que le permite realizar peligrosas maniobras sobre la vía). Cuando un conductor circula sobre una carretera, enfoca su atención en el espacio ocupado por la *corona*, lo cual hace que la repentina aparición de un peatón sobre este espacio descontrola su movimiento, pudiendo presentarse una colisión con consecuencias fatales hacia dicho peatón y/o provocando que el vehículo, al tratar de esquivarlo, pierda el control propiciando diversas situaciones tales como impacto contra barrera central, impacto contra otro automóvil, salida del camino, etc.

Con base en lo anterior, se presenta la Tabla 4.1 que compara la libertad de los movimientos de cada grupo de usuarios presentes en el segmento bajo estudio con su seguimiento u obediencia hacia las normas de tránsito y correlacionándolo con su vulnerabilidad.

Tabla 4.1
Usuarios y vulnerabilidad

Usuarios	Seguimiento de la normativa de tránsito	Libertad en sus movimientos	Vulnerabilidad
Conductores	+	-	-
Motociclistas	↑	↓	↓
Ciclistas	↑	↓	↓
Peatones	-	+	+

Se resalta la importante necesidad de tomar en cuenta a todos los usuarios que emplean el camino bajo análisis. Se deben establecer las preferencias en los movimientos para cada tipo de usuarios, configurando al mismo tiempo un diseño que permita una adecuada y segura convivencia dadas las diferentes características y comportamientos de cada grupo.

4.1.6 Pavimento y señalamiento

Pavimento

El pavimento no presenta bacheos o irregularidades que pudieran provocar el

descontrol en la marcha de los vehículos. Asimismo, no se observaron evidencias que pudieran indicar una inadecuada resistencia al derrapamiento. Las diferentes tonalidades de los carriles y el acotamiento derecho, hace que el camino sea visualmente más claro para los conductores, lo cual hace que la circulación sea más segura. En términos generales el pavimento se encuentra en muy buenas condiciones.

Señalamiento

En cuanto al señalamiento horizontal, no se encontró gran problema dentro del segmento bajo estudio, los carriles se encuentran bien definidos tanto de día como de noche. El único posible inconveniente a este respecto es la colocación de flechas sobre el pavimento de manera inconsistente o inapropiada, pero no se considera que representen algún riesgo a la circulación.

En cuanto al señalamiento vertical, al analizar la colocación y coherencia de este grupo de señales se encontraron varias deficiencias en ambos sentidos de circulación. A continuación se comenta cada una de ellas:

- Serias deficiencias en cuanto a la limitación de velocidad se refiere, no quedando claro si es de 90 ó 95 km/h.
- No se previene al usuario sobre la peligrosa zona de entrecruzamiento ubicada en el kilómetro 98+300 (dirección a Acapulco).
- Falta de señalamiento preventivo en ambos sentidos sobre la altura libre en el puente del kilómetro 98+300.
- Falta de la señal informativa de destino “confirmativa” de la intersección del kilómetro 98+300 (dirección a Cuernavaca).
- Bloqueo del señalamiento informativo de identificación de kilometraje y ruta (km 98 dirección a Cuernavaca) y falta de este mismo en sentido opuesto.

Estas carencias en combinación con otros elementos, ya sean relativos a la infraestructura o al tránsito, pueden crear zonas de confusión y por consecuencia ocurrencia y concentración de accidentes.

4.1.7 Barreras y sistemas de amortiguamiento

En lo que se refiere a la barrera central, ésta se encuentra en perfectas condiciones, cumpliendo su función de manera adecuada.

Por su parte, las barreras laterales existentes (derechas con respecto al sentido de circulación) se encuentran en buenas condiciones, estando bien instaladas, con sus respectivas protecciones en las terminaciones y cumpliendo su función. Sin embargo, se encontró carencia de éstas en ciertas zonas, ya sea para evitar que un vehículo que sale del camino choque de frente contra un objeto fijo de gran tamaño o que caiga en una alcantarilla. Las situaciones anteriores se ilustran en las Figuras D.10 y D.11 contenidas en el Anexo D. Asimismo, aunque de acuerdo a la sección transversal no se requieran, se discute la necesidad de colocar este tipo de barreras en los accesos irregulares para evitar su utilización.

En cuanto a los sistemas de amortiguación, estos se requieren sobre el segmento para

proteger las pilas del puente ubicado en el kilómetro 98+300 ante una posible colisión de frente contra éste. A este respecto, se tiene instalado un adecuado sistema en el sentido Cuernavaca-Acapulco, sin embargo, en el sentido contrario se tiene un sistema improvisado a base de barriles que puede observarse en la Figura D.12 del Anexo D.

4.1.8 Iluminación nocturna

El segmento en cuestión cuenta con una adecuada instalación de elementos retroreflectantes para el guiamiento nocturno de los conductores, sin embargo, los únicos puntos que cuentan con iluminación artificial son los puestos de venta de flores tipo invernaderos y los accesos irregulares a propiedades privadas.

En el capítulo 2 se comentó que algunos países toman la decisión de colocar iluminación artificial continua en un tramo carretero de acuerdo al TDPA. A este respecto, la normativa española recomienda la implantación de este tipo de elementos a partir de un TDPA de 30 mil vehículos, el segmento analizado cuenta con un TDPA de 58 mil 485 vehículos. Además, ha de recordarse que la intersección del km 98+300 cuenta con salidas e incorporaciones de tránsito geométricamente inadecuadas, así como una zona de entrecruzamiento, las cuales ya de por sí tienen una alta peligrosidad con luz de día.

Se identifican zonas muy peligrosas las cuales, además de no contar con una adecuada señalización, permanecen a oscuras durante el periodo nocturno, creando un punto de alta peligrosidad hacia los usuarios que transitan por la zona.

4.1.9 Revisión IRAP

Como parte de la investigación y a fin de utilizar las herramientas más recientes en términos de auditoría de seguridad vial, se revisó un tramo de la autopista bajo estudio en el sentido Cuernavaca-Acapulco con un software diseñado por el Programa Internacional de Valoración de Carreteras IRAP.

El IRAP (International Road Assessment Programme), es una organización que trabaja en asociación con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales en varios países con el propósito de:

- Inspeccionar vías de alto riesgo y desarrollar planes de inversión para vías más seguras.
- Brindar capacitación, tecnología y apoyo a fin de fortalecer y sostener la capacidad a nivel nacional, regional y local.
- Hacer un seguimiento del desempeño de la seguridad vial a fin de que los organismos de financiamiento puedan evaluar los beneficios de sus inversiones.

En dicho software se realiza una sintetización de datos al ir revisando una secuencia fotográfica de la carretera (misma que también debe contar con estándares establecidos por el IRAP). La sintetización de datos se lleva a cabo llenando un formato con las condiciones prevalecientes presentes en cada segmento de longitud igual a 100 metros. Posteriormente, esta base de datos se procesa vía internet (Referencia 29) y como resultado se tiene una categoría por estrellas de la carretera desde la perspectiva

de cuatro tipos de usuarios: ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones, así como recomendaciones, sus costos y sus beneficios. La escala de la calificación por estrellas va de uno a cinco, donde uno es lo menos seguro y cinco lo más seguro.

En este sentido, IRAP asignó las calificaciones mostradas en la Tabla 4.2 para el segmento caso de estudio.

Tabla 4.2
Evaluación IRAP del segmento
(km 98-99)

Usuarios	Estrellas
Ocupantes de vehículos	4 y 2
Motociclistas	-
Ciclistas	-
Peatones	3 y 2

Para los ocupantes de vehículos, en general se obtuvo una calificación de 4 estrellas para todo el segmento, con excepción del sitio donde se tiene la intersección a desnivel (km 98+300) donde indicó 2 estrellas. Las deficiencias que señala el sistema para los sitios donde califica con 4 estrellas son discontinuidad de la barrera lateral derecha y presencia de accesos directos indebidos a propiedades y comercios, en tanto que para el sitio en el que se encuentra la intersección, evaluado con 2 estrellas, las deficiencias son inadecuada geometría de rampas de entrada y salida, y señalización y delineación insuficientes.

Para motociclistas y ciclistas no se generaron resultados de IRAP, pero la elevada presencia de motociclistas sugiere la necesidad de instalar barreras especiales para ellos en todo el tramo suburbano, con el fin de evitar que un posible choque del motociclista contra la barrera metálica tenga consecuencias mortales. En la Figura D.13 contenida en el Anexo D se muestra una barrea de este tipo.

Finalmente para peatones en general se obtuvo una calificación de 2 estrellas, asociada con la necesidad de cruces peatonales y caminos peatonales separados de la autopista.

En la Figura D.14 del Anexo D se muestra un ejemplo de la presentación gráfica de resultados arrojados por IRAP.

Asimismo, el IRAP propone para el segmento analizado recomendaciones del siguiente tipo:

- Barreras de protección laterales derechas del kilómetro 98+000 al 98+390
- Mejoras en la delineación y la señalización de la intersección del kilómetro 98+300
- Creación de camino para peatones separado de la autopista en los kilómetros 98+100 a 98+290 y 98+500 a 98+990

Realizando el análisis económico de IRAP para cada tipo de medida recomendada, se

destaca que para la colocación de barreras de protección laterales derechas, el sistema estima un costo de 740 mil dólares para el segmento analizado contra un valor presente de los beneficios de 1 636 052 dólares para un horizonte de análisis de 20 años (o una relación costo/beneficio de 2,21 para este tipo de medida).

4.1.10 Conclusiones sobre estado de la infraestructura

En términos generales la infraestructura del tronco de la carretera del caso bajo estudio es muy buena, solamente presenta ciertas deficiencias en lo relativo a la señalización y la iluminación artificial.

Por otra parte, las rampas de entrada y salida pertenecientes a la intersección ubicada en el kilómetro 98+300 requieren mejoras en su geometría, provisión de carriles de aceleración y deceleración e instalación de dispositivos de iluminación artificial para el periodo nocturno. Asimismo, se requiere la eliminación de los accesos irregulares a propiedades privadas. En lo relativo a los puestos de venta de flores, es necesaria su regulación, retirándolos de los márgenes de la vía y reubicándolos en sitios adecuados diseñados específicamente para ellos.

En cuanto al parador comercial del kilómetro 98+400, se requiere un estudio de las causas de su abandono, ya que pudo ser parte de un proyecto para regular la venta de flores en puntos irregulares, sin embargo, debido a su cercanía con la incorporación del tránsito de la intersección previa, los problemas de trenzado de trayectorias que se producen y su restringida visibilidad por el puente superior de la misma intersección, es necesaria su clausura.

Asimismo, producto de la transformación del entorno de rural a urbano, se requiere la creación de infraestructura que tome en cuenta todos los tipos de usuarios, incluyendo motociclistas, ciclistas y peatones.

4.2 Revisión del flujo de tránsito

Analizando el tránsito que circula por el segmento, se llegó a la teoría de que los problemas de accidentalidad podrían estar siendo causados por el gran flujo vehicular que transita por la zona. De esta manera se procedió a realizar un análisis de capacidad y nivel de servicio, así como una revisión de las vías de comunicación con las que cuenta la ciudad y en específico la zona bajo estudio.

