ISSN 0188-7297

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Certificación ISO 9001:2008 ‡

CRITERIOS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES FIJAS AUTOMATIZADAS PARA EL CONTROL DE PESO, DIMENSIONES Y VELOCIDADES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LAS CARRETERAS FEDERALES

Emilio Francisco Mayoral Grajeda
Ana Cecilia Cuevas Colunga
Alberto Mendoza Díaz

Publicación Técnica No. 397
Sanfandila, Qro. 2014

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Criterios de ubicación de estaciones fijas automatizadas para el control de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan por las carreteras federales

Documento Técnico No. 397
Sanfandila, Qro. 2014

Este documento fue elaborado en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte por Emilio Francisco Mayoral Grajeda, Ana Cecilia Cuevas Colunga y Alberto Mendoza Díaz. Se agradece la colaboración de Nadia Gómez González en la elaboración de algunas estadísticas y gráficas y a Luz Gradilla en la determinación de las coordenadas geográficas de siete estaciones propuestas para el control de la velocidad de los vehículos que circulan por las carreteras federales.

En la propuesta para definir las estaciones fijas automatizadas para el control de velocidades y de peso y dimensiones se contó con la valiosa colaboración del grupo de trabajo de la Comisión Nacional de Seguridad y la Policía Federal de la Secretaría de Gobernación, así como de la Subsecretaría de Infraestructura y la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Contenido

		Página
	Resumen	III
	Abstract	V
	Resumen ejecutivo	VII
Capítulo 1	Introducción	1
	1.1 Organización del estudio	1
	1.2 Antecedentes	2
	1.3 Objetivo	4
	1.4 Metodología	4
	1.5 Beneficios	5
Capítulo 2	Estaciones fijas de control de velocidad	7
	2.1 Problemática de la velocidad	7
	2.2 Percepción de la velocidad	10
	2.3 La influencia de la infraestructura en la velocidad	12
	2.4 La influencia del vehículo en la velocidad	20
	2.5 La influencia de la educación y la capacitación en la velocidad	22
	2.6 La influencia del patrullaje en la velocidad	27
	2.7 Propuesta de estaciones para el control de la velocidad	31
	2.8 La gestión de la velocidad	53
	2.9 Indicadores para el control de la velocidad	56
Capítulo 3	Estaciones para el control de pesos y dimensiones	61
	3.1 Reglamento de peso y dimensiones	61
	3.2 Sistemas de pesaje	62
	3.3 Instalación del sistema de pesaje dinámico	65
	3.4 Criterios para la selección de sitios de pesaje dinámico	68

Página

3.5 Eje estratégico para el control de peso y dimensiones 70

3.6 Propuesta de estaciones para el control de peso y dimensiones 71

Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones 77

4.1 Conclusiones 77

4.2 Recomendaciones 78

Bibliografía 83

Anexos

Anexo 1. Pautas para la instalación de dispositivos automatizados para el control de la velocidad en carreteras 87

Anexo 2. Segmentos de 1 km con elevada accidentalidad a causa de la velocidad excesiva 91

Anexo 3. Aspectos de las tecnologías de control de velocidad, peso y dimensiones 99

Anexo 4. Estudio realizado a la DGAF sobre el sistema de control de peso y dimensiones 107

Anexo 5. Propuesta de ubicación de estaciones control automatizado de peso y dimensiones 115

Resumen

Inicialmente se describe la problemática de la velocidad, peso y dimensiones de los vehículos al circular por las carreteras federales; luego, la influencia de la infraestructura, el vehículo y el patrullaje en la velocidad; a continuación se identifican necesidades para el establecimiento de criterios en la ubicación de estaciones fijas automatizadas para el control de la velocidad, peso y dimensiones, así como el análisis y generación de estadísticas básicas y particulares sobre la accidentalidad causada por el exceso de velocidad. Finalmente, se realiza una propuesta con la ubicación exacta de estaciones de velocidad y otras para peso y dimensiones en una prueba piloto; y en un par de anexos se proporcionan los primeros pasos para la instalación de estaciones automatizadas para el control de velocidad, peso y dimensiones de los vehículos que circulan por la Red Carretera Federal.

Abstract

Initially, the problem related to speed, weight and dimensions of vehicles driven on Mexican federal roads, as well as influences from infrastructure, vehicles and patrols on speed, are described. The need for implementing criteria to locate automated fixed stations to control speed, weight and dimensions of vehicles, as well as for an analysis and development of basic statistics --particularly on accident rates caused by speeding-- is then identified. And finally a proposal for setting up speed control stations and others for vehicle weight and dimension control, with their exact locations in a first pilot phase is set forth. Contained in two annexes are the first steps for the installation of automated stations for speed, weight and dimension control of vehicles driven across the Mexican Road Network.

Resumen ejecutivo

En 2010 se proclamó al periodo 2011-2020 como “Decenio de Acción para la Seguridad Vial” con el objeto de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo [*ONU, 2010*].

En México, se tiene la percepción de que la accidentalidad en las vialidades se debe a la laxitud con que se aplican las regulaciones para el control de la velocidad, conducción bajo efectos de alcohol o drogas, así como el uso del cinturón de seguridad. Uno de los factores de riesgo que influyen en una colisión es la velocidad excesiva o inadecuada, por lo tanto el área de oportunidad para el cumplimiento de la normativa en nuestras carreteras es muy grande, de ahí la importancia de generar mecanismos de vigilancia y control del tránsito más eficaces desde el punto de vista de la prevención de colisiones.

La instalación de estaciones fijas automatizadas para el control de velocidad, peso y dimensiones en las carreteras federales será un paso más en la reducción de accidentes y su severidad, ya que la detección e identificación, así como la generación y envío a domicilio de la sanción correspodiente a la violación de la normativa instará a los conductores a respetar los límites de velocidad y en el caso del transporte de carga los límites de peso y dimensiones. En términos generales las estaciones para el control de velocidad, peso y dimensiones están integradas por sensores de detección, un sistema de reconocimiento de placas, un sistema de telecomunicaciones para el envío de datos (celular y/o satelital) y un centro de monitoreo y control. Es importante mencionar que instalar las cámaras sin infraccionar al conductor limita el éxito de la medida.

El objetivo del estudio es proponer una serie de sitios para instalar estaciones fijas automatizadas de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan en la Red Carretera Federal (RCF).

Estaciones automatizadas de control de velocidad

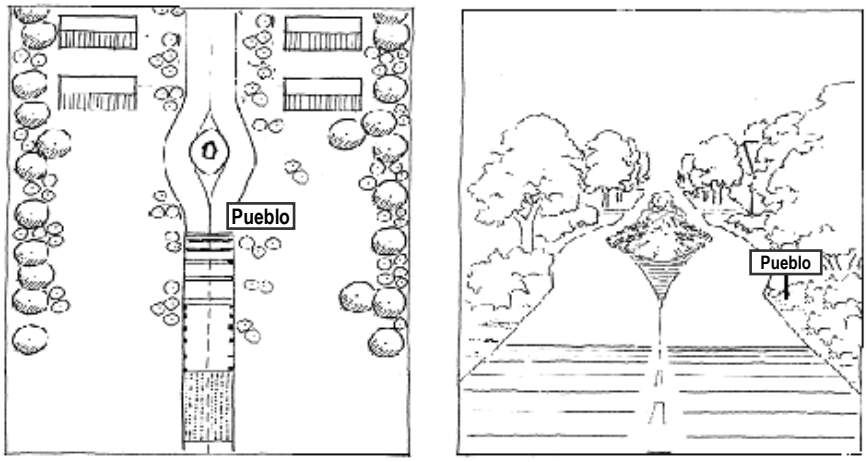
Uno de los impactos positivos de la velocidad es, indudablemente, que permite reducir los tiempos de viaje, y con ello mejora, la movilidad; contribuyendo al desarrollo de la economía, facilitando el acceso al empleo, bienes y servicios. Sin embargo, la velocidad también tiene consecuencias negativas, principalmente en la severidad de las colisiones y condiciones ambientales.

La velocidad elegida depende de la interacción entre el procesamiento de información del conductor y la toma de decisiones, así como de las características físicas y operativas de la carretera y su entorno. La ciencia moderna muestra que

la elección de velocidad, así como la elección de ubicación en la carretera es en su mayoría un proceso subconsciente [*Sibylle B. et al, 2012*].

La velocidad excesiva o inadecuada es el principal problema de seguridad vial en muchos países como México. Esta velocidad ocasionó en 2010 el 64% del total de accidentes en las carreteras federales y el 75% del total de muertos, además de ser un factor agravante del resto de los accidentes [*Cuevas et al, 2013*].

Las medidas en materia de modernización de la infraestructura o de ingeniería vial pueden contribuir de forma muy eficaz a la gestión de la velocidad en la red carretera. Es importante que estas medidas apuesten a una infraestructura más consistente, homogénea y segura que satisfaga las necesidades de todos los usuarios; por ejemplo los conductores que después de un periodo de tiempo de circular a altas velocidades y que ingresan a una zona en la que debieran reducir su marcha, experimentan un fenómeno en el que subestiman su velocidad y no la reducen adecuadamente. Para estos casos, existen medidas de advertencia anticipadas, como la mostrada en la Figura I.1 que mediante una isleta y señalamiento horizontal y vertical, se refuerza el cambio del entorno para que se reduzca la velocidad.



Fuente: Birth, S. y Sieber, G., 2004.

Figura I.1 Croquis de modificación en la infraestructura y señalamiento que informa del ingreso a una zona urbana

El requisito previo para el éxito de cualquier medida de gestión de la velocidad, cumplimiento de la ley, límites de velocidad, señales de tránsito e ingeniería de vehículos, son: la educación a los niños, la formación a los conductores y la información a los usuarios de las vialidades. Si se logra que la población se familiarice con las normativas y las medidas orientadas a la seguridad, éstas serán más eficaces y tendrán más aceptación, ya que sabrán cómo aplicarlas y comprenderá las razones para adoptarlas.

En México hay algunos ejemplos de acciones a favor de la educación vial a los niños (véase Figura I.2).

Figura I.2 Algunos ejemplos de educación vial a niños

La efectividad del control y la vigilancia viene determinada por la presencia de dispositivos automatizados y oficiales de policía que producen una percepción de miedo a ser sancionado y/o detenido, evitando, por lo tanto que el conductor incumpla alguna norma o disposición de tránsito. Las experiencias policíacas afirman que: (I) la sanción más eficaz es la que se aplica y se comunica de manera inmediata al infractor; (II) el efecto de la sanción económica debe ser proporcional al nivel de ingresos económicos del conductor; (III) la sanción económica inhibe, pero en la mayoría de los casos no modifica el comportamiento del conductor; (IV) la sanción no modificará la conducta si el conductor no conoce bien todos los peligros reales de su infracción; y (V) el infractor no debe percibir la sanción como una vía de recaudación económica.

Existen tres tipos de técnicas para el control de velocidad: (I) se emplean radares o pistolas láser que miden la velocidad media entre dos puntos y con zonas de detección de vehículos por parte de la policía en zonas visibles; (II) se utilizan postes de observación y zonas habilitadas para la detección de vehículos por la policía, estas zonas cuentan visibilidad suficiente; y (III) el estilo americano, en donde los agentes de policía controlan la velocidad desde el interior de su vehículo, utilizando un radar montado en la ventanilla del vehículo y una vez detectada la velocidad excesiva, el agente policíaco procede a la detección del vehículo mediante una señal o persecución y posteriormente levanta la infracción correspondiente (véase Figura I.3).

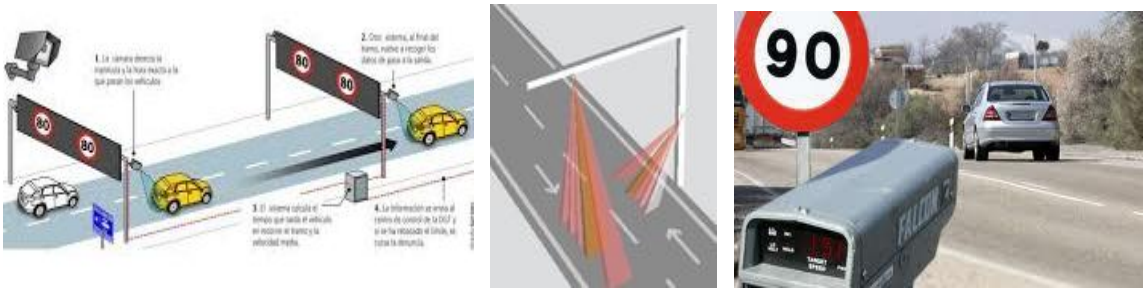


Figura I.3 Diferentes técnicas para el control de la velocidad

En una primera fase del estudio se proponen una serie de sitios piloto para instalar un sistema de toma de velocidades automatizada de los vehículos que circulan en las principales carreteras que ingresan a la Ciudad de México, en función de la siniestralidad que causa la velocidad excesiva. Posteriormente, se realizó una propuesta para la totalidad de tramos de la RCF con un listado por segmentos de carretera de 1 km que concentraron, en ambos sentidos, 20 o más accidentes y cuya causa fue la velocidad excesiva (véase anexo 2).

Para determinar la accidentalidad en las autopistas que ingresan a la Ciudad de México se utilizaron las bases de datos de accidentes ocurridos de 2008 a 2010 del SAADA (Sistema de Adquisición y Administración de Datos de Accidentes) [*SAADA, 2010, SAADA, 2011 y SAADA, 2012*], ya que a la fecha los datos del 2011 y 2012 están siendo procesados. La información se dividió por tramos carreteros, de acuerdo a la clasificación que utiliza la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT y se separó por sentidos de circulación, indicando los kilometrajes de inicio y terminación, así como el Tránsito Diario Promedio Anual para 2010.

Posteriormente, se realizó una visita técnica de campo, convocando a los involucrados, con el propósito de definir el sitio exacto de ubicación de los dispositivos automatizados para el control de la velocidad. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Sitio 1. *Ubicado en el km 105 de la Autopista México-Querétaro, sentido 2*

Sitio 2. *Ubicado en el km 116 de la Autopista México-Querétaro, sentido 1*

Sitio 3. *Ubicado en el km 54+500 de la Autopista México-Puebla, sentido 2*

Sitio 4. *Ubicado en el km 66+000 de la Autopista México-Puebla, sentido 1*

Sitio 5. *Ubicado en el km 50+800 de la Autopista México-Cuernavaca, sentido 1*

Sitio 6. *Ubicado en el km 37+200 de la Carretera México-Toluca libre, sentido 1*

Sitio 7. *Ubicado en el km 30+750 de la Autopista México-Tizayuca, sentido 2*

Estaciones automatizadas de control de peso y dimensiones

Desde hace más de 50 años existe la necesidad de evaluar el peso de los vehículos de carga por razones de diseño, mantenimiento y conservación de puentes y carreteras. Actualmente, el objetivo principal al instalar un sistema de pesaje es incrementar la seguridad vial en las carreteras y disminuir la magnitud del daño provocado a los pavimentos y puentes, derivado de los excesos en el peso y dimensiones del autotransporte de carga. Las dos formas básicas para determinar el peso son las pesadoras estáticas y pesadoras dinámicas.

Las pesadoras estáticas son las más utilizadas para determinar el peso de los vehículos, los cuales deben permanecer inmóviles durante el pesaje. Se pesa el vehículo completo en una sola maniobra o por grupos de ejes, que requieren de maniobras adicionales. Esto lo hace un método poco eficaz para aplicarse a grandes volúmenes de vehículos.

El pesaje dinámico tiene las ventajas de que puede pesar a todos los vehículos que circulan por una carretera, su precisión es suficiente para aplicaciones estadísticas y para la preselección de los vehículos supuestamente sobrecargados, además de que puede operar de manera continua, es decir las 24 horas los 365 días del año. Su principal desventaja es que no tiene la suficiente presición para sancionar a los vehículos que circulan con sobrepeso. Los usos principales del pesaje en movimiento están destinados al diseño, rehabitlitación y mantenimiento de los pavimentos en carreteras; y en el caso de los puentes al desarrollo de nuevos modelos de cargas vehiculares, conocimiento de los efectos dinámicos de las cargas sobre las estructuras, evaluación de los puentes y control activo de las cargas que pasan por los puentes.

Cuando se trata del cumplimiento de la normativa referente al Peso Bruto Vehicular (PBV), el pesaje dinámico es una herramienta útil para hacer una primera preselección de vehículos con sobrepeso y para un control efectivo de cargas de vehículos; en cuanto a la gestión del tránsito realiza una clasificación vehicular (en torno a 15 tipos de vehículos desde el automóvil hasta el doble articulado) y proporciona información del estado de la carga de los vehículos (por eje, por llanta, total) y, también es un apoyo para la realización de estudios económicos y de autotransporte. En la Figura I.4 se muestra un esquema típico de un pesaje dinámico en una carretera de 2 carriles.

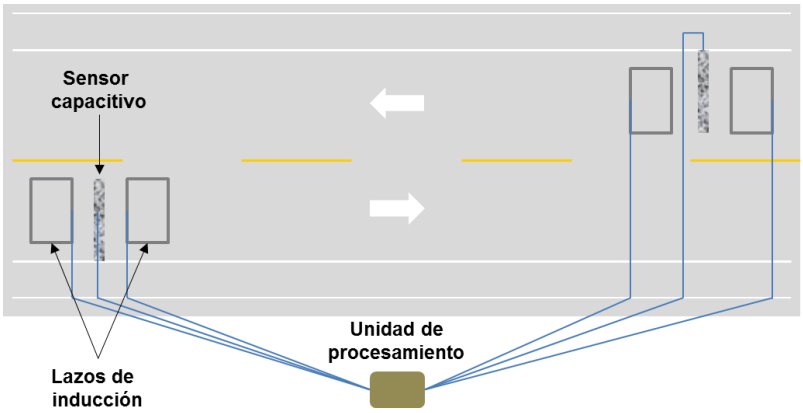


Figura I.4 Esquema típico de los equipos para realizar un pesaje dinámico

Las normas que se utilizan internacionalmente como referencia para el pesaje dinámico en movimiento son la norma estadounidense ASTM E 1318 [*ASTM, 2009*] y la norma europea COST 323 [*COST 323, 1999*]. La primera es una norma que auxilia al usuario y proveedor en la adquisición, instalación, calibración, pruebas, operación y mantenimiento de un sistema de pesaje en movimiento de manera satisfactoria en un sitio seleccionado; en ella se describe un método de prueba para evaluar el comportamiento de un sistema de pesaje de vehículos en movimiento de acuerdo a la clasificación por Tipos (I, II, III y IV). El método menciona el procedimiento para ejecutar una prueba de aceptación, independientemente del tipo de sistema de pesaje; y describe el proceso de calibración inicial en el sitio para asegurar el buen desempeño y el uso adecuado.

La norma europea incluye temas como la definición de las clases de sistemas de pesaje dinámico, los requisitos mínimos de precisión para cada clase, las condiciones del sitio para la instalación del sistema, el establecimiento de procedimientos de calibración y la definición de los métodos de ensayo para el control del sistema.

Hoy en el mercado, los sensores de peso y dimensiones deben detectar y registrar información de los vehículos que circulan por una carretera. Los datos son: hora y día, carril de circulación, clasificación del vehículo, número de ejes, peso por rueda, peso por eje, peso por grupo de ejes, peso bruto vehicular, dimensiones, distancia entre ejes, velocidad, así como incosistencias (p. ej. eje levantado). Para cada dato se alimenta al sistema con ciertos rangos especificados en la normatividad.

En síntesis, el sistema funciona de la siguiente manera, el lazo inductivo detecta la presencia del vehículo y mide su longitud, el sensor mide el peso y la velocidad del vehículo por eje y el espaciamiento entre ellos; de acuerdo a los niveles de precisión solicitados. Además, el sistema debe clasificar a los vehículos y contar con salidas para adicionarle el equipo que obtiene la evidencia multimedia; por ejemplo: el sistema para el Reconocimiento Automático de Placas Vehiculares ANPR (por sus siglas en ingles Automatic Number Plate Recognition), el cual funciona mediante la captura de una imagen del vehículo con una cámara de video, se procesa mediante software y algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres, obteniendo una serie de caracteres alfanuméricos que corresponden a la placa frontal del vehículo, algunos sistemas también toman la placa trasera para confirmar el registro. La cámara de video debe ser de alto desempeño para uso rudo en exteriores, con parámetros necesarios de resolución, calidad, alcance, un mínimo mantenimiento y funcionar de día y de noche.

Los criterios que rigen la selección de los sitios son tres: la geometría de la carretera, las características del pavimento y los requerimentos particulares para el caso de puentes.