4.2.1 Análisis de capacidad y nivel de servicio

Para analizar la capacidad y el nivel de servicio en el segmento, se realizaron cálculos con base en el procedimiento descrito en la Referencia 28. De esta manera, se seleccionó el procedimiento indicado para las carreteras de carriles múltiples, dado que la vía no cumple con los lineamientos necesarios para ser analizada como una autopista. En las páginas E-1 y E-2 del Anexo E se presentan las hojas de cálculo utilizadas para el segmento estudiado. La hoja E-1 corresponde al análisis del sentido Cuernavaca-Acapulco, mientras que la hoja E-2 corresponde al sentido opuesto.

De acuerdo a los datos de tránsito presentado en el capítulo 3 correspondientes al año 2010 (último año de registro, Referencia 10), se determinó que la carretera se

encuentra con un nivel de servicio "C" en ambos sentidos de circulación. En la Figura 4.4 se muestra la gráfica que se utilizó para el análisis.

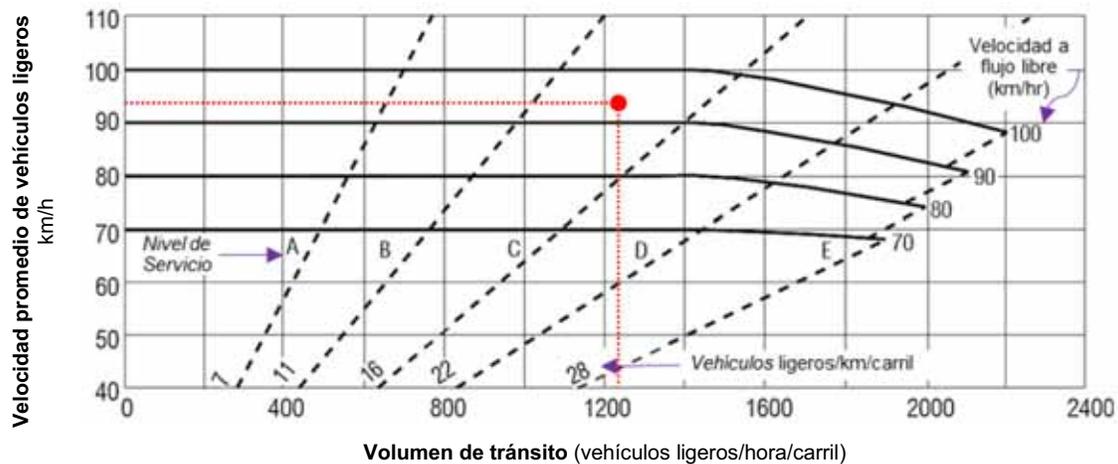


Figura 4.4 Gráfica para cálculo de nivel de servicio

El cálculo presentado en el Anexo E arroja un volumen de tránsito de 1 225 vehículos ligeros equivalentes por hora por carril en el sentido Cuernavaca-Acapulco y 1 237 en sentido contrario, así como una velocidad a flujo libre por parte de los vehículos ligeros de 92,9 km/h. Con los datos anteriores se entra en la gráfica presentada en la Figura 4.4 y se tiene que la carretera opera con un nivel de servicio C. El límite del nivel de servicio E representa la capacidad máxima de la carretera.

4.2.2 Tendencias del tránsito y red vial

De acuerdo al comportamiento de la tendencia del tránsito calculada en el capítulo 3 (Figura 3.11), se prevé que a partir del año 2018 se comenzarán a tener problemas de capacidad en el segmento, desarrollándose el flujo del tránsito con un nivel de servicio E. Asimismo, en diez años (año 2021) la vía tendrá ya serios problemas de congestionamiento.

Por otra parte, analizando el sistema de vías del área conurbada, se encontraron dos ejes viales paralelos a la carretera analizada, sin embargo, ambos caminos presentan muy malas condiciones físicas, lo cual genera que la mayoría de los usuarios que quieren transportarse del sur de la conurbación hacia la ciudad de Cuernavaca (y viceversa) opten por la autopista bajo estudio. Además, se detectó la carencia de una estructurada red vial, pues se tienen muy pocos ejes viales en el área metropolitana, produciendo la concentración del tránsito en muy pocas vías. En la Figura E.1 del Anexo E se presenta una imagen con la red vial actual del área conurbada de la ciudad de Cuernavaca.

4.2.3 Conclusiones

Dado el constante crecimiento que se ha venido dando en los últimos años de la zona

metropolitana de Cuernavaca y su tendencia a seguir con este comportamiento, se subraya la importancia que tiene el tomar las medidas necesarias para cubrir la demanda de tránsito tanto presente como futura. Se requiere la construcción de nuevas vías y mejora de las existentes, en miras de desarrollar una adecuada red vial. La autopista caso de estudio no puede analizarse de manera aislada puesto que forma parte de la estructura vial de Cuernavaca, las mejoras que se hagan en ella influirán en el resto de las vías de la ciudad y las mejoras que se hagan en la red vial se reflejarán en mejoras del nivel de servicio del segmento analizado.

En este sentido, queda abierta la necesidad de desarrollar un detallado estudio de tránsito de la totalidad de la conurbación, con el fin de generar un plan de desarrollo de la red vial, con un horizonte de largo plazo, tomando en cuenta a clasificación funcional de las vías de comunicación descrita en el capítulo 2.

4.3 Revisión de accidentes

En el segmento bajo estudio (km 98 a 99), de acuerdo a los accidentes registrados por CAPUFE en los últimos 3 años (Referencia 5), se tienen los siguientes indicadores de siniestralidad:

- A. Frecuencia promedio anual de accidentes: Considera sólo el número de accidentes, teniendo un promedio anual de **18,33** accidentes/km.
- B. Número de accidentes equivalentes (NAE): Se trata de una ponderación que da mayor peso a los accidentes según su presencia de lesionados y/o muertos. El cálculo del indicador NAE se realiza de acuerdo a la ecuación I.1 expuesta en la Introducción. De acuerdo con lo anterior, se tiene un NAE promedio anual de **39,67/km**.
- C. Índice de siniestralidad: Considera conjuntamente el número de accidentes y el volumen de tránsito, expresándose en accidentes por cada 100 millones de vehículos-kilómetro. Para este caso se tiene un promedio de **90,47** accidentes por cada 100 millones de vehículos-kilómetro

De esta manera, con base en los datos presentados en el capítulo 3 (inciso 3.7) y lo indicado en la Referencia 9 para la revisión de accidentes y diagnóstico, se analizaron los diferentes tipos de accidentes, enfocándose en su localización, tendencias y patrones.

4.3.1 Tipo de accidentes y su localización en el espacio y tiempo

En la Figura E.2 contenida en el Anexo E se presenta la ubicación y tipo de los accidentes ocurridos entre los años 2008, 2009 y 2010, según la base de datos de CAPUFE. Para un análisis detallado de accidentes y búsqueda de elementos que pudiesen haber influido en su ocurrencia, es necesario contar con datos precisos sobre estos, por ejemplo: su localización exacta, la dirección que llevaban los vehículos implicados, las condiciones climáticas, etc. Desafortunadamente, la base de datos de CAPUFE contiene muy poca información sobre los accidentes que registra y la base de datos de la Policía Federal (que contiene muchos más detalles acerca de cada

siniestro), registra sólo una pequeña porción de los accidentes ocurridos.

Con la información disponible se analizó la Figura E.2 surgiendo la siguiente observación:

La mayoría de los accidentes se concentran en los kilómetros cerrados, es decir km 96, 97, 98, 99, etc. De esta manera, se entrevistó que el personal encargado de registrar los accidentes no captura la localización exacta del percance, redondeando su ubicación y dificultando el análisis para la determinación de elementos que pudieran estar provocando su ocurrencia.

Por otro lado, analizando la información de accidentabilidad de los últimos años presentada en el capítulo 3, se observa que el 78% de los accidentes caen en solamente cuatro categorías: *choque por alcance*, *choque por alcance múltiple*, *salida del camino* y *choque contra muro central*. Asimismo, estas mismas categorías engloban el 74% de los lesionados y el 100% de los muertos. Con base en lo anterior, se discierne que si se logran enfocar los esfuerzos hacia la prevención de este tipo de siniestros, determinando los elementos que los causan y realizando cambios en estos, se reducirán notoriamente los índices de siniestralidad.

En cuanto a la localización de los accidentes en el tiempo, surgieron las siguientes observaciones:

- Con base en la Figura 3.5 (que muestra el periodo de concentración de lluvias en la zona) y la Figura 3.45 (que muestra la distribución mensual de los accidentes reportados por CAPUFE) y revisando los 69 reportes levantados en el tramo por la Policía Federal, se determina que las condiciones ambientales adversas no son un factor determinante para la ocurrencia de los accidentes en el segmento. En los 69 reportes levantados en el tramo por la Policía Federal, las condiciones ambientales adversas no son un factor determinante para la ocurrencia de los accidentes en el segmento (en sólo uno de los 69 accidentes se registró la presencia de lluvia).
- De la Figura 3.46, se determina que gran parte de los accidentes están asociados al fin de semana, ocurriendo el 71% de ellos entre los días viernes, sábado, domingo y lunes.
- De acuerdo con lo expuesto en el inciso 3.7.2, se determina que el periodo nocturno es mucho más peligroso que el periodo diurno. Esto se precisa dado que, de la totalidad de los accidentes reportados por la Policía Federal en el tramo, el 52% se desarrolló durante las horas sin luz de día, siendo que durante esas mismas horas el flujo vehicular es considerablemente menor en comparación con los periodos punta que se presentan en el día.

4.3.2 Relación accidentes–infraestructura

Con base en lo hasta aquí descrito, se encontraron ciertos elementos en la infraestructura que están estimulando la aparición de accidentes. Dichos elementos se comentan a continuación.

La inadecuada geometría y falta de carriles de aceleración y deceleración en las rampas de entrada y salida de la intersección del kilómetro 98+300 está provocando

dos situaciones: 1) Los vehículos toman las salidas a exceso de velocidad, por lo que salen del camino o chocan contra las barreras izquierdas en estas zonas. 2) Los vehículos que tratan de incorporarse al tronco tienen una reducida visibilidad e inician su arranque desde cero, lo cual interfiere con el tránsito que va de frente, propiciando la ocurrencia de accidentes en la zona.

Los accesos y puestos irregulares están produciendo interferencia en el tránsito, incitando la presencia de accidentes y disminuyendo la capacidad del segmento.

La confusa zona de trenzado del kilómetro 98+400 con dirección a Acapulco representa un peligro para la circulación. En adición, cuenta con un alineamiento vertical descendente, el cual se considera más peligroso según lo expuesto en el capítulo 2 (inciso 2.2.2) y su visibilidad es muy mala.

Analizando los reportes de accidentes de la Policía Federal de los últimos 3 años, se encontraron incoherencias entre los límites de velocidades, variando estos entre 80 y 110 km/h. Es necesario definir un límite de velocidad adecuado para la zona y la instalación de señalamiento oportuno que lo indique. Asimismo, se recomienda la instalación de sistemas automatizados para el control de la velocidad.