El diseño geométrico es un factor importante debido a la influencia longitudinal y transversal que las desviaciones tienen sobre el desempeño del vehículo. Los lineamientos para el diseño son: (I) la curvatura horizontal del carril de la carretera debe tener un radio mayor a 1,000 m, medidos a lo largo de la línea central del carril; (II) la pendiente longitudinal de la superficie de la carretera en el sitio no debe exceder del 1% para Clase I y 2% para las otras Clases; (III) la sobreelevación de la superficie de la carretera en el sitio, no debe exceder del 3% y; (IV) la anchura del carril pavimentado de la carretera debe estar comprendido entre 3 y 4.5 m.

Las condiciones del pavimento tienen una influencia directa en la reducción del ‘rebote’ de los vehículos, ya que incrementan las variaciones en la carga por eje. El criterio utilizado establece que en una distancia de 50 metros antes y 25 m después del sistema de medida, la superficie *"deberá mantener una condición tal*

que un disco de 150 mm de diámetro y de 3 mm de espesor no pueda pasar por debajo de una regla de 3 m apoyada en la superficie de la calzada, perpendicular y paralelamente a la dirección del tránsito en el carril". Las hendiduras o surcos deben ser menores de 3 mm a todo lo ancho del carril, con relación a una regla de 3 m apoyada en la calzada [*ASTM, 2009 y COST 323, 1999*].

Por otra parte, es requisito indispensable que el marco normativo indique que la utilización de estos dispositivos son válidos para determinar el PBV y en caso de presentar un exceso en el peso o dimensiones sean sancionados los propietarios de las unidades.

En el estudio piloto, la metodología seguida para ubicar los sitos más recomendables para la instalación de las estaciones fijas automatizadas para el control de peso y dimensiones de vehículos fue el análisis estadístico del peso y dimensiones de las unidades que circularon por alguna estación instalada en las principales carreteras de acceso a la Ciudad de México (autopistas México-Querétaro, México-Puebla, México-Cuernavaca, México-Toluca y México-Tizayuca y el tramo libre de la carretera México-Toluca) adicionalmente, se consideraron las recomendaciones internacionales de las condiciones óptimas de un sitio para instalar una estación fija de control de peso y dimensiones con vehículos en movimiento. Posteriormente, a partir de esa experiencia, se realizó una primera propuesta de la ubicación de las estaciones automatizadas para el control de peso y dimensiones de los vehículos de carga que circulan por la Red Carretera Federal (véase en Anexo 5).

Dentro del análisis, se identificaron los sitios en donde se pudiera captar el mayor número de vehículos con sobrepeso procurando que estas unidades evadieran la estación de control para cada una de las carreteras seleccionadas que ingresan a la Ciudad de México, así como evitar que se instalen cercanas a la zona metropolitana de la Ciudad de México. A continuación se presentan los cuatro sitios seleccionados:

1. Autopista México-Querétaro, km 90+050, ambos sentidos
2. Autopista México-Puebla, km 36+000, ambos sentidos
3. Carretera México-Toluca libre, km 35+900, ambos sentidos
4. Carretera México-Pachuca libre, km 63+000, ambos sentidos

El principal beneficio será una aplicación efectiva de las normas existentes de tránsito y operación del transporte, a partir de la ubicación exacta de las estaciones automatizadas para el control del peso, dimensiones y velocidad de los vehículos en las carreteras federales. Para el caso específico de la velocidad se obtendrá una reducción del número y severidad de los accidentes ocasionados por el exceso de velocidad.

Referencias

- ASTM, 2009. *Standard Specification for Highway Weight-in-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods*, Washington, D.C., EE.UU.
- COST 323, 1999. *Weight-in-Motion (WIM) of Road Vehicles*, Reporte Final, Apéndice, Comunidad Europea, Version 3.0
- Cuevas C. et al. 2013. *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales, 2010*, Documento técnico 51, IMT, Querétaro, México
- ONU, 2010. *Decade of Action for Road Safety 2011-2020*, Declaratoria de la Asamblea de la Organización de las Naciones Unidas, Washington DC, EE.UU. www.who.int/roadsafety/decade_of_action/
- SAADA, 2010. *Bases de datos de accidentes 2008 generadas en el sistema SAADA*, IMT, Querétaro, México
- SAADA, 2011. *Bases de datos accidentes 2009 generadas en el sistema SAADA*, IMT, Querétaro, México
- SAADA, 2012. *Bases de datos de accidentes 2010 generadas en el sistema SAADA*, IMT, Querétaro, México
- Sibylle B. et al, 2012. *La velocidad en la operación segura de una carretera*, Núm. 17, Revista Vías Terrestres, AMIVTAC, Ciudad de México, México

1 Introducción

1.1 Organización del Estudio

La manera de cómo se organizó el desarrollo del trabajo denominado ***Criterios de ubicación de estaciones fijas automatizadas para el control de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan por las carreteras federales*** es la siguiente:

- El Capítulo 1 describe los antecedentes más relevantes en cuanto al control del peso, dimensiones y velocidades en carreteras federales para el inicio de los trabajos entre los diferentes organismos involucrados en definir la ubicación de las estaciones fijas automatizadas para el control de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos; asimismo se incluye el objetivo, los alcances del estudio y la metodología aplicada.
- El Capítulo 2 refleja la problemática de la velocidad y gestión de la misma, identificación de las necesidades del proyecto y el establecimiento de criterios para su análisis, así como el análisis y generación de estadísticas básicas y particulares sobre la accidentalidad causada por el exceso de velocidad; y por último la propuesta de estaciones de velocidad, determinando la ubicación exacta de las mismas.
- El Capítulo 3 hace referencia a las estaciones para el control del peso y dimensiones; se explica el problema y a través de un análisis y la generación de estadísticas básicas y particulares se plantea una propuesta de estaciones de peso y dimensiones de los vehículos que circulan por las carreteras federales.
- El Capítulo 4 está integrado por las conclusiones y recomendaciones más relevantes del estudio.
- Y finalmente, se incluyen una serie de anexos que complementan el contenido del informe.

A lo largo del informe se utilizará la siguiente terminología:

➔ Velocidad excesiva. Es una velocidad por encima del límite de velocidad reglamentado u obligado.

➔ Velocidad inadecuada. Es una velocidad demasiado alta para las condiciones imperantes, pero dentro del límite de velocidad.

➔ Exceso de velocidad. Engloba velocidad excesiva e inadecuada.

1.2 Antecedentes

En 2010 se proclamó al periodo 2011-2020 como “Decenio de Acción para la Seguridad Vial” con el objeto de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo [*ONU, 2010*]. Los diferentes países en el mundo, apoyados por organizaciones internacionales interesadas en el mejoramiento de la calidad de vida de los pueblos, han iniciado acciones específicas así como de coordinación entre ellos, para controlar esta problemática. La real tragedia de los accidentes viales es que, en gran medida, ellos y sus consecuencias, pueden evitarse mediante una inversión adecuada y creciente para generar: mejores conductores y usuarios de las vialidades; estándares superiores de diseño, fabricación y mantenimiento vehicular y; mejores estándares de diseño, construcción y mantenimiento de las vialidades; a diferencia de otras causas de mortandad importantes como son los fallecimientos por cáncer o por enfermedades del corazón, que realmente no son tan evitables como las pérdidas en accidentes viales.

Para mejorar substancialmente la Seguridad Vial es importante el cumplimiento efectivo de las normas de operación en las carreteras (p. ej. uso del cinturón de seguridad por parte de los ocupantes de los vehículos, cumplimiento de los límites de velocidad y de los límites para la conducción bajo la influencia de alcohol, cumplimiento de los límites máximos de pesos y dimensiones, uso de casco de seguridad en motocicletas y bicicletas, uso de sistemas de retención infantil, control del uso de distractores al conducir, etc.). Para ello se requiere implementar sistemas sancionadores efectivos, ágiles y transparentes.

En México, se tiene la percepción de que la accidentalidad en las vialidades se debe a la laxitud con que se aplican las regulaciones para el control de la velocidad, conducción bajo efectos de alcohol o drogas, así como el uso del cinturón de seguridad. Uno de los factores de riesgo que contribuyen a un accidente es la velocidad excesiva, por lo tanto el área de oportunidad para el cumplimiento de la normativa en nuestras carreteras es muy grande, de ahí la importancia de generar mecanismos de vigilancia y control del tránsito, más eficaces, desde el punto de vista de la prevención de accidentes.

Para el caso de la velocidad, ésta tiene un efecto significativo en la seguridad, es decir, una influencia sobre la severidad de los accidentes. La correlación entre la gravedad de accidentes y la velocidad está bien documentada. La energía disipada durante el impacto es proporcional al cuadrado de la velocidad. Pequeños cambios en la velocidad tienen un efecto significativo en la energía. Así que no es de sorprender que mucha gente considere el incremento de velocidad como el problema más grande en la seguridad vial. Especialmente en los reportes de accidentes de la policía en donde el incremento o un mal ajuste de velocidad es reportada como la mayor causa de accidentes.

Según registros de la Policía Federal (PF) la velocidad excesiva es la principal causa de accidentes en carreteras federales y una de las infracciones más

comunes dentro de las Leyes de Tránsito. Un ejemplo de ello es que al analizar los accidentes ocurridos en las carreteras importantes de acceso a la Ciudad de México del 2008 al 2010, el 70% del total de accidentes registra como causa principal la velocidad excesiva.

Una de las medidas efectivas para gestionar la velocidad es el control y vigilancia de las tareas de conducción, ya que está determinada por la presencia de dispositivos y agentes de control que producen una percepción de miedo a ser sancionado y/o detenido, evitando que el conductor incumpla con la disposición de tránsito (p. ej. el respeto de los límites de velocidad). Es indudable que mucho más conductores circularían a velocidades mayores si supieran que la policía no realizará controles de velocidad en un cierto tramo carretero, por lo tanto con mínima posibilidad de que la policía realice un tipo de control tendrá una influencia directa en el comportamiento del conductor.

El control de la velocidad tiene la finalidad de garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad y en consecuencia reducir los accidentes y su severidad. Dentro de las técnicas de vigilancia están las cámaras de control automático de la velocidad, las cuales tienen el propósito de aumentar la intensidad del control del respeto a los límites, mediante la aplicación de tecnología sin la necesidad de la presencia física de la policía.

La técnica está diseñada para detectar al infractor e identificar al vehículo de manera automática mediante el registro de la placa y, posteriormente se envía la multa al infractor. Es importante mencionar que instalar las cámaras sin infraccionar al conductor, limita el éxito de la medida.

Al realizar un control de la velocidad mediante el uso de cámaras, se logra reducir el número de los accidentes en torno al 17%. No se cuenta con evidencia escrita que demuestre los efectos de las sanciones económicas (multas) sobre los accidentes, no obstante que algunas experiencias internacionales han obtenido un incremento en el cumplimiento de las Leyes de Tránsito. Según la Unión Europea el Beneficio/Costo de instalar este tipo de dispositivos es de 8.9 [*R Elvik, T Vaa, 2004*].

La experiencia internacional indica que instalar un dispositivo fijo para el control de la velocidad tiene un efecto en distancia y en tiempo, es decir: en distancia, de 1.5 a 3.5 km después del punto de control y 0.5 km antes del mismo y, en tiempo, de una a nueve semanas, aumentando el tiempo si se alargan los periodos y la frecuencia del control.

Por lo anterior es importante identificar la ubicación de las estaciones automatizadas en los lugares donde la accidentalidad y mortalidad por causa del exceso de velocidad es elevada.

1.3 Objetivo

El objetivo principal del proyecto es proponer una serie de sitios para instalar estaciones fijas automatizadas de peso, dimensiones y velocidades de los vehículos que circulan en la Red Carretera Federal (RCF).

Los alcances del estudio están acotados a la información contenida en las Bases de datos de accidentes capturadas en el SAADA (Sistema de Adquisición y Administración de Accidentes) de los accidentes registrados por la PF; en las cuales se tiene registrada información de los accidentes ocurridos en la RCF, así como a los recorridos de campo que se realizaron para identificar la ubicación exacta de las estaciones automatizadas propuestas. Los resultados obtenidos están relacionados entre los accidentes y la velocidad excesiva como causa principal del mismo, incluyendo víctimas.

En una primera etapa del estudio se propusieron una serie de sitios piloto para instalar un sistema de toma de velocidades de los vehículos que circulan en las autopistas que entran a la Ciudad de México, en función de la siniestralidad que causa la velocidad excesiva. Posteriormente se realizaron propuestas para otros tramos de la RCF. Asimismo, se hizo un listado por segmentos de carretera de 1 km que concentraron en ambos sentidos 20 o más accidentes y cuya causa fue la velocidad excesiva.

También se realizó una propuesta de ubicación de las estaciones automatizadas para el control de peso y dimensiones de los vehículos de carga, en función de la experiencia adquirida, conjuntamente con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) al colocar más de 300 estaciones origen-destino, pesos y dimensiones instaladas desde 1991 a la fecha. En las estaciones se aplica una encuesta a todos los conductores de vehículos de carga y se registra el peso, mediante básculas dinámicas, de cada uno de los ejes y el peso total de la configuración vehicular. Los estudios se realizan durante 24 horas cuatro días consecutivos (martes a viernes).

1.4 Metodología

Desde el punto de vista de investigación y por la naturaleza del estudio el método es deductivo aplicando estadística descriptiva. Para la administración del proyecto, el estudio está dividido en cuatro fases: Inicio, Planeación, Ejecución y Cierre. La primera fase contempló la elaboración del Protocolo de Investigación y la aprobación por parte del Comité de Selección de Proyectos de Investigación de Iniciativa Interna (COSPIII), así como la mecánica a seguir para el intercambio de información y programación de reuniones de trabajo para el seguimiento del estudio. En la fase de planeación se definieron los recursos (humanos y económicos) necesarios para llevar a cabo las actividades; en la fase de ejecución como su nombre lo indica se desarrollaron cada una de las actividades descritas a

continuación. Por último, la fase de cierre contempla la entrega del presente informe de investigación. Las herramientas técnicas utilizadas para la realización del proyecto son un administrador de base datos y Windows Office (procesador de texto Word, manejador de hojas de cálculo Excel y generador de presentaciones en PowerPoint).

Las actividades que contempló la etapa de ejecución son las siguientes:

A. *Identificación de criterios y necesidades*. Esta actividad consistió en la realización de reuniones de trabajo para identificar las necesidades y ubicar las estaciones automatizadas, así como la asignación de tareas entre los involucrados. Estas reuniones fueron permanentes, previo aviso, a lo largo del estudio, así como a través del correo electrónico.

B. *Análisis de la información*. La actividad radica en utilizar la información disponible (p. ej. anuarios estadísticos de accidentes en carreteras federales, estudios estadísticos de campo del autotransporte nacional, bases de datos de accidentes, etc.). Con la información se generó la estadística básica (saldos totales nacional y estatal, accidentes por ruta, carretera, tramo y segmento, causas de accidentes, tipos de accidentes, temporalidad de los accidentes, etc.) y, posteriormente se realizó la estadística particular de los accidentes (p. ej. a diferentes niveles de agregación se cruzó la información del accidente y las causas atribuibles al hecho). Se generaron tablas y gráficas.

C. *Identificación de estaciones*. Una vez identificados los tramos candidatos para la instalación de una estación automatizada de peso, dimensiones y velocidad en función de los análisis generados, se realizaron visitas de campo al lugar para definir de manera precisa la ubicación de las mismas.

D. *Elaboración de informe*. Esta última actividad consistió en la preparación del presente informe de investigación, el cual integra todos los productos parciales que fueron entregados en su momento, de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Durante el desarrollo de las actividades se estableció una comunicación permanente por medio de reuniones de trabajo, envío de correos electrónicos y llamadas telefónicas con personal de otros organismos o dependencias, así como con personal de otras coordinaciones del IMT. Estas reuniones se programaron previo acuerdo de todas las partes y se realizaron, generalmente, a través del sistema de video conferencias.

1.5 Beneficios

El principal beneficio será una aplicación efectiva de las normas existentes de tránsito y operación del transporte, a partir de la ubicación exacta de las estaciones automatizadas para el control del peso, dimensiones y velocidad de los

vehículos en la RCF.

Para el caso específico de la velocidad se obtendrá una reducción del número y severidad de los accidentes ocasionados por el exceso de velocidad al instalar las estaciones fijas para el control automatizado de la misma.

No obstante que no se cuenta con evidencia escrita que demuestre los efectos de las sanciones económicas (multas) sobre los excesos de velocidad y accidentes, algunas experiencias internacionales han obtenido un incremento en el cumplimiento de las Leyes de Tránsito.

2 Estaciones fijas de control de velocidad

2.1 La problemática de la velocidad

La industria automotriz ha desarrollado en las últimas décadas vehículos cada vez más ligeros y capaces de alcanzar velocidades más altas, asimismo la sociedad se ha visto favorecida por la mejora del sistema vial. Lo anterior ha contribuido al desarrollo económico de muchos países como México y ha ayudado a mejorar la calidad general de vida. Uno de los impactos positivos de la velocidad es, indudablemente, que permite reducir los tiempos de viaje, y con ello, la movilidad, contribuyendo al desarrollo de la economía, facilitando el acceso al empleo, bienes y servicios. Sin embargo, la velocidad también tiene consecuencias negativas, principalmente en la severidad de las colisiones y condiciones ambientales.

Las velocidades máximas de los vehículos ligeros (autos, camionetas y camiones) y ciclomotores han aumentado en los últimos 30 años. La mayoría de los vehículos vendidos hace 8-10 años pueden superar los 150 km/h, una velocidad que está por encima del límite de velocidad máximo legal de casi todos los países. Se piensa que en algún momento las autoridades en cada país se plantearán límites a la velocidad máxima de los vehículos nuevos, sin embargo, esas limitaciones no servirían para resolver todos los problemas relacionados con la velocidad, especialmente en las zonas urbanas (p. ej. garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad de 50 a 30 km/h).

La velocidad excesiva e inadecuada es el principal problema de seguridad vial en muchos países como México. Esta velocidad ocasionó en 2010 el 64% del total de accidentes en las carreteras federales y el 75% del total de muertos, además de ser un factor agravante del resto de los accidentes [*Cuevas et al, 2013*].

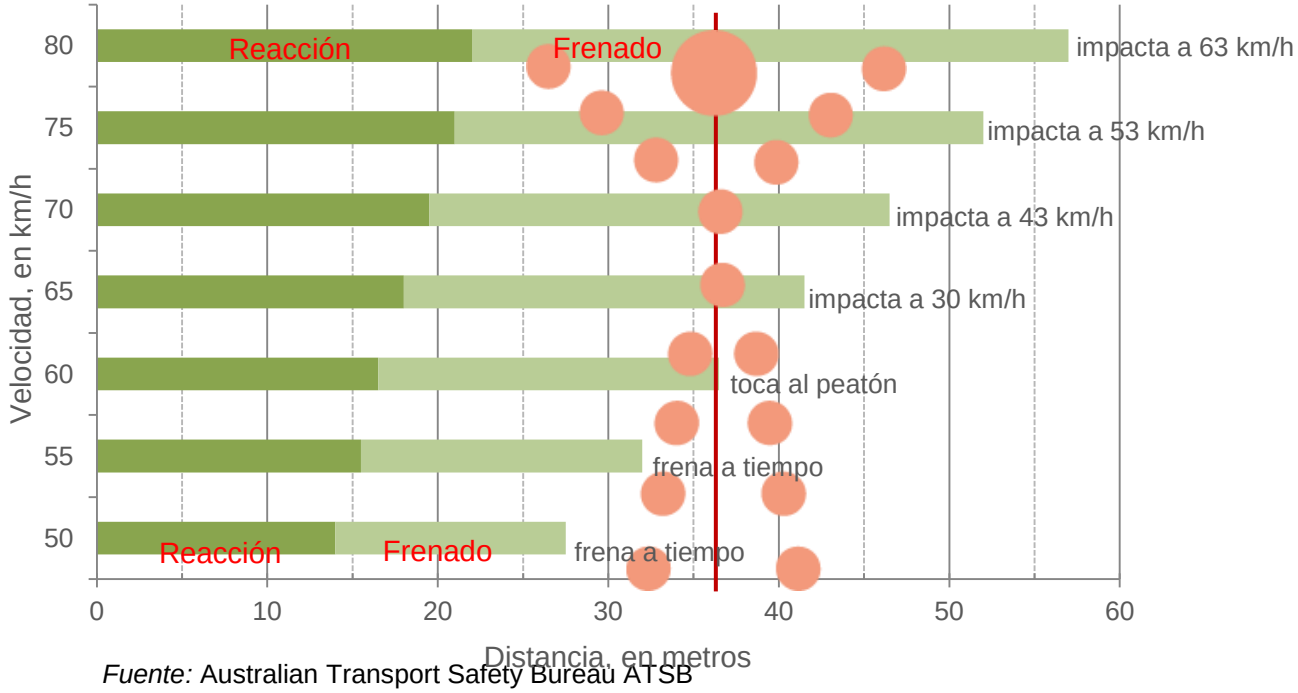
El exceso de velocidad es peligroso. El término engloba velocidad excesiva (la conducción por encima de los límites de velocidad) y velocidad inadecuada (conducir demasiado rápido para condiciones concretas, pero dentro del límite).