De acuerdo con la base de datos de accidentes de la Policía Federal, se ha determinado que el periodo nocturno es más peligroso que el diurno. Si a lo anterior se le suma el hecho de que el tramo no cuenta con iluminación artificial, ni siquiera en puntos de conflicto como lo es la zona que abarca la intersección a desnivel (km 98+100 a 98+400), es incuestionable la necesidad de instalar iluminación artificial.

En la Figura E.3 contenida en el Anexo E se muestra una vista satelital del kilómetro caso de estudio, mostrando ciertos elementos de la infraestructura.

4.3.3 Relación accidentes-nivel de servicio

En general se tiene que un elemento que reduce el volumen de servicio, es causa potencial de accidentes.

El segmento cuenta con múltiples accesos tanto regulares como irregulares, lo cual reduce la capacidad vial del segmento con el consecuente daño en el nivel de servicio brindado y el incremento de la accidentalidad. Asimismo, a medida que la demanda de tránsito va aumentando, las restricciones en la velocidad también se incrementan. De este modo, se realizó una correlación entre la reducción de la velocidad por efecto del deterioro en el nivel de servicio a causa de la presencia de accesos sobre la vía y la siniestralidad (en términos de índice de siniestralidad) provocada por la presencia de dichos accesos.

Para el cálculo de dicha analogía se analizó la influencia que tiene la presencia de accesos sobre la determinación del nivel de servicio de acuerdo con la Referencia 28, relacionando este efecto con el incremento en la siniestralidad producto del incremento de los accesos presentado en el capítulo 2 (Figuras 2.4 y 2.5). La Figura 4.5 muestra los resultados obtenidos en este sentido.

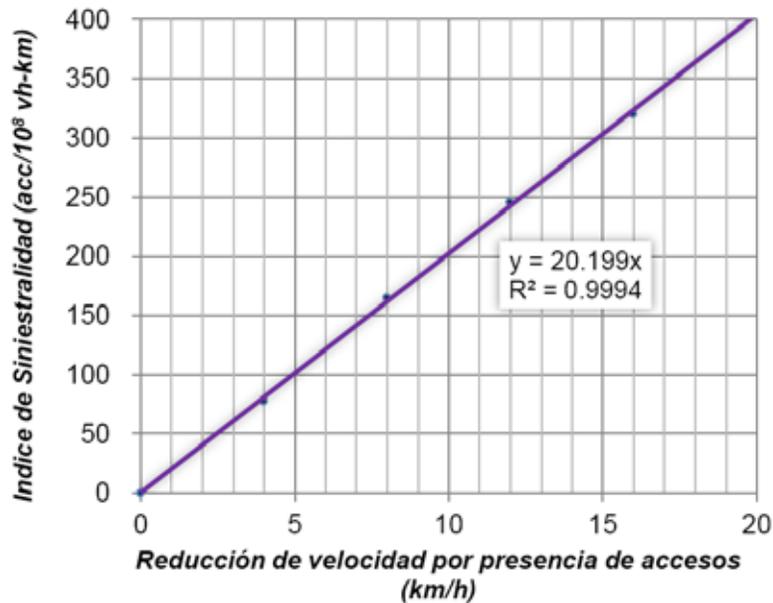


Figura 4.5 Relación Índice de Siniestralidad-Reducción de velocidad por deterioro en el nivel de servicio

En la página E-6 del Anexo E se presenta la hoja de cálculo utilizada para la construcción de la gráfica de la Figura 4.5.

En un contexto más general, la Figura 4.5 hace evidente el efecto en la siniestralidad vial, del deterioro del nivel del servicio de una vía por condiciones inferiores a las ideales (p. ej. en términos de anchos de carril y acotamiento, densidad de accesos, tipo de mediana, etc.) o por un mayor flujo vehicular, lo cual significa que, dentro de la zona de circulación estable, a medida que se reduce el nivel de servicio, aumentan las interferencias vehiculares y esto tiene un efecto determinante en la ocurrencia de accidentes. Lo anterior destaca la necesidad de realizar las obras necesarias en el momento oportuno, para mantener un buen nivel de servicio también en aras de la seguridad vial (evitando por supuesto la compensación de riesgo por parte de los usuarios mediante el control efectivo de las velocidades). Compensación de riesgo significa que ante una mejora que reduce el riesgo y la ausencia de medidas de control, los usuarios tienden a adoptar actitudes más temerarias que compensan la disminución del riesgo derivada de la mejora.

4.3.4 Patrones

Analizando los accidentes ocurridos en el periodo diurno, se encontró que estos están más relacionados a problemas de capacidad, donde aparecen colisiones de tipo por alcance o por alcance múltiple. Por otro lado, los percances ocurridos durante la noche donde el aforo vehicular es considerablemente menor, son relacionados con la pérdida del control del vehículo que llega a provocar salidas del camino, choques contra el muro central, choques contra otros, etc.

Además, revisando los reportes de la Policía Federal se encontró que la gran mayoría de los accidentes, tanto de día como de noche, ocurrieron a causa del exceso de

velocidad, impidiendo que el conductor tuviese tiempo para reaccionar ante determinada situación y/o provocando que perdiese el control del vehículo. De esta manera se identifica como patrón principal en la ocurrencia de los accidentes sobre el segmento, el exceso de velocidad. A continuación se profundiza un poco más en el tema referente a la velocidad como elemento de riesgo.

4.3.4.1 Exceso de velocidad como factor de riesgo

Como introducción al problema que presenta el exceso de velocidad, se tiene que a medida que aumenta la velocidad, el conductor enfoca la vista a mayor distancia, esto implica mayor restricción de la visión lateral al fijar la vista en un punto distante y limita los movimientos laterales aún más. A este fenómeno se le denomina “efecto de visión de túnel” y su característica es que son menos perceptibles los objetos laterales. Lo anterior es una de las razones por las cuales existe un gran riesgo al cruzar a alta velocidad una zona poblada o un cruce. El caso crítico ocurre en la obscuridad o en condiciones de poca iluminación.

En adición, la gravedad de un accidente es directamente proporcional a la diferencia entre las velocidades anterior y posterior al percance. Esto se explica sencillamente con base en las leyes de la física, las cuales postulan que la energía no se crea ni se destruye sino que sólo se transforma. La energía cinética desarrollada por un vehículo (la cual viene dada por la ecuación 4.1), después de una colisión se transforma en deformaciones al vehículo con los correspondientes daños hacia sus ocupantes. Los daños en los pasajeros van desde golpes, dislocaciones, amputaciones, etc., hasta daños internos en los órganos por efecto de la liberación de energía.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.1)$$

donde:

E_c = Energía cinética

m = Masa del objeto

v = Velocidad del objeto

Analizando la Ecuación 4.1 se observa cómo la velocidad tiene una aportación potencial hacia la generación de energía cinética y por consiguiente hacia la gravedad de los accidentes. Por otro lado, la variable correspondiente a la masa del objeto, que también contribuye en la generación de energía, cobra especial importancia sobre la gravedad de un siniestro cuando dos objetos con masas muy distintas colapsan, por ejemplo, un camión con un motociclista o un peatón.

La gráfica presentada en la Figura 4.6 (Referencia 32) muestra una relación entre el cambio en la velocidad y la probabilidad de que el percance sea fatal.

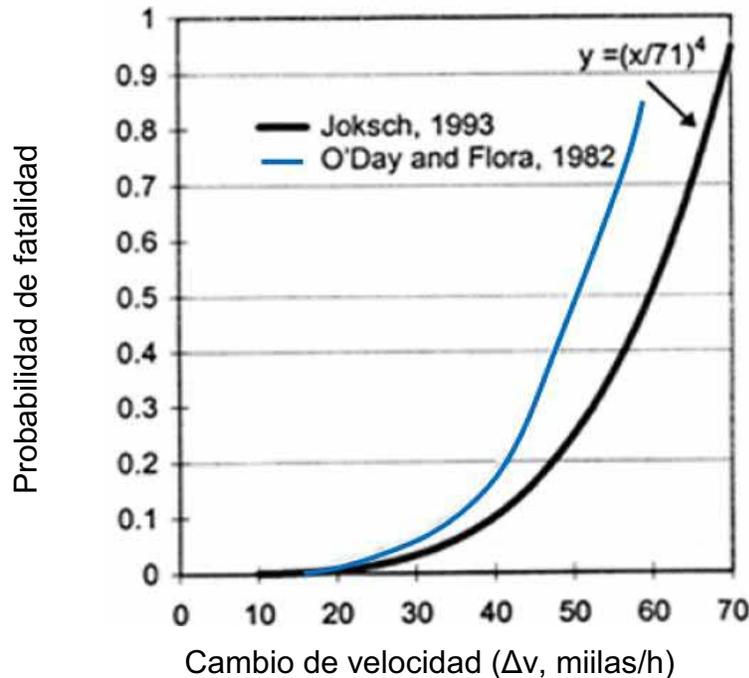


Figura 4.6 Efecto del cambio de la velocidad con el impacto en el riesgo de fatalidad

Por otro lado, considerando colisiones entre un vehículo y un peatón (usuario más vulnerable), estudios han revelado que el riesgo de que éste último muera como consecuencia del siniestro va de acuerdo a con la velocidad a la que ocurre el impacto. Esta relación se presenta en la Tabla 4.3 (Referencia 33).

**Tabla 4.3
Velocidad de vehículo y probabilidad de
fallecimiento del peatón arrollado**

Velocidad del vehículo	Probabilidad de muerte
20 km/h	10%
40 km/h	30%
65 km/h	85%
80 km/h	100%

En lo que respecta a la relación entre los problemas de accidentabilidad y la circulación a altas velocidades en el segmento, se encontraron las siguientes observaciones:

- Analizando la contribución del periodo de lluvias en el acontecimiento de accidentes, se encontró que bajo estas circunstancias los conductores manejan a menores velocidades y van más atentos al camino, estas condiciones atmosféricas no constituyen un elemento determinante para la aparición de siniestros en el caso bajo estudio.

- El periodo nocturno, identificado como el más peligroso de acuerdo a su índice de siniestralidad, se encuentra asociado con el desarrollo de velocidades más altas.
- La mayoría de los accidentes se presentan en los días asociados al fin de semana, los cuales también están relacionados con el desarrollo de velocidades más altas.

De esta manera, se llega a la conclusión de que si se logra tener un control sobre la velocidad a la que circulan los vehículos, se reducirán los índices de siniestralidad. Esta medida tendrá resultados notorios si se aplica en conjunto con correcciones en las deficiencias de la infraestructura.

4.4 Posibles causas generadoras de la siniestralidad vial

Como consecuencia de la evolución no regulada del desarrollo urbano en las zonas aledañas a la vía, los elementos que intervienen en la aparición de los accidentes ya no sólo se limitan a las condiciones de la infraestructura del camino y el comportamiento del conductor, sino que ahora se entrelazan con la dinámica vehicular urbana compuesta por: tránsitos de paso, tránsitos locales, motociclistas, ciclistas y peatones. De este modo, los accidentes no son resultado de un elemento aislado, sino de una serie de circunstancias que propician su aparición.