El número y severidad de los accidentes de tránsito aumenta con la velocidad y los factores principales que contribuyen a ello son:

- La velocidad elevada. La cual reduce el tiempo disponible para procesar la información, decidir si reaccionar o no y ejecutar una acción; lo anterior significa que la distancia recorrida durante un tiempo de reacción normal aumenta cuando incrementa la velocidad.
- La distancia de frenado. La distancia es proporcional al cuadrado de la velocidad (v^2), la distancia entre el inicio del frenado y la parada aumenta al

incrementar la velocidad; el tiempo necesario se compone del tiempo de reacción del conductor y de frenado.

- La posibilidad de evitar colisiones reduciendo la velocidad. Por ejemplo, la Figura 2.1 muestra que a una velocidad de 80 km/h en pavimento seco, se requieren 22 m aproximadamente para reaccionar ante un hecho inesperado, y un total de 57 m para frenar. Si un peatón cruza la calzada a unos 36 m por delante del conductor, lo más probable es que el conductor lo mate si conduce a una velocidad de 70 km/h o más, lo lesionará si conduce a 60 km/h y quizá logre evitar el atropellamiento si conduce a 50 km/h.



Fuente: Australian Transport Safety Bureau ATSB

Figura 2.1 Posibilidades de impacto a distintas velocidades

En resumen, es importante reducir el nivel de velocidad y las diferencias de velocidad entre vehículos. Al reducir la velocidad de todos los conductores y, en especial, la de los conductores más rápidos, se traduce en una importante reducción del número y severidad de los accidentes. En el caso donde el diferencial de velocidad entre los vehículos más lentos y los más rápidos es muy grande (pendientes ascendentes elevadas), se recomienda la construcción de terceros carriles de ascenso reservados para los vehículos lentos [*OECD, 2006*].

También el exceso de velocidad tiene un impacto negativo en el campo visual: a 40 km/h, el conductor tiene un campo de visión de 100º, lo que le permite ver obstáculos situados en las zonas laterales del camino y otros peligros potenciales, en cambio a 130 km/h, su campo de visión se reduce a 30º. En la emisión de contaminantes: la velocidad a la cual se minimizan las emisiones, varía en función del tipo de emisión, generalmente, las emisiones contaminantes se optimizan a

una velocidad constante de 40 a 90 km/h. En el consumo de combustible: a velocidad constante de 90 km/h contra 110 km/h permite un ahorro del 23% del consumo de combustible, así como el conducir a velocidades menores a 20 km/h el consumo aumenta considerablemente. Asimismo una conducción agresiva aumenta el consumo de combustible en un 30%.

La velocidad es directamente proporcional al ruido que emite un vehículo. Sin embargo existen factores, como la frecuencia de las aceleraciones, que pueden llegar a ser más importantes que la velocidad media. Los efectos de la aceleración y desaceleración en el ruido son importantes a velocidades menores a 50 km/h y limitados a velocidades por encima de los 50 km/h. Lo anterior tiene numerosas implicaciones para el uso de dispositivos de reducción de la velocidad intermitentes, como reductores o chicanas. Las superficies con texturas especiales también pueden afectar al nivel de ruido.

Uno de los factores que afecta la estimación de la calidad de vida de la población es la velocidad del tránsito (real y percibida). Los efectos son difíciles de cuantificar, sin embargo se sabe que los costos sociales aumentan, en especial, sobre quien no utiliza el vehículo (p. ej. una expedita circulación puede desanimar a la población a realizar un paseo a pie o en bicicleta). Un tránsito vehicular rápido colabora en la disolución de comunidades y afecta, desproporcionadamente, a los que tienen problemas para atravesar vialidades concurridas, especialmente niños y ancianos aumentando las desigualdades entre los peatones y los conductores [*Department of Health, 1998 y HEA, 1998*]. Los niveles de contaminación y la salud pública general son peores en los centros urbanos y las tasas de víctimas infantiles por accidente aumentan en zonas más empobrecidas [*Christie, 1995*].

Un aumento en la velocidad vehicular supone grandes pérdidas para las comunidades e individuos que no utilizan el automóvil, mientras que la reducción de la velocidad media acarrea una mayor duración de los tiempos de desplazamiento. En resumen la distribución de los impactos negativos y positivos de la velocidad, es la que afecta a la calidad de vida de la población.

No hay duda que el progreso tecnológico hace posible viajar más rápido por carretera, sin embargo, la velocidad excesiva o inadecuada tiene significativos impactos negativos que las autoridades gestoras de la red vial deben evaluar cuidadosamente. El impacto de la velocidad en los accidentes es una preocupación especial en donde distintos tipos de usuarios comparten la vialidad: conductores de automóviles, ciclistas, peatones, etc. Existe una velocidad umbral por encima de la cual el cuerpo humano no puede sobrevivir físicamente a una colisión (véase Figura 2.1), de ahí la necesidad de garantizar que las velocidades que no sean excesivas.

Las autoridades son responsables de la movilidad sostenible de sus ciudadanos, sin embargo ésta no debe ser a costo de la vida humana. Para reducir las lesiones en carretera (esto es, víctimas mortales y lesionados), las autoridades deben promover acciones destinadas a reducir la velocidad y también la variación de la misma.

Además de reducir considerablemente el número de accidentes y víctimas mortales, y la severidad de los heridos, la reducción en la velocidad de los vehículos ayudará a reducir también otros efectos negativos como las emisiones de gases invernadero, el consumo de combustible y el ruido, y a reducir los efectos adversos sobre la calidad de vida.

Las estrategias y políticas de gestión de la velocidad suelen estar de acuerdo con objetivos de otras áreas (p. ej. protección del medioambiente). Con voluntad política, las estrategias de gestión de la velocidad pueden suponer una contribución real en el logro de un triple objetivo definido por la mejora de la seguridad vial, las ventajas medioambientales y la moderación del consumo de energía.

2.2 Percepción de la velocidad

Las distorsiones en la estimación de la velocidad también pueden observarse cuando un conductor tiene que cambiar de velocidad (acelerar o frenar). Por ejemplo, cuanto mayor es la deceleración, mayor es el error en la estimación de la velocidad posterior [*Denton, 1967*]. Otros investigadores observaron las mismas tendencias en situaciones de conducción real concluyendo que el error absoluto es mayor al decelerar que al acelerar [*Recarte et al., 2002*]. También se sabe que un conductor que ha estado conduciendo por largo tiempo en una autopista tiende a conducir notablemente más rápido que el resto de conductores, una vez fuera de la misma [*Nouvier, 1987*].

La velocidad elegida depende de la interacción entre el procesamiento de información del conductor, la toma de decisiones y de las características físicas y operativas de la carretera y su entorno. La ciencia moderna muestra que la elección de velocidad, así como la elección de ubicación en la carretera es en su mayoría un proceso subconsciente [*Sibylle B. et al, 2012*].

La carretera y su entorno se perciben a través de la agudeza visual y la visión periférica. En los años 60’s algunas investigaciones demostraron el papel primordial que tiene la visión periférica en la estimación de la velocidad de conducción, sin embargo ésta se subestima por la agudeza visual. En resumen, identificando las variables que afectan a la percepción de la velocidad que tienen los conductores, a continuación se describen algunos ejemplos:

- La conducción a una determinada velocidad en un largo periodo de tiempo (p. ej. recorridos en autopistas).
- La conducción es transitoria a causa de que el conductor debe ajustar la velocidad de su vehículo para cumplir con nuevas restricciones y/o características físicas de la carretera (p. ej. carreteras que cruzan zonas urbanas o tomar una curva cerrada al final de una recta larga).

- Situaciones en las que la información visual periférica es reducida (p. ej. carreteras anchas sin puntos de referencia, conducción nocturna o con niebla).

Otro factor interesante es el cambio en la actitud de los conductores hacia el exceso de velocidad. En varios países se ha logrado una creciente concientización para aceptar los límites de velocidad y las medidas para el cumplimiento de la ley.

Según encuestas de opinión realizadas en Europa [*Comisión Europea, 2004*] y Norteamérica [*NHTSA, 2003*], las cuales, frecuentemente, no coinciden con el comportamiento real, se concluye que:

- El 70% de los conductores cree que los conductores superan frecuentemente los límites de velocidad.
- Un porcentaje importante de conductores disfruta conducir rápido (36%). Siendo más los hombres que las mujeres, destacando los jóvenes conductores, las personas con empleo, los de mayores ingresos, los solteros, las personas de entornos urbanos y los conductores frecuentes.
- El 82% de los conductores considera que el hecho de conducir demasiado rápido es uno de los factores contribuyentes de los accidentes.
- Uno de cada cinco conductores ha sido multado por velocidad excesiva en los últimos tres años.
- Con el tiempo aumenta el apoyo a las medidas de seguridad vial, pero con diferencias importantes entre los países encuestados.

Las principales recomendaciones son:

- Intensificar las medidas de respeto a los límites de velocidad, ya que se observa como una medida prioritaria en varios países europeos.
- En países con un bajo grado de aceptación a las medidas de respeto para los límites de velocidad, las campañas informativas deberían anteceder y acompañar a la intensificación de dichas medidas.
- Diseñar las campañas de seguridad vial relacionadas con el exceso de velocidad de acuerdo al comportamiento inadecuado de los conductores en cada país, ya que existen diferencias entre los países encuestados.

El exceso de velocidad es un comportamiento muy extendido: unas tres cuartas partes de los conductores admiten haber superado los límites de velocidad en todo tipo de vía en el último mes y una cuarta parte o más admite haber superado los límites de velocidad el mismo día de la entrevista, sin embargo la mayoría de ellos consideran que los límites de velocidad existentes son adecuados.

Por otra parte existe una tolerancia de las medidas de respeto al reglamento, los conductores estiman que pueden circular, como media, 10-12 km/h por encima de límite establecido sin que la policía los infraccione.

Los principales factores que influyen en la selección de la velocidad por parte de los conductores son las condiciones climatológicas, la evaluación personal de una velocidad "segura", los límites establecidos, la cantidad de vehículos en la vialidad y la experiencia del conductor al circular por ese camino.

El exceso de velocidad es un problema social muy extendido que afecta a toda la red vial (autopistas, carreteras y vialidades suburbanas y urbanas) e involucra a todo tipo de vehículos motorizados (automóviles, autobuses, camiones de carga e incluso ciclomotores). No obstante que los conductores reconocen que el exceso de velocidad es un problema que genera accidentes, al mismo tiempo, consideran que es un problema que afecta a "otros" conductores.