Actualmente la clasificación funcional de la vía ya no corresponde a una autopista, pues se ha convertido en arteria principal. Sin embargo, las características físicas de la infraestructura no corresponden a una arteria principal, lo cual produce confusión en los usuarios y mezclas de tránsitos con diferentes objetivos. Dicha indefinición del carácter funcional de la vía provoca que los vehículos desarrollen altas velocidades en una zona donde no deberían tenerse dado la multiplicidad de elementos que se involucran.

Por otra parte, con base en la secuencia de eventos o circunstancias que contribuyeron a la ocurrencia de los accidentes analizados, se han identificado los siguientes factores como propiciadores de su ocurrencia:

- Iluminación inadecuada
- Exceso de velocidad
- Accesos mal diseñados
- Accesos directos incompatibles e improvisados
- Falta de separación entre vehículos
- Considerable presencia de motociclistas, ciclistas y peatones interactuando en una vía no diseñada para su circulación

Los percances están apareciendo en zonas donde el conductor debe analizar escenarios desarrollando altas velocidades. Para contrarrestar la aparición de siniestros se debe facilitar el tratamiento de las situaciones a las que se puede enfrentar un conductor y permitir que tengan el tiempo suficiente para reaccionar ante algún peligro, lo anterior en conjunto con la disposición de técnicas para el control de la velocidad. En este sentido, se determina que limitar la velocidad mejorará considerablemente la

seguridad de los caminos en términos de reducir la frecuencia y gravedad de accidentes, pero a niveles razonables y reforzados con chequeos apropiados.

Sin embargo debe tenerse en cuenta que no sólo la circulación a altas velocidades es causal de accidentes, también lo es la variación entre las velocidades de los vehículos que circulan sobre la vía. Varios estudios han comprobado que variaciones hacia arriba o incluso bajo ciertas condiciones hacia abajo, tomando como referencia la velocidad media del flujo vehicular, son causales de siniestralidad. A este respecto, factores como densidad de accesos (controlados o irregulares), densidad de comercios, multiplicidad de funciones de la vía y mezcla de usuarios con distintas características, propicia variaciones de velocidad entre los vehículos, incrementando la peligrosidad del segmento. El riesgo de choques es menor cuando se acerca a la velocidad media e incrementa con vehículos viajando más rápido o lentamente que el promedio, por lo cual es importante reducir las situaciones de conflicto que provoquen dichas diferencias de velocidad.

Además, el gran aforo vehicular que presenta la autopista en el segmento analizado está contribuyendo a la aparición de percances. La tendencia de crecimiento que presenta el tránsito en esta zona revela que los percances por esta causa se incrementarán si no se toman las medidas necesarias para establecer una apropiada red vial, en la cual cada vía cumpla con su función de manera adecuada.

Si se logran implementar medidas para controlar la violación a los límites de velocidad, propiciando al mismo tiempo la uniformidad en las velocidades desarrolladas por los vehículos que transitan el segmento y mejorando el nivel de servicio (desde el punto de vista de la capacidad vial), debe mejorar la seguridad.

4.5 Propuestas de mejoramiento

En los incisos anteriores ya se han ido comentando algunas acciones que pueden implantarse en el segmento con el fin de disminuir sus índices de siniestralidad vial. En este inciso se precisan las estrategias a corto y mediano plazo que, con base en el estudio realizado, provocaría una mejora en los niveles de seguridad.

4.5.1 Estrategia a corto plazo

La estrategia a corto plazo incluye una serie de medidas que debieran implantarse en un lapso no mayor a 1 año. A continuación se enlistan de acuerdo a la prioridad que habría que darles:

1. Eliminar los accesos directos a propiedades privadas.
2. Clausurar el parador comercial del kilómetro 98+400 en dirección a Acapulco y realizar un estudio para la ordenación de los puestos comerciales irregulares localizados en los márgenes.
3. Instalar las señales y barreras laterales derechas faltantes, poniendo énfasis en el señalamiento correspondiente a las limitaciones de velocidad.
4. Mejorar la geometría de las rampas de entrada y salida de la intersección del kilómetro 98+300 y construir carriles de aceleración y deceleración en las mismas

5. Implementar un sistema automatizado para el control de la velocidad.

En cuanto al límite de velocidad, según el análisis hecho se recomienda que éste se fije en 90 km/h. Sin embargo, periódicamente deben realizarse estudios que consideren las nuevas condiciones en el segmento para determinar si este límite sigue siendo adecuado.

En referente a la implementación de un sistema automatizado para el control de velocidad, se requiere un estudio detallado que considere las condiciones del sitio y la idiosincrasia de los usuarios de la vía, con el fin de determinar la ubicación, características y forma de operación de dicho sistema. Se propone un sistema automatizado de emisión de multas para quienes infrinjan el límite máximo de velocidad, esto a base de identificadores de velocidad y toma de fotografías para envío de multas al domicilio del propietario del automóvil. Asimismo, se recomienda analizar la posibilidad de implementar sistemas inteligentes con información en tiempo real de las situaciones prevalecientes en la red vial, variando los límites de velocidad de acuerdo con dichas situaciones. Estos sistemas inteligentes se refieren a letreros digitales que publican mensajes sobre las situaciones actuales en la vía o vías cercanas, dirigidos a los conductores como ayuda en la toma de decisiones o selección de rutas, con el fin de agilizar el flujo vehicular y evitar la aparición de siniestros.

Realizando estas recomendaciones, se prevé una notable disminución en los niveles de siniestralidad del segmento. Es pertinente recalcar que estas mejoras también deben implementarse en los segmentos adyacentes que presentan la misma problemática, pues si no, se correría el riesgo de migrar la problemática a dichos segmentos.

Asimismo, puesto que el conflicto de siniestralidad vial en el tramo es fruto de una evolución urbana de la zona, deben implementarse también medidas a mediano y largo plazo que consideren esta situación. Las acciones que se tomen a corto plazo deben considerar los proyectos que se tengan a mediano y largo plazo, con el fin de no realizar inversiones en obras incompatibles con las acciones futuras que posteriormente se retirarán o serán inútiles.

4.5.2 Estrategia a mediano y largo plazo

La estrategia a mediano y largo plazo abarca una serie de medidas que han de proyectarse y realizarse en un plazo no mayor a diez años a partir del presente año.

1. Realizar un estudio detallado que abarque la totalidad de la red vial de la zona conurbada de la ciudad de Cuernavaca, considerando los centros generadores de tránsito tales como centros de actividad residencial, laboral, comercial, educacional y ocio. Lo anterior con el fin de desarrollar un proyecto de mejora global del sistema vial de la metrópoli.
2. Ampliar la sección transversal de la autopista desde su inicio en el kilómetro 95 hasta la caseta de Alpuyeca ubicada en el kilómetro 114+800, cambiando las características de su infraestructura de autopista a arteria principal urbana, diseñando espacios para cada uno de los usuarios (conductores, motociclistas, ciclistas y peatones) que se prevén de acuerdo al futuro entorno urbano.

3. Realizar la construcción de un nuevo libramiento que rodee la mancha urbana de la metrópoli con la finalidad de evitar la mezcla de usuarios de largo recorrido con los locales, reduciendo de este modo la siniestralidad vial que esta situación propicia. Asimismo, como un efecto añadido, se acortará el tiempo de recorrido entre la ciudad de México y el puerto de Acapulco.

Cabe hacer mención que en el año 2004 se presentó el proyecto de un nuevo libramiento para la zona conurbada de Cuernavaca, sin embargo, fue rechazado por cuestiones de impacto ambiental en el 2005. La Figura E.4 contenida en el Anexo E, muestra un croquis de la trayectoria que tenía dicho proyecto.

La consideración y aplicación de estas medidas es de suma importancia ya que, según el estudio sobre la tendencia del tránsito, los problemas en la circulación por el segmento analizado se irán agravando hasta llegar a un límite de congestionamiento total para el año 2021 aproximadamente. Es por eso que se recalca la importancia de ir preparando la infraestructura vial de la ciudad y de este modo esté lista para afrontar las futuras demandas de tránsito. Aún se está a tiempo de tomar las medidas necesarias para contrarrestar los problemas viales futuros, evitando soluciones costosas y tal vez no factibles. Actualmente ya hay varios desarrollos en las cercanías de la carretera, sin embargo, debe aprovecharse que aún se tiene espacio para ampliaciones de la calzada vehicular.

Hoy en día las autoridades ya se han dado cuenta del gran problema vial que presenta la capital morelense, por lo que el actual presidente municipal plantea el proyecto de un segundo piso sobre el boulevard Plan de Ayala, mientras que la SCT considera que el desarrollo de un segundo piso sobre el actual libramiento sería una mejor propuesta. En lo personal, de acuerdo al estudio realizado, el problema vial de la conurbación de Cuernavaca es resultado de su deficiente red vial urbana que concentra enormes volúmenes de tránsito en pocas arterias, por lo que surge nuevamente la recomendación de un estudio detallado del sistema de vías.

La mejora de un solo elemento del sistema vial sí mejorará el flujo de tránsito sobre dicho elemento, pero las deficiencias en los demás elementos crearán conflictos en la red como sistema. Si se enfocan los esfuerzos a mejorar una sola vía sin tomar en cuenta la dinámica urbana como una red codependiente, se presentarán problemas en otros puntos de la red y a su vez se tendrá una mayor demanda en el elemento mejorado hasta que vuelvan a presentarse conflictos en éste.

Conclusiones

El actual problema de salud pública que provocan los accidentes viales crece a medida que aumenta el parque vehicular. Para controlar el crecimiento del parque vehicular es necesaria la construcción de sistemas colectivos de transportes eficientes, cómodos, seguros y económicamente rentables que logren persuadir al usuario de que ésta es la mejor opción para transportarse. Sin embargo, cada vía terrestre debe también ser diseñada, construida, operada y monitoreada para dar un servicio seguro hacia todos sus usuarios, independientemente del tipo de transporte que estos ocupen para llegar a ella (vehículo automotor particular o privado, bicicleta o andando). Deben tomarse medidas de seguridad que minimicen los niveles de siniestralidad producidos por los accidentes viales, de lo contrario, estos seguirán cobrando la vida de miles de personas, vidas que pueden salvarse realizando pequeños cambios en las infraestructuras viales existentes y en los proyectos de futuros desarrollos. El reto es disminuir la probabilidad de que se produzcan accidentes y reducir la gravedad de sus consecuencias.

En México el problema de siniestralidad vial es sumamente fuerte. El parque vehicular en el país prácticamente se ha duplicado del 2000 al 2009 y medidas encaminadas a mejorar la seguridad de las vías y control del parque vehicular no han sido tomadas. El sistema de transporte debe planearse integralmente, definiendo el papel que debe jugar cada subsistema (transporte público, privado, las redes viales, etc.). México necesita implantar medidas como:

- Creación de mejores sistemas de transporte público.
- Mejora en la calidad de las vías, con un especial enfoque en la seguridad de todos los usuarios.
- Concientización y educación de la población sobre el problema que se vive, aunado a penalizaciones encaminadas al reforzamiento de la obediencia a las normas de tránsito.

La normativa de nuestro país no realza la importancia que la clasificación de los caminos tiene de acuerdo a la *función* que desempeñarán, para de este modo visualizar la red vial como un *sistema*. Una vía terrestre, ya sea urbana o rural, no funciona como un elemento aislado del resto de vías vecinas, cada vía forma parte del sistema vial donde todos los elementos deben trabajar en conjunto para funcionar apropiadamente.

En el caso especial de las carreteras en zonas urbanas, la problemática que la siniestralidad vial produce, se complica. Una carretera desarrollada en un escenario urbano está sujeta a varios elementos, desde los múltiples tipos de usuarios a quienes deben dar servicio (cumpliendo las cuatro premisas de rapidez, economía,

seguridad y comodidad, que una vía debe proporcionar), hasta los elementos propios del mobiliario urbano que provocan distracciones en los usuarios.

Las velocidades que pueden sostenerse con seguridad difieren de un camino a otro de acuerdo con sus características particulares. La manera de conducir sobre un camino con entorno rural difiere de la correspondiente a un entorno urbano. En general, la mayor parte de los conductores aceptan velocidades menores en zonas urbanas que en zonas rurales. Sin embargo, debe existir una zona de transición que le indique al usuario que las condiciones van a cambiar, preparándolo para que modifique su comportamiento. Para que el funcionamiento de una carretera sea adecuado, ésta debe integrarse con el entorno que se le presenta.

El diseño de la infraestructura vial influencia el comportamiento de los conductores, en especial la velocidad a la que conducen, particularmente en las cercanías a áreas urbanizadas. Por lo anterior, la infraestructura debe inducir a unos comportamientos compatibles con su entorno y su uso, y a su vez, todo elemento de su diseño debe resultar compatible con esos comportamientos inducidos.

Un entorno vial seguro debe contar con lo siguiente:

- Ofrecer características adecuadas para la función que desempeña.
- Proporcionar al conductor información suficiente y oportuna de las condiciones que encontrará.
- Prevenir y guiar al conductor en los tramos que presenten características distintas a las habituales.
- Proporcionar un margen de maniobra para los conductores que pierden el control o realizan maniobras indebidas.
- Permitir que los desplazamientos de todos los usuarios puedan desarrollarse en condiciones seguras.

Es decir, un entorno en el que las infraestructuras, por su diseño y su forma de explotación, se adapten a las limitaciones de las facultades humanas y permitan controlar los comportamientos inseguros.

En todo momento debe procurarse la uniformidad de un camino, desde su diseño hasta su operación. En un camino donde se logren mantener condiciones de semejanza en su operación, las sorpresas hacia los usuarios se reducirán, minimizando así la ocurrencia de accidentes. Es por lo ello que situaciones como la multiplicidad de funciones en la vía deben evitarse, pues inevitablemente significa vehículos viajando a distintas velocidades, rompiendo de este modo la uniformidad buscada. Asimismo, la mezcla de usuarios de diversos tipos y comportamientos causa restricciones de la capacidad, retrasos y deteriora los niveles de seguridad.

Especial atención debe tenerse hacia los usuarios más vulnerables como lo son los peatones, individuos que no conducen ningún tipo de vehículo pero sí hacen uso de la vía y muchas veces son ignorados en el diseño de ésta.

El mayor o menor éxito, conseguido con una actuación está condicionado, básicamente por el grado de idoneidad de la medida implantada, es decir, que se

haya acertado o no con la solución adecuada. Por lo tanto, es fundamental identificar convenientemente los lugares conflictivos, las carencias de seguridad existentes y proponer, en consecuencia, las medidas correctoras necesarias.

Indiscutiblemente nunca se llegará a extinguir la ocurrencia de los accidentes viales porque precisamente eso son, accidentes, sin embargo sí se pueden minimizar. Cada accidente que ocurre en una vía nos está avisando que algo está fallando, ya sea la infraestructura, el vehículo o el comportamiento del usuario, por lo que cada uno de estos debe ser analizado. En este sentido, durante la investigación surgió un enorme problema que obstaculizó el análisis detallado de los accidentes y su diagnóstico, pues las bases de datos de accidentes que actualmente se generan en nuestro país no cuentan con información del orden de precisión que se requiere. Asimismo, no existe una normativa que rija y ordene la manera en que la información es recolectada, procesada y almacenada, provocando que la consulta de dichos datos sea complicada.

Analizando las bases de datos concernientes a los accidentes presentados en el capítulo 3 (Referencias 5 y 27), se detectó la fuerte problemática que crea el no tener una estructura para la recolección y concentración de estos datos. Sin una base de datos de accidentes real no se pueden diseñar medidas precisas para evitar este cáncer que acaba con miles de vidas de, en su mayoría, jóvenes mexicanos.

Para el análisis de accidentes es básico contar con información precisa sobre: localizaciones exactas, trayectoria de los vehículos implicados, hora exacta, condiciones bajo las cuales se produjeron, etc. Los actuales avances en los campos de las comunicaciones y el tratamiento de la información ofrecen modernas herramientas a precios asequibles, por lo cual debe aplicarse su uso. Por ejemplo, sistemas de ubicación georeferenciada GPS (Global Positioning System) son necesarios para la recolección de información.

En otros países estos avances en la tecnología están siendo usados para desarrollar sistemas de apoyo en la obtención, almacenamiento, transmisión y análisis de la información empleada en los estudios de seguridad vial. Dichos sistemas cuentan con múltiples ventajas entre las cuales se tienen:

- La mejora en la calidad de la información obtenida y la precisión de su localización.
- Facilita la labor de los agentes de tránsito y reduce su carga de trabajo.
- Agiliza el proceso de transmisión de la información, disminuyendo el plazo de incorporación a las bases centralizadas de datos.
- Evitar que el proceso de introducción de la información en las bases de datos se realice varias veces en las distintas organizaciones que utilizan la información.

En Estados Unidos, por ejemplo, es totalmente común el uso de dispositivos portátiles para que la policía introduzca directamente los datos relativos a los distintos aspectos de la labor de vigilancia de la carretera como son las denuncias por infracciones, las partes de accidentes o las actas de las inspecciones de los vehículos de transporte por carretera.

Por otra parte, para afrontar con éxito el problema de los accidentes de circulación resulta esencial la colaboración entre las distintas instituciones implicadas: administraciones de carreteras, policía, autoridades sanitarias, autoridades judiciales, fabricantes de automóviles, operadores de transporte, medios de comunicación y usuarios.

Deben crearse planes de seguridad vial que establezcan:

- Una definición clara de los objetivos en cuanto a la reducción de accidentabilidad o en cuanto al cambio de conductas específicas que deben ser cuantificables.
- Una asignación clara de responsabilidades a todas las partes e instituciones implicadas.
- Mecanismos de coordinación de esfuerzos destinados a la mejora de la seguridad, centrados en la consecución de los objetivos establecidos.

Sin embargo, todo plan de seguridad debe ir en conjunto con: campañas de educación y de concientización, información pública y leyes al respecto. Es importante desplegar publicidad informando acerca de caminos peligrosos, tipos de comportamientos inseguros por parte de los conductores y tipo de medidas que tomará el gobierno para mejorar la seguridad. Las mejoras en la seguridad de los caminos deben aplicarse en conjunto con el fortalecimiento de la concientización hacia la población que hará uso de la vía. No es un trabajo sencillo pero sí muy necesario.

Una situación muy importante y olvidada en nuestro país, es la adopción de un proceso de revisión de la seguridad vial en los proyectos de carreteras. No es necesario esperar a que los accidentes ocurran para tomar medidas, es conocido que modificaciones en la fase de proyecto en el desarrollo de una infraestructura vial son exponencialmente más económicas que en la fase de construcción o en obras ya terminadas y operando. Es necesario desarrollar una metodología eficaz para la revisión en la seguridad de infraestructuras viales y establecer los instrumentos para la formación específica de profesionales que realicen la revisión y para controlar la calidad del proceso.

En cuanto al caso de estudio analizado en el presente trabajo de investigación, cabe recalcar que el actual problema de siniestralidad está avisando que hay problemas en este segmento. Hoy en día se tiene un margen para realizar mejoras, por lo que deben efectuarse acciones al respecto. Las autoridades cuentan con un lapso no mayor a 10 años para llevar a cabo mejoras en el sistema vial de la zona conurbada de Cuernavaca, de lo contrario, ante el inexorable crecimiento del tránsito y la demanda, situaciones como siniestralidad vial, embotellamientos, circulación forzada e incluso detenciones momentáneas del flujo vehicular, serán parte de la vida diaria de los habitantes de esta conurbación. Estas mejoras deberán realizarse dentro del marco de un plan de desarrollo del transporte y del sistema vial (oferta), que considere los plazos corto, mediano y largo.

Referencias

1. **Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática**, INEGI. www.inegi.org.mx
2. **Instituto Mexicano del Transporte**, IMT. *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales*. 2008 y 2009.
3. **Sistema Nacional de Información en Salud**, SINAIS. www.sinais.salud.gob.mx
4. **Organización Mundial de la Salud**, OMS. www.who.int/es
5. **Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos**, CAPUFE. *Bases de datos de accidentes para carreteras operadas por CAPUFE*. 2008, 2009 y 2010.
6. **Diario Oficial de la Federación**. *Acuerdo por el que se da a conocer la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020*.
7. **K W OGDEN**. *Safer Roads, a guide to road safety engineering*. Ed. Avebury. Inglaterra 1996.
8. **Pardillo Mayora, José Ma**. *Procedimientos de estudio, diseño y gestión de medidas de seguridad vial en las infraestructuras*. Fundación Agustín de Betancourt. Ministro de fomento. Madrid, España 2004.
9. **AASHTO**. Highway Safety Manual. 1° Edición, 2010.
10. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, SCT. *Datos Viales*. Dirección General de Servicios Técnicos. 1988-2011
11. **Garber, Nicholas J. y Hoel, Lester A**. *Ingeniería de tránsito y carreteras*. Tercera edición. Ed. Thomson.
12. Curso Internacional sobre Seguridad en Carreteras. Proyecto Geométrico de Carreteras con Énfasis en la Seguridad Vial. IMT Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte. Julio 2011
13. **Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos**, CAPUFE. *Programa de Conservación 2011*.
14. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, SCT. *Atlas carretero*. 2008.
15. **Secretaría de Salud**. **Sistema Estadístico y Epidemiológico de Defunciones (SEED)**.
16. **Avila-Burgos, L y Cols**. *Consecuencias económicas de las lesiones por accidentes de tránsito para el Sistema de Salud Mexicano*. INSP 2007.