Un aspecto a considerar para obtener un resultado positivo en el comportamiento de los conductores para reducir la velocidad, son los aspectos psicológicos de la percepción de la velocidad (p. ej. escenarios de transición, al salir de una autopista y entrar a zonas urbanas). Lo anterior requiere involucrar a numerosos actores en el campo del autotransporte, especialmente a las autoridades responsables de los sistemas de transporte vial, técnicos, policías, psicólogos, usuarios del camino y a la sociedad en general; además estas acciones deben de involucrar a todo tipo de vehículos y de vialidades.

2.3 La influencia de la infraestructura en la velocidad

Las medidas en materia de modernización de la infraestructura o de ingeniería vial pueden contribuir de forma muy eficaz a la gestión de la velocidad en la red carretera. Estudios en la gestión de la velocidad indican que en aquellos lugares en los que se han cambiado los límites de velocidad sin introducir otro tipo de medidas adicionales, el cambio en la velocidad media sólo ha sido de un 25% respecto al cambio en el límite de velocidad [*DETR, 2000; Parker, 1997; Transpon Canadá, 1997*].

Es importante que la modernización en la infraestructura carretera tienda a una infraestructura más consistente, homogénea y segura, que refleje las necesidades de todos los usuarios. Desde hace varias décadas, las acciones para cambiar la apariencia de una vialidad e influir en las velocidades utilizando elementos de ingeniería vial es una acción han sido probadas en las zonas urbanas, pero son menos comunes en zonas rurales.

Hoy en día cada vez son más los países que toman en cuenta la función de sus vialidades como base para la creación de una red vial más estandarizada y autoexplicativa. A lo largo de los años se han desarrollado varios conceptos respecto a la seguridad vial como la Directriz SCAFT, la Guía positiva, la legibilidad de la vía y las vías autoexplicativas. Todos ellos subrayaban la importancia del diseño vial en el apoyo a los conductores para elegir una velocidad adecuada mediante un entorno vial sencillo y de fácil interpretación.

Para lograr una conducción segura a través del diseño geométrico es importante identificar y considerar el conocimiento y procesamiento de la información del conductor al interpretar las situaciones viales. Al respecto las investigaciones (teoría cognitiva del conocimiento) han concluido que los conductores adquieren nuevos conocimientos sobre el entorno vial a partir de su experiencia.

Muchos países clasifican sus vías de acuerdo a tres funciones básicas: (I) circulación, que permiten una movilidad de largo itinerario como autopistas y vías rápidas; (II) distribución, que permiten a los conductores entrar y salir de todo tipo de zonas urbanas o rurales a intervalos a lo largo de la vía, estas vialidades son utilizadas por el transporte público de pasajeros y; (III) acceso, que permiten acceder a propiedades a lo largo de la vía o carretera, en este tipo de ubicaciones, pueden necesitarse medidas de ingeniería vial para ayudar a imponer las bajas velocidades exigidas.

En el caso de México, la red carretera tiene varias clasificaciones. La clasificación por transitabilidad (caminos de tierra o en terracerías, caminos revestidos y caminos pavimentados); la clasificación administrativa (Federal, Estatal y Municipal); y la clasificación del Reglamento sobre el peso, dimensiones de los vehículos que circulan por la Red Carretera Federal [*SCT, 2006*], el cual divide la red en caminos tipo “ET”, “A”, “B”, “C”, “D” y “E”; es decir desde los ejes de transporte, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso hasta los caminos que prestan servicio dentro del ámbito municipal y local con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria), y a partir de esta clasificación se definen las características de diseño de las carreteras, las cuales se observan en Tabla 2.1 [*SCT, 1984*].

En la Tabla se observa que para cada tipo de camino existen velocidades de proyecto recomendadas, en función del tipo de terreno y del Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) esperado y, que a partir de estas velocidades se definen algunos parámetros del alineamiento horizontal y vertical y sección transversal (p. ej. el grado de curvatura, la sobreelevación, la pendiente, etc.). El objetivo principal que se busca es que cada uno de los caminos logre ser autoexplicativo de acuerdo a su función.

En algunos países, se ha extendido el uso de un nuevo enfoque en la velocidad de proyecto, la cual queda especificada como la velocidad más alta que puede mantenerse con seguridad y comodidad cuando el tránsito no es denso [*ETSC, 1995*]; esta definición difiere con la comúnmente utilizada que se refiere a la velocidad que puede mantener con seguridad el conductor medio, con un vehículo medio y buenas condiciones climatológicas.

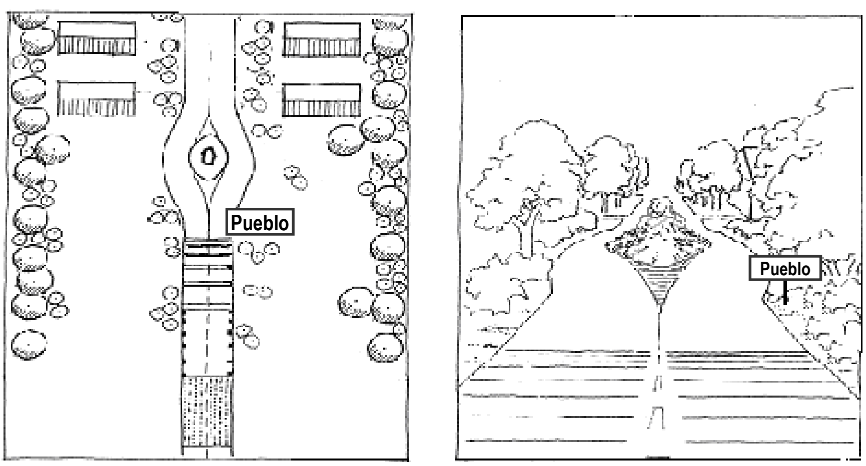
La velocidad de diseño nunca debe ser más baja que el límite de velocidad, tampoco resulta recomendable tener un límite de velocidad mucho más bajo que la velocidad de diseño ya que perjudicaría la credibilidad de dicho límite; así como una reducción sustancial de la velocidad de diseño en un determinado punto se debe apoyar con un cambio en las características de diseño y una señalización.

Tabla 2.1 Clasificación y características de diseño geométrico para diferentes tipos de carretera

CONCEPTO			UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																											
				E					D					C							B							A					
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO			veh/día	HASTA 100					100 a 500					500 a 1500							1500 a 3000							MAS DE 3000					
TERRENO: MONTAÑOSO, LOMERIO, PLANO			–																														
VELOCIDAD DE PROYECTO			km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA			m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE			m	–	–	–	–	–	135	180	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495
GRADO MAXIMO DE CURVATURA			°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA	m/%	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43	57	8	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72
		COLUMPIO	m/%	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43
	LONGITUD MINIMA		m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	60	40	40	50	50	60	60
PENDIENTE GOBERNADORA			%	9	7	–			8	6	–			6	5	–					5	4	–					4	3	–			
PENDIENTE MAXIMA			%	13	10	7			12	9	6			8	7	5					7	6	4					6	5	4			
LONGITUD CRITICA			m	VER FIG. No 004.4					VER FIG. No 004.4					VER FIG. No 004.4							VER FIG. No 004.4							VER FIG. No 004.4					
																												A2		A4		A4S	
ANCHO DE CALZADA			m	6.0					6.0					6.0							7.0							7.0 (2 Carriles)		2 x 7.0 (4 Carriles)		2 x 7.0 (4 Carriles)	
ANCHO DE CORONA			m	4.0					6.0					7.0							9.0							12.0 Un cuerpo		≥ 22.0 Un cuerpo		2 x 11.0 Cuerpos Separados	
ANCHO DE ACOTAMIENTOS			m	–					–					0.5							1.0							2.5		3.0 Ext. 0.5 Int.		3.0 Ext. 1.0 Int.	
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL			m	–					–					–							–							–		≥ 1.0		≥ 8.0	
BOMBEO			%	3					3					2							2							2					
SOBREELEVACION MAXIMA			%	10					10					10							10							10					
SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO			%	VER TABLA No 004-5					VER TABLA No 004-5					VER TABLA No 004-6							VER TABLA No 004-7							VER TABLA No 004-8					
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES			m																														

Fuente: SCT, 1984

Como se mencionó en el apartado anterior, por ejemplo los conductores que después de un periodo de tiempo de circular a altas velocidades y que ingresan a una zona en la que debieran reducir su marcha experimentan un fenómeno en el que subestiman su velocidad y no la reducen adecuadamente. Para estos casos, existen medidas de advertencia anticipadas, como la mostrada en la Figura 2.2 que mediante una isleta y señalamiento horizontal y vertical, se refuerza el cambio del entorno para que se reduzca la velocidad.



Fuente: Birth, S. y Sieber, G., 2004.

Figura 2.2 Croquis de modificación en la infraestructura y señalamiento que informa del ingreso a una zona urbana

El efecto se puede mejorar aún más al brindar a la carretera más allá de la señal de la localidad y la isleta, una apariencia inconfundiblemente diferente a lo que existe antes de llegar a ese punto; es decir la construcción de bordillos, banquetas, senderos, cambio en la superficie de rodamiento, estrechamiento de la calzada, iluminación, plantaciones totalmente diferentes, construcciones a lo largo de la calle. Sin embargo, hay que elegir con cuidado los elementos verticales, para que no se conviertan en obstáculos con efectos negativos en la seguridad vial. Otro ejemplo son las puertas medievales (que durante siglos limitaban el campo y la ciudad) ayudan a indicar el cambio de un entorno de tránsito a otro; la Figura 2.3 muestra unas puertas en ciudades de Alemania.

Figura 2.3 Ejemplos del efecto "puerta" en ciudades alemanas

La instalación de glorietas o rotondas es una medida de reducción de la velocidad muy eficaz. Además, como los vehículos viajan prácticamente en la misma dirección en una rotonda, el ángulo de impacto no supera los 90 grados, reduciendo las consecuencias en caso de colisión. Su diseño varía entre un diámetro externo de 30 a 50 metros, con un carril en la parte interna y uno para las entradas y salidas (véase Figura 2.4). El efecto deseado en la velocidad de los vehículos depende de la precisión del diseño de los distintos parámetros de la glorieta, así como del volumen vehicular y del espacio disponible. Las "miniglorietas" (con diámetro inferior a los 24 metros) se recomiendan sólo en el tratamiento de las intersecciones en zonas residenciales.