17. **Organización Mundial de la Salud, OMS y Organización Panamericana de la Salud, OPS.** *Cuestionario Final de País. Segundo Informe Mundial sobre la situación de la Seguridad Vial.* 13 de julio de 2011.
18. **CAPUFE.** Sesión 106. H. Consejo de Administración. Mayo 2011.
19. **Instituto de Seguridad y Educación Vial, ISEV.** *Séptimo reporte mercosur y quinto latinoamericano de siniestralidad vial.* Buenos Aires, Argentina. 2010.
20. www.wikivia.org
21. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT.** *Normas de Servicios Técnicos: Proyecto Geométrico.* Carreteras 2.01.01
22. **American Association of State Highway and Transportations Officials, AASHTO.** *Geometric Design of Highways and Streets.* 2004.
23. **Comisión Nacional del Agua, CONAGUA.** *Datos basados en los registros meteorológicos.*
24. **Dahlhaus, Parkman Enrique.** *Levantamiento Fotográfico de la Autopista Cuernavaca-Acapulco —IRAPII.* Programa de visualización Pathview. Enero 2011.
25. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT.** *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.* Cuarta reimpresión. México 1991.
26. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT,** Subsecretaría de Infraestructura. *Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras.* Quinta edición. México 1986.
27. **Policía Federal.** *Reportes de Accidentes de tránsito 2008, 2009 y 2010.* Unidad de Seguridad Preventiva —Cuernavacall. Entidad —Morelosll.
28. **Transportation Research Board.** *Highway Capacity Manual.* 2000. National Research Council Washington, D.C.
29. www.iraptools.net
30. Google Earh
31. **Grupo CAXCAN, S.A. de C.V.** *Estudio de Impacto Ambiental Regional, Proyecto: Libramiento de la Ciudad de Cuernavaca.* Noviembre 2004.
32. **U.S. Departament of Transportation.** *Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management.* Publication no. FHWA-RD-98-154. Federal Highway Administration. July 1998.
33. **European Conference of Ministers of Transport.** *Speed Moderation.* Road Safety. July 1996.

Peatones, ciclistas y motociclistas

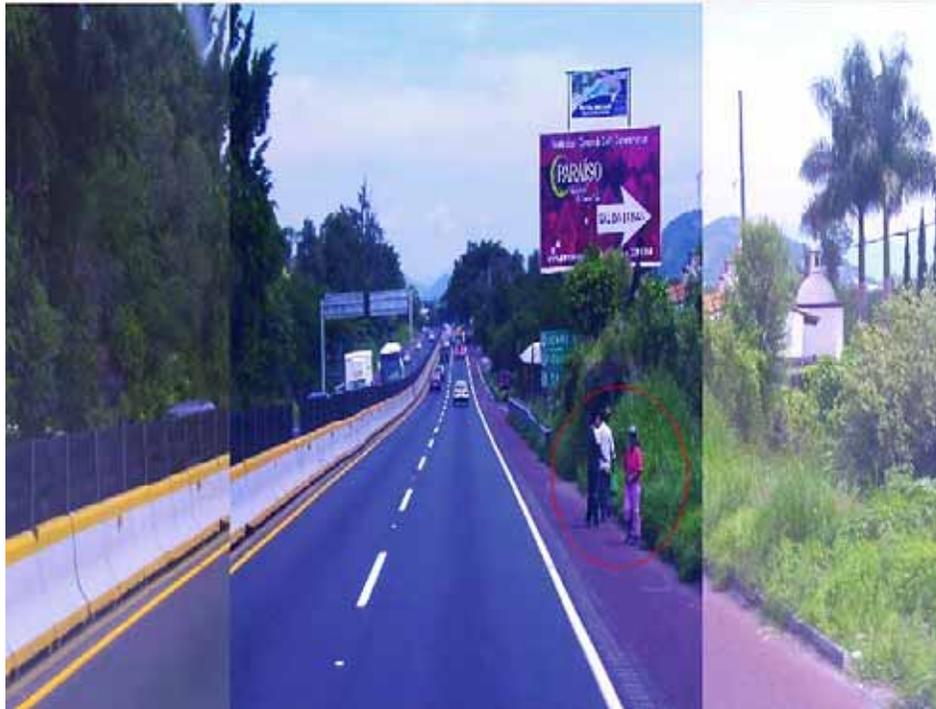


Figura A.1 Peatones en kilómetro 98+573, dirección a Acapulco



Figura A.2 Peatón en kilómetro 96+700, dirección a Cuernavaca



Figura A.3 Peatón en kilómetro 96+829, dirección a Cuernavaca

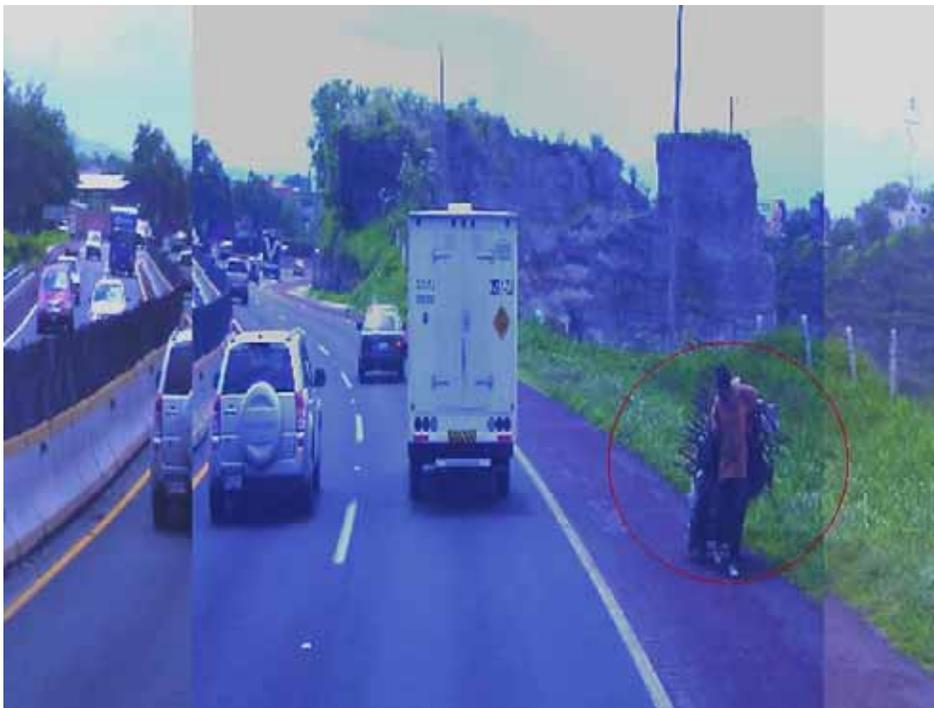


Figura A.4 Peatón en kilómetro 97+509, dirección a Cuernavaca



Figura A.5 Peatones en kilómetro 97+857, dirección a Cuernavaca



Figura A.6 Peatón en kilómetro 98+559, dirección a Cuernavaca



Figura A.7 Peatón en kilómetro 99+000, dirección a Cuernavaca



Figura A.8 Peatón en kilómetro 103+676, dirección a Cuernavaca



Figura A.9 Ciclista en kilómetro 106+021, dirección a Acapulco

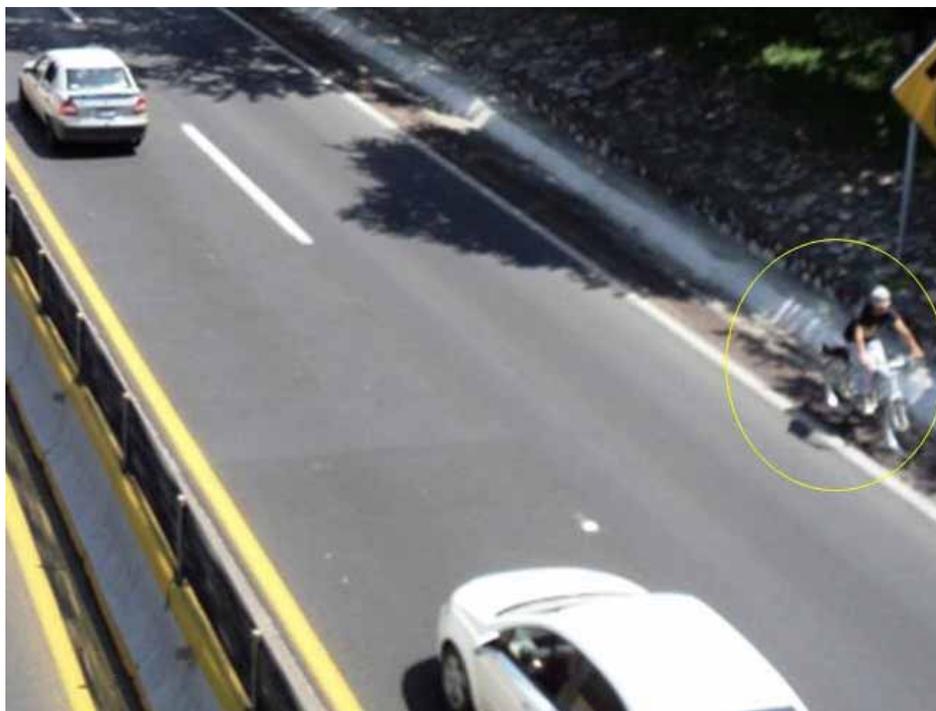


Figura A.10 Ciclista en kilómetro 98+250, dirección a Cuernavaca

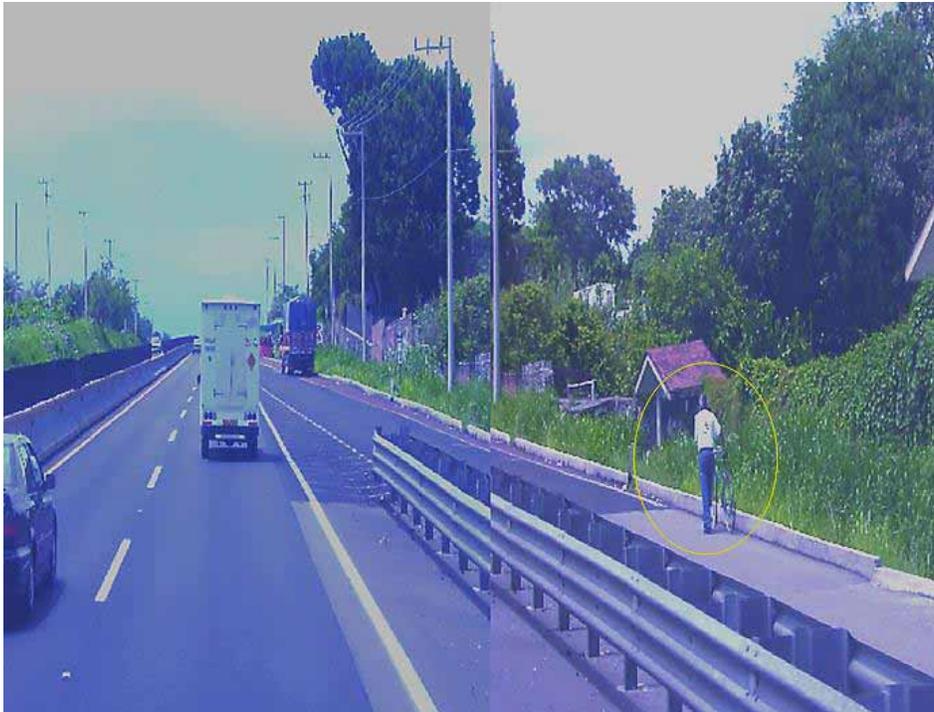


Figura A.11 Ciclista en kilómetro 104+000, dirección a Cuernavaca



Figura A.12 Motociclistas en kilómetro 98+300 (vista desde puente vehicular superior)



Figura A.13 Motociclistas en kilómetro 98+324, dirección a Acapulco



Figura A.14 Motociclistas en kilómetro 98+000, dirección a Cuernavaca

Accesos, salidas y retornos



Figura B.1 Salida por gaza de intersección a desnivel km 98+143, dirección a Acapulco



Figura B.2 Entrada por gaza de intersección a desnivel km 98+257, dirección a Acapulco



Figura B.3 Entrada por gaza de intersección a desnivel km 98+160, dirección a Cuernavaca



Figura B.4 Salida por gaza de intersección a desnivel km 98+320, dirección a Cuernavaca

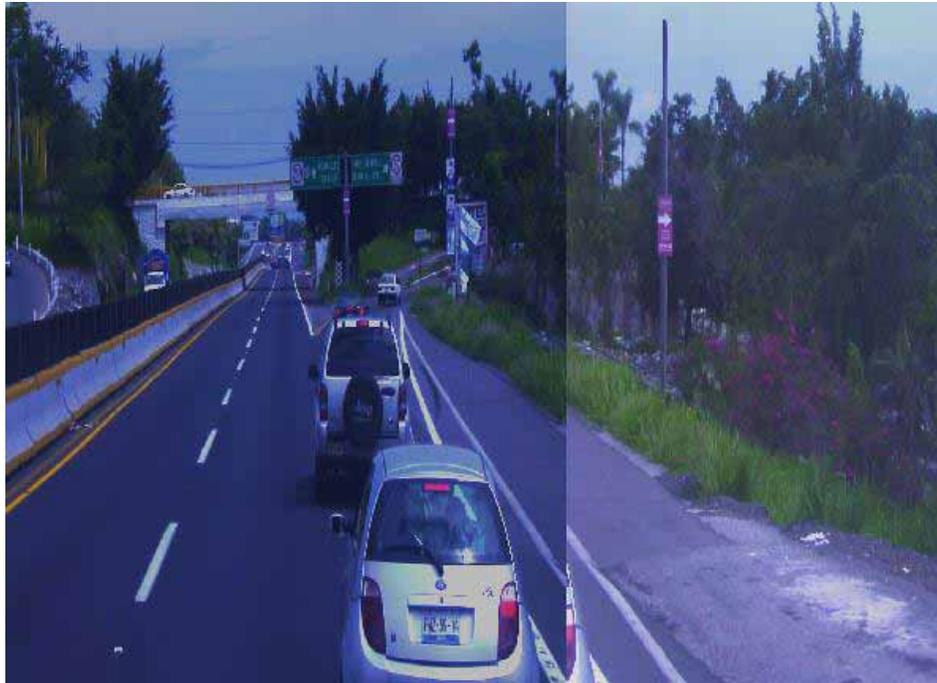


Figura B.5 Salida km 99+544 en intersección a desnivel, dirección a Acapulco



Figura B.6 Detalle de salida km 99+544, dirección a Acapulco



Figura B.7 Entrada km 99+723 en intersección a desnivel, dirección a Acapulco

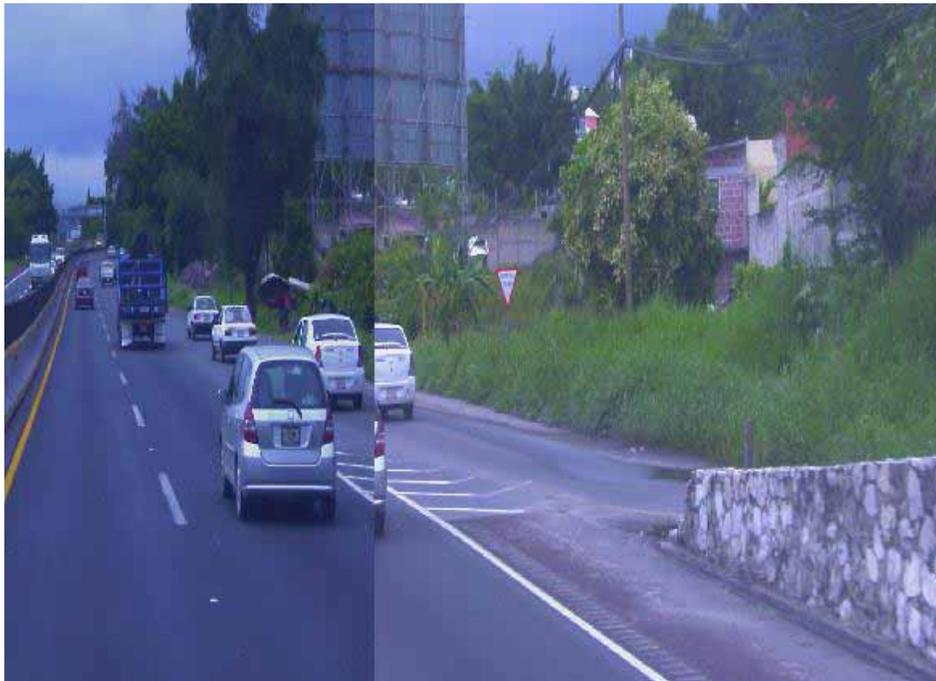


Figura B.8 Entrada km 99+485 en intersección a desnivel, dirección a Cuernavaca



Figura B.9 Salida km 99+739 en intersección a desnivel, dirección a Cuernavaca



Figura B.10 Salida km 103+869 en acceso a desnivel al Tecnológico de Monterrey, dirección a Acapulco

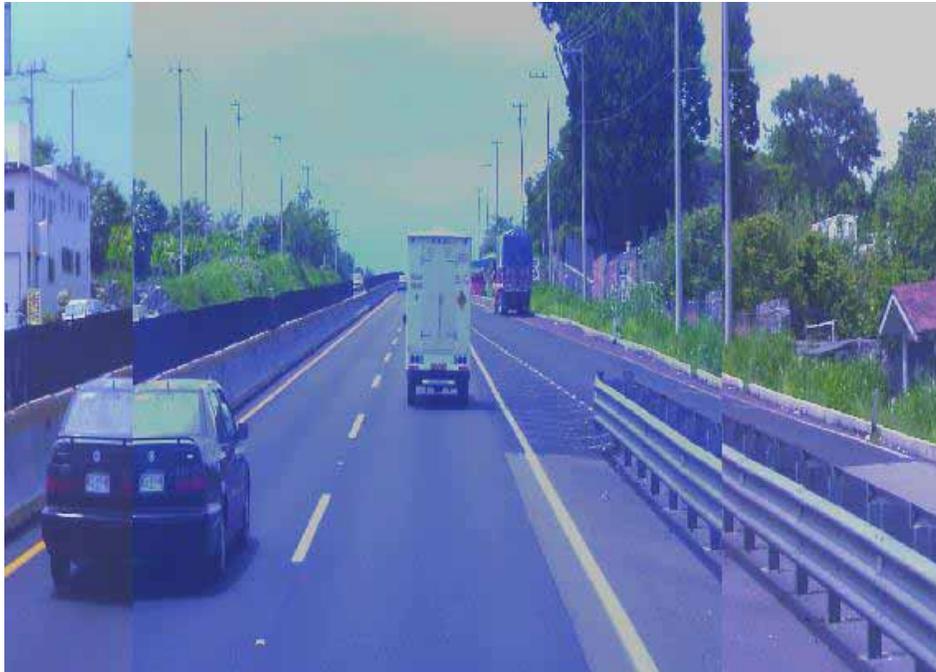


Figura B.11 Incorporación km 104+000 en acceso a desnivel al Tecnológico de Monterrey, dirección a Cuernavaca

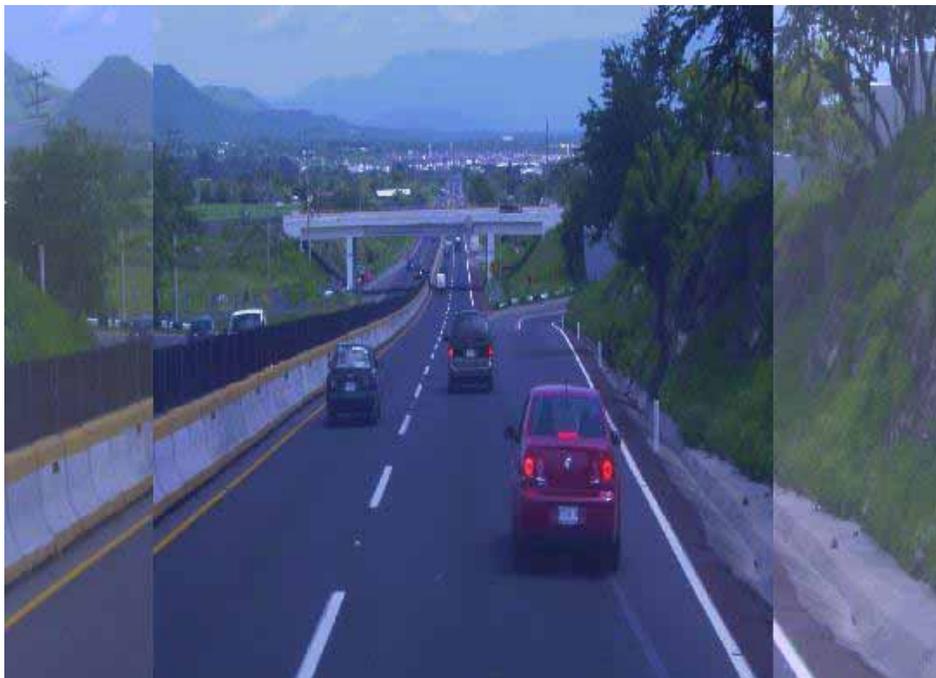


Figura B.12 Salida km 104+507 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Acapulco



Figura B.13 Salida km 104+865 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Acapulco



Figura B.14 Salida km 104+780 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Cuernavaca



Figura B.15 Entrada km 104+601 en acceso a desnivel al Aeropuerto, dirección a Cuernavaca