Figura 2.4 Ejemplo de una glorieta para reducir la velocidad

También existen otros dispositivos para el control de la velocidad y que son definidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) como elementos que se colocan en el pavimento de manera transversal al eje del camino y que con un señalamiento horizontal y vertical constituyen un sistema de control de velocidad que contribuyen a que los conductores reduzcan la velocidad y con ello reducir la ocurrencia de accidentes. Estos dispositivos son colocados en cruces de peatones (intersecciones, zonas escolares, etc.) para proteger el cruce del usuario vulnerable, en aproximaciones a intersecciones, curvas peligrosas, casetas de cobro, en tramos con pendientes descendentes pronunciadas, etc. Entre los dispositivos más utilizados en carreteras mexicanas están las rayas logarítmicas, los vibradores (botones o monolíticos) y los reductores de velocidad; y en función de la velocidad excedente se definen varias alternativas de solución conformando una variedad de 15 sistemas de control de la velocidad, así como una gráfica para seleccionar el sistema de control de velocidad [*SCT, 2008*].

La gestión de la velocidad a través de cambios en la infraestructura ha ayudado a salvar muchas vidas. Con el conocimiento acumulado sobre mejores prácticas y con las lecciones aprendidas, la pacificación del tránsito seguirá siendo una medida de gestión de la velocidad importante. Al mismo tiempo, será trascendental desarrollar límites de velocidad dinámicos en todo tipo de vías, con diferentes flujos vehiculares y distintas condiciones climatológicas. De ahí que las Ingenierías en Vías Terrestres y de Tránsito tengan un papel muy importante en la asistencia al usuario del camino, para que éste tome la decisión correcta.

No hay fórmula mágica para definir la velocidad adecuada para un determinado tipo de carretera, ya que hay numerosos factores como la seguridad, entorno, la economía, movilidad y la calidad de vida. Los límites de velocidad generales no corresponden con la velocidad adecuada para las vialidades debido al constante cambio del entorno vial (p. ej. curvas), por esta razón son necesarios los límites puntuales. En ocasiones se permiten límites de velocidad variables, donde el límite cambia de acuerdo a la hora del día (diurno, nocturno) o a la estación del año (invierno, verano) o la aplicación de un límite de velocidad más bajo para vehículos pesados y autobuses. También se han introducido límites de velocidad dinámicos que consideran el tránsito real y/o las condiciones climatológicas en ese momento, a través del uso de señalamiento variable (véase Figura 2.5).

Para determinar la velocidad máxima, segura y razonable se utiliza el percentil 85, que es la velocidad del 85% de los vehículos en condiciones de tránsito fluido. Este método parte de la premisa de que la amplia mayoría de los conductores viajaría a velocidades adecuadas. Actualmente existen otros enfoques para definir el límite de velocidad, que incluyen: (I) la estimación del riesgo combinado de la interacción de la infraestructura, velocidades de viaje, el TDPA y usuarios vulnerables, además de la adopción de un límite de velocidad para lograr un riesgo combinado por debajo del nivel medio de riesgo para tramos comparables de la red y (II) el uso de un enfoque de sistema seguro, que exige inversiones de seguridad orientadas a la infraestructura y límites de velocidad y que la combinación de ambos eviten accidentes.

Figura 2.5 Límite de velocidad variable en la autopista México-Cuernavaca

Otros países utilizan la velocidad media en condiciones de circulación fluida a lo largo de un tramo carretero como base para fijar los límites de velocidad (p. ej. EE.UU recomienda que los límites de velocidad no se fijen por debajo del 50 percentil, de igual forma, Gran Bretaña propuso que la velocidad media sea uno de los factores definitorios a la hora de fijar límites de velocidad). No obstante que su finalidad es lograr un mejor equilibrio entre la velocidad a la que viajan la mayoría de los conductores y las necesidades de otros usuarios, no se definen sobre una base de riesgo y, además, supone que los conductores conocen bien el riesgo a determinadas velocidades, lo que tampoco es necesariamente cierto. Por lo tanto, el límite de velocidad no debería ser una velocidad deseada tal y como la conciben los conductores, al contrario, el límite de velocidad se debe ajustar a una velocidad adecuada y orientada a lograr una reducción en el riesgo de sufrir un accidente.

Al elegir un límite de velocidad se debería maximizar el acceso y facilitar la movilidad sostenible de forma compatible con la seguridad, la calidad de vida y los costos medioambientales. Para ello se han desarrollado varios modelos para estimar los límites de velocidad más adecuados desde el punto de vista de la seguridad vial, a partir de distintos factores. Los modelos más comunes son los programas LIMITS que es un paquete informático que calcula los límites de velocidad a partir de la evaluación de una serie de parámetros relacionados con la infraestructura, el vehículo y el conductor (no incluyen factores como el medioambiente y la calidad de vida). Uno de los objetivos es que reduce la subjetividad de las decisiones tomadas sobre la definición de zonas de velocidad.

La versión de LIMITS, utilizada en Australia, no considera la tasa de accidentes para determinar el límite de velocidad; sólo indica aquellas vialidades con una alta tasa de accidentes, permitiendo al usuario plantearse si desea seguir ajustando el límite de velocidad a partir de los valores recomendados por el modelo. Lo anterior pone de manifiesto que estos modelos también tienen sus límites.

Independientemente del método elegido para definir el límite de velocidad adecuada, es recomendable utilizar un número "redondo" para el límite de velocidad (p. ej. 40, 80, 100 km/h). El uso de una señalización adecuada y consistente del límite de velocidad, tiene una importancia fundamental para mantener la conciencia del límite y, con el apoyo de los usuarios del camino, su aplicación y cumplimiento.

Dado que un gran porcentaje de vehículos circula a velocidad excesiva, se podría concluir que el límite de velocidad sólo influye en la velocidad de forma limitada, sin embargo, se han realizado numerosas investigaciones para evaluar el efecto de los cambios en los límites de velocidad, las cuales han demostrado que un límite de velocidad tiene una clara influencia en la velocidad real. Los análisis muestran que, por ejemplo, si se reduce de 80 a 70 km/h (reducción de 10 km/h) se traduce en una reducción de 3 ó 4 km/h en la velocidad real y se esperaría una disminución de 10% de lesionados y de 20% de muertos [*Cohen et al., 1998; Hollo, 1999 y 2004; Le Breton, 2005*]. Eso si las investigaciones reiteran que cualquier cambio en el límite de velocidad debe ir acompañado de medidas adecuadas de obligación (sanciones), infraestructura e información precisa y permanente.

Los límites de velocidad específicos en el tiempo o en el espacio, se indican mediante señales (generalmente verticales) ubicadas en las proximidades del tramo donde inicia el límite. Los tipos de señales para especificar el límite de velocidad son: (I) preventivo, que sin especificar en el pictograma una reducción de la velocidad, sí sugiere una reducción de la misma, ya que su objetivo es prevenir al conductor sobre la existencia de algún peligro en el camino; (II) restrictiva, para regular el tránsito estableciendo el límite máximo de la velocidad, la señal se coloca al inicio del tramo donde rija esa velocidad, por ejemplo, en zonas de alta afluencia de usuarios vulnerables, previo a curvas peligrosas, al inicio de tramos sinuosos, en zonas de reducción de la sección transversal (incluye puentes o túneles), en enlaces de salida de un camino principal y desviaciones, puentes angostos y; (III) informativas, utilizadas para recomendar no exceder los límites de velocidad. También se tienen las señales de mensaje variable del tipo restrictivo para regular el tránsito en situaciones no comunes (p. ej. accidente, lluvia, congestionamiento, etc.) y las que muestran la velocidad límite y la real (localizadas en puntos específicos o en equipos móviles de señalización especial) (véase Figura 2.6).

Para el caso de México, el señalamiento debe cumplir con los estándares definidos por la SCT [*SCT, 2013 y SCT, 1986*]. Sin embargo es común en varios países la utilización de una señal para indicar el final del límite de la velocidad, la cual es muy utilizada en la terminación de una autopista o vía rápida y a la salida de una zona urbana (véase Figura 2.7).

Figura 2.6 Ejemplos de señales de mensaje variable para indicar la velocidad límite y la real

Figura 2.7 Ejemplos de señales para indicar la terminación del límite de velocidad de 130 y 30 km/h

En el caso de los límites de velocidad dinámicos, comúnmente utilizados en vías rápidas como autopistas, debería prestarse atención a la credibilidad del sistema. Por esta razón, los límites de velocidad no deberían mostrarse cuando el tránsito está parado o cuando se circula en condiciones normales (véase Figura 2.8). Además, el límite de velocidad en señales de mensaje variable debería de funcionar bajo condiciones climatológicas desfavorables (lluvia, viento, niebla), elevado flujo vehicular, accidentes, congestionamiento [*Nouvier, 2001 y PIARC, 2005*]; asimismo, está la discusión si resulta o no recomendable indicar, a través de señales variables, los distintos límites de velocidad para los distintos carriles en la misma sección de la carretera. Aunque esta opción es viable en países como Holanda e Italia, en Francia está prohibida y en Luxemburgo es obligatoria; a la fecha no hay ningún estudio válido que esclarezca la discusión, sin embargo se considera que mostrar distintos límites de velocidad en la misma sección de carretera puede provocar un aumento del riesgo por los cambios de velocidad.

Figura 2.8 Ejemplos de señales de mensaje variable para indicar la velocidad límite apagado

2.4 La influencia del vehículo en la velocidad

Existen en el mercado diferentes sistemas de control de la velocidad en los vehículos, entre los más frecuentes son las grabadoras, los tacógrafos y los sistemas avanzados de control de la velocidad. Se instalan con dispositivos que registran distintos parámetros para mejorar la seguridad.

Respecto a las grabadoras, existen las instaladas por los fabricantes del vehículo con acceso exclusivo a ellos, que registran parámetros relacionados con el funcionamiento del motor y diagnóstico de averías. Otro tipo son las grabadoras de datos de eventos (Event Data Record, EDR), también llamadas "cajas negras", que registran determinados parámetros (velocidad del vehículo, aceleración, despliegue del airbag, etc.) segundos antes, durante y después de una colisión (30 seg.); la privacidad de los datos y el derecho de acceso es el principal problema de su uso, en caso de resolverse, es de esperar que los EDR tengan un efecto muy positivo en el comportamiento de los conductores (selección de la velocidad). Y las grabadoras de datos de eventos avanzados que pueden supervisar el comportamiento del conductor de forma continua y pueden utilizarse para la supervisión de datos y controlar la velocidad de los conductores.