Figura B.16 Retorno km 109+275, dirección a Acapulco



Figura B.17 Retorno km 109+807, dirección a Acapulco



Figura B.18 Retorno km 109+265, dirección a Cuernavaca



Figura B.19 Retorno km 109+793, dirección a Cuernavaca



Figura B.20 Salida km 107+855, dirección a Acapulco

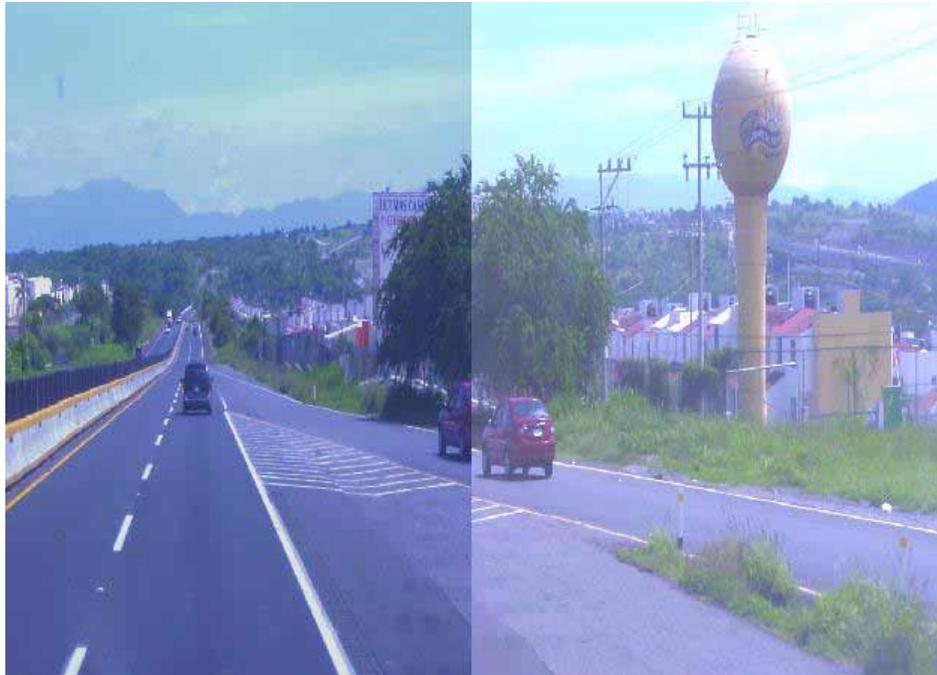


Figura B.21 Entrada km 108+034, dirección a Acapulco



Figura B.22 Entrada km 100+664, dirección a Cuernavaca



Figura B.23 Salida km 100+891, dirección a Cuernavaca



Figura B.24 Acceso a la Secretaría de Seguridad Pública km 103+081, dirección a Cuernavaca



Figura B.25 Acceso a propiedad privada kilómetro 104+233, dirección a Cuernavaca



Figura B.26 Acceso a mercado de flores kilómetro 98+324, dirección a Acapulco

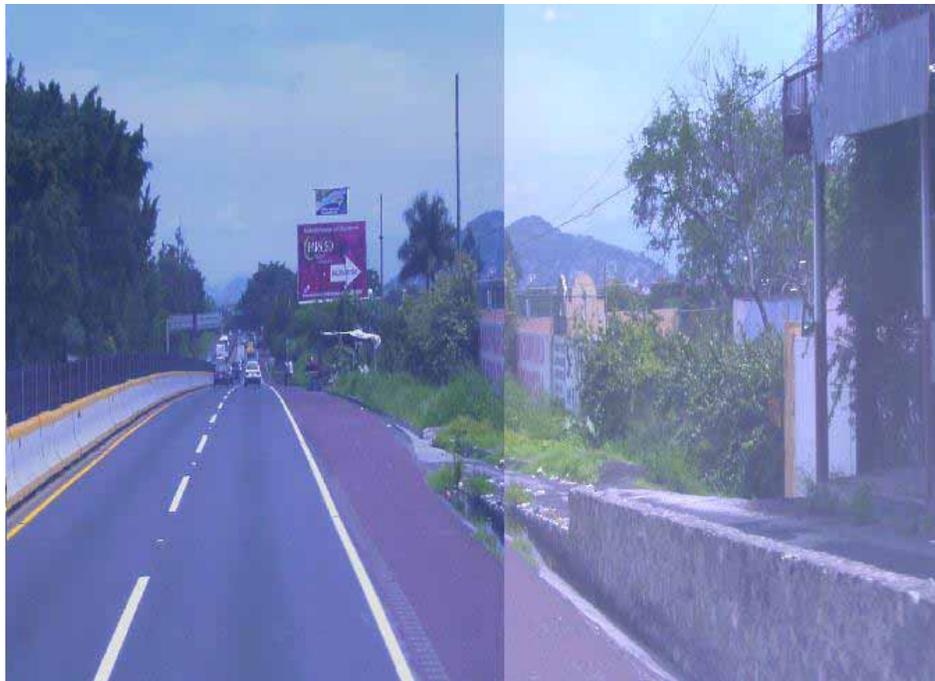


Figura B.27 Salida de mercado de flores kilómetro 98+476 dirección a Acapulco



Figura B.28 Acceso irregular en kilómetro 96+046, dirección a Acapulco



Figura B.29 Acceso irregular en kilómetro 96+475, dirección a Acapulco



Figura B.30 Acceso irregular en kilómetro 96+991, dirección a Acapulco



Figura B.31 Acceso irregular en kilómetro 97+128, dirección a Acapulco



Figura B.32 Acceso irregular en kilómetro 97+356, dirección a Acapulco

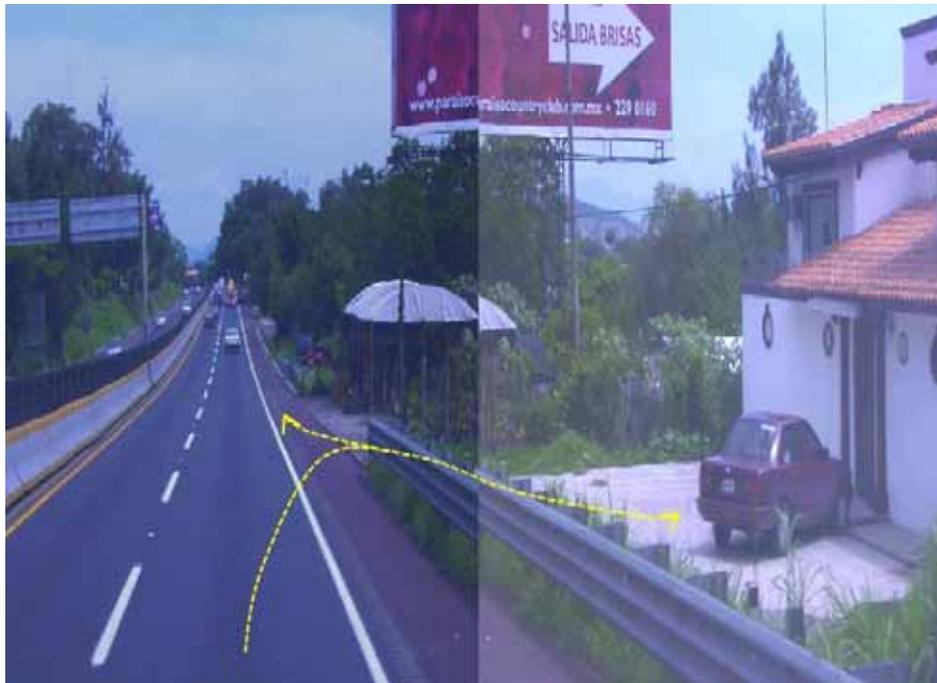


Figura B.33 Acceso irregular en kilómetro 98+618, dirección a Acapulco



Figura B.34 Acceso irregular en kilómetro 98+707, dirección a Acapulco



Figura B.35 Acceso irregular en kilómetro 98+787, dirección a Acapulco



Figura B.36 Acceso irregular en kilómetro 98+906, dirección a Acapulco



Figura B.37 Acceso irregular en kilómetro 99+046, dirección a Acapulco



Figura B.38 Acceso irregular en kilómetro 99+145, dirección a Acapulco



Figura B.39 Acceso irregular en kilómetro 100+620, dirección a Acapulco



Figura B.40 Acceso irregular en kilómetro 103+470, dirección a Acapulco



Figura B.41 Acceso irregular en kilómetro 98+480, dirección a Cuernavaca



Figura B.42 Acceso irregular en kilómetro 98+530, dirección a Cuernavaca



Figura B.43 Salida de servicio 108+000, dirección a Cuernavaca

Señalamiento



Figura C.1 Señal Informativa de Identificación de Ruta y Kilometraje



Figura C.2 Señal Informativa de Destino en kilómetro 106+170, dirección a Acapulco



Figura C.3 Señales Informativas en km 109+431, dirección a Acapulco



Figura C.4 Señales Informativas obstruidas por vegetación



Figura C.5 Señal Informativa ilegible a la distancia y color incorrecto⁹ en km 110+392, dirección a Acapulco



Figura C.6 Señal preventiva alterada en kilómetro 105+472, dirección a Cuernavaca

⁹ Según la Referencia 26, el color del fondo debería ser blanco con letras y contorno en color negro.



Figura C.7 Restricción de velocidad en km 101+595, dirección a Acapulco



Figura C.8 Señal restrictiva con grafiti en km 102+652, dirección a Acapulco

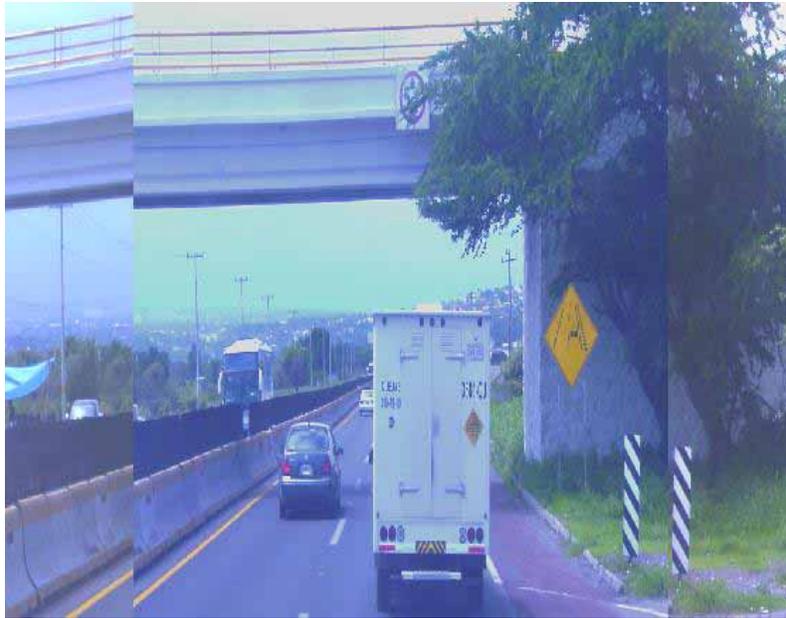


Figura C.9 Señal restrictiva en km 102+647, dirección a Cuernavaca



Figura C.10 Señal horizontal en km 98+578, dirección a Cuernavaca



Figura C.11 Señalamiento horizontal en km 100+042, dirección a Acapulco



Figura C.12 Señalamiento horizontal en km 100+222, dirección a Acapulco



Figura C.13 Señalamiento horizontal en km 100+589, dirección a Cuernavaca



Figura C.14 Señalamiento horizontal en km 100+608, dirección a Cuernavaca



Figura C.15 Señalamiento horizontal en km 103+087, dirección a Cuernavaca



Figura C.16 Barrera lateral derecha en km 97+955, dirección a Acapulco



Figura C.17 Amortiguador en pila de puente km 98+299, dirección a Acapulco



Figura C.18 Amortiguador en soporte de señal km 103+952, dirección a Acapulco



Figura C.19 Amortiguador en pila de puente km 104+267, dirección a Cuernavaca



Figura C.20 Dispositivos para guía nocturna

CIUDAD DE MÉXICO

Av. Nuevo León 210
Col. Hipódromo Condesa
CP 06100, México, D F
Tel +52 (55) 52 653600
Fax +52 (55) 52 653600

SANFANDILA

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76700, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777
Fax +52 (442) 216 9671



www.imt.mx
publicaciones@imt.mx