En el ámbito del Programa de trabajo para la promoción de la seguridad vial de la Unión Europea, 1997-2001, la Comisión Europea declaró que *"las grabadoras de datos de accidentes registran información sobre la colisión, lo que facilita el análisis de los accidentes; el uso de los EDR se traduce en una reducción de las colisiones porque los conductores viajan con más cuidado"*. En cambio en los EE.UU. la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) no consideró necesario obligar a la instalación de los EDR en todos los vehículos nuevos sino limitarse a estandarizar los datos registrados. Para garantizar la conciencia y el conocimiento general de estos sistemas, la normativa también exigió a los fabricantes que a partir del 1° de septiembre de 2010 se incluyerar una frase en el manual que indique que el vehículo viene equipado con un EDR y que describa sus funciones y capacidades.

La Comisión Europea subvencionó el proyecto VERONICA (Vehicle Event Recording based ON Intelligent Crash Assesment), es decir la grabación de eventos del vehículo basada en una evaluación inteligente de la colisión. El objetivo del proyecto es obtener datos reales que ayuden a mejorar la infraestructura vial, el diseño de los vehículos, el comportamiento del conductor (en las fases previa, durante y posterior al siniestro) y las necesidades médicas.

El uso de los tacógrafos mecánicos (instrumentos que registran en un gráfico de papel la velocidad, distancia recorrida entre paradas y los periodos de descanso de un camión) son muy utilizados por los conductores profesionales de vehículos de carga y pasaje y son obligatorios en la mayoría de los países. Los oficiales de policía y las empresas de transporte los utilizan para controlar el número de horas conducidas y las pausas, así como obtener la velocidad máxima y media de un recorrido.

Día a día se instalan más tacógrafos electrónicos en los vehículos comerciales, como equipamiento de serie o después como accesorio adicional, para permitir una supervisión en tiempo real de la velocidad, para registrar las horas de servicio de los conductores y para rastrear la carga. Estos tacógrafos han sustituido rápidamente a los mecánicos por su capacidad para registrar otros datos aparte de la velocidad y el tiempo. Los datos se descargan al final del viaje o durante un determinado tiempo para su análisis.

El uso del tacógrafo electrónico en los vehículos comerciales ha ayudado notablemente a mejorar la seguridad vial. Según estudios realizados en flotas europeas, se concluyó que la conciencia del conductor ante la presencia de un tacógrafo a bordo redujo el número de accidentes entre 20 y 30%, así como también la gravedad de los mismos y los costos asociados [*Lehmann et al., 1998*]. Los tacógrafos electrónicos ya son obligatorios en la Unión Europea en los vehículos nuevos de transporte de carga con capacidad mayor a las 3.5 toneladas y para más de 9 personas en el caso de vehículos de pasajeros. La evolución de los tacógrafos aún continúa y se espera que en unos años sea posible controlar la velocidad de un camión en movimiento sin detenerlo.

También existen dispositivos utilizados como accesorios que permiten a los propietarios de vehículos privados recopilar y analizar datos de viaje, por ejemplo, algunas compañías de seguros ofrecen primas y descuentos a los conductores que aceptaron instalar uno de estos dispositivos de supervisión. Los dispositivos reúnen información ligada estadísticamente al riesgo asegurado, incluyendo la distancia conducida, la velocidad y la distribución de viajes por día o semana. Los conductores pueden descargar la información en su ordenador doméstico y revisar en cualquier momento sus patrones de conducción; también deciden si enviar o no sus datos a la compañía aseguradora por Internet para recibir descuentos.

Hay muchos desarrollos en los sistemas de supervisión que permiten el seguimiento dinámico de los vehículos, tal es el caso de los Sistemas de Posicionamiento Global (Global Positioning System, GPS). Las grabadoras de datos avanzadas pueden registrar la velocidad de forma continua por GPS y

comparar esos datos con las bases de datos de límite de velocidad, controlando de esta forma la velocidad del conductor en todo momento. Las administraciones de flotas vehiculares utilizan estos sistemas y han observado mejoras en el comportamiento de los conductores, incluyendo un descenso del exceso de velocidad y de los accidentes obteniendo ahorros en los costos operativos de las flotas, especialmente en el consumo de combustible.

2.5 La influencia de la educación y la capacitación en la velocidad

El requisito previo para el éxito de cualquier medida de gestión de la velocidad en la infraestructura, cumplimiento de la ley, límites de velocidad, señales de tránsito e ingeniería de vehículos, son la educación a los niños, la formación a los conductores y la información a los usuarios de las vialidades. Si se logra que la población se familiarice con las normativas y las medidas orientadas a la seguridad, éstas serán más eficaces y tendrán más aceptación, ya que sabrán cómo aplicarlas y comprenderá las razones para adoptarlas. Por lo tanto, el objetivo de la educación, formación e información será conseguir un cambio sostenible en la práctica de la conducción influenciando la opinión y actitud de la ciudadanía a comportarse de forma segura y adecuada.

Actualmente, la educación vial en los niños tiene un carácter informal, a cargo de la familia y en la escuela con sus limitaciones. Son los padres y otros adultos del círculo del niño los responsables de ofrecer buen ejemplo. Tienen que ser conscientes de que su comportamiento, opiniones y comentarios juegan un papel fundamental en la visión que el niño tendrá del mundo en el futuro.

La educación de los niños en materia de circulación vial debe enfocarse a los riesgos y estrategias de comportamiento orientadas a evitar posibles encuentros con automóviles. La complejidad del comportamiento vial en los niños no ha logrado tener un efecto duradero [*Bjorklid, 1998*]. Aunque los niños pueden aprender a comportarse de forma perfectamente segura en condiciones sencillas y controladas, no siempre son capaces de aplicar ese aprendizaje a situaciones más complejas y mucho menos si están distraídos, ya que los niños no pueden dividir su atención, se enfocan por completo a una sola actividad, por lo que, en su conjunto, son siempre usuarios viales totalmente impredecibles [*OCDE, 2004*]. También es importante mencionar que en zonas frecuentadas por niños (p. ej. zonas residenciales, escuelas y de recreo), el diseño vial debe permitir que la velocidad de operación se adecue a las capacidades de los niños y no esperar que sean ellos los que se adapten a la velocidad de la circulación.

En Australia, el programa Camino seguro hacia la escuela (Safe Route to School) con un enfoque de acción múltiple (educación, ingeniería y cumplimiento de la ley), se observó que los niños asistentes redujeron sus tasas de accidentes de aquellos que no asistieron [*Delaney et al., 2004*]. En México se han realizado esporádicamente acciones al respecto (véase Figura 2.9).

Figura 2.9 Algunos ejemplos de educación vial a niños

En la edad adolescente empiezan a participar en el tránsito (en bicicleta, ciclomotor, motocicleta y automóvil). Para ello la escuela debe desempeñar un papel fundamental para preparar esta transición a la alta velocidad y a los medios de transporte de riesgo. El objetivo es conseguir que los jóvenes se interesen en el tránsito vial y ayudarles a comprender que las tareas de conducción son más complejas que una cuestión de satisfacción de movilidad.

El estudio de los efectos de la velocidad también podría integrarse en materias del ciclo escolar por ejemplo en Física: la distancia de frenado, velocidad de impacto, fuerzas gravitacionales; en Química: la emisión de contaminantes; en Biología: el estudio del cuerpo humano en lo referente a tiempos de reacción, resistencia del cuerpo humano a los impactos; evitando enfoques demasiado teóricos, ya que la formación práctica sigue siendo un elemento fundamental para conseguir una educación eficaz, no sólo para los jóvenes antes de convertirse en conductores de automóviles, sino antes incluso de que lleguen a estar al volante de un ciclomotor o una motocicleta.

Los principales problemas del conductor joven que explican su alto riesgo de sufrir una colisión son la tendencia a sobrestimar sus capacidades y subestimar los riesgos, la falta de motivación para adoptar unos márgenes de seguridad lo bastante amplios y la falta de experiencia; por lo tanto el tema de la velocidad y del exceso de velocidad deberá ser fundamental en la educación y formación de los jóvenes conductores. Para los instructores en la clase práctica, no es tarea fácil que un joven cumpla con el límite y más si él observa que otros vehículos lo rebasan sin que perciba que superar ese límite tiene consecuencias negativas (un siniestro o infracción).

El sistema de obtención de licencia de conducir progresiva ha sido positivo en países como Australia, Canadá, Holanda y Estados Unidos. EL sistema inicia con una conducción vigilada y conforme los jóvenes van adquiriendo experiencia se van eliminando las restricciones como conducir solo, niveles de alcohol en sangre, conducción nocturna y con pasajeros de la misma edad y las relacionadas con los límites de velocidad [*SWOV, 2004*].

En definitiva el principal grupo de interés para cumplir con los objetivos de la gestión de la velocidad son los conductores con licencia, pero son el grupo más difícil de alcanzar a través de medidas educativas y formativas. La mayoría de las campañas informativas que se enfocan a la velocidad o pretenden dar a conocer el lanzamiento de una nueva disposición al reglamento de tránsito. Los efectos de las campañas informativas como medio para cambiar la actitud durante la conducción son difíciles de demostrar. Hay pruebas empíricas que señalan que las campañas han ayudado a mejorar la seguridad vial, por ejemplo, un análisis de estudios de evaluación de campañas de seguridad vial mostró una reducción del 8.5% en los siniestros viales durante los periodos de las campañas [*Delhomme et al., 1999*]; sin embargo no se puede juzgar el efecto de la información *per se*, puesto que los resultados deben atribuirse a los componentes combinados de la campaña.

Las campañas publicitarias tienen el problema de hacer entender el mensaje debido a la dificultad de convencer al usuario de cambiar su comportamiento de conducción y más aún que éstas no van acompañadas con otras medidas de apoyo.

Los expertos indican que los mensajes de las campañas de seguridad vial deben enfocarse en las consecuencias del exceso de velocidad, estar bien diseñados y basarse en un marco teórico. Un ejemplo sería la campaña escocesa "Foolspeed", basada en la teoría psicológica del comportamiento planificado [*Read et al., 2005*]. Su objetivo es cambiar la forma en la que pensamos sobre el exceso de velocidad en las zonas urbanas, desafiar nuestras creencias sobre la capacidad de conducción y destacar las ventajas de conducir a velocidades adecuadas a las condiciones imperantes. El marco teórico es un modelo estructurado con una combinación interactiva de tres conceptos: creencias destacadas, normas subjetivas y control percibido del comportamiento. Al utilizar esta teoría como base para la iniciativa garantiza un enfoque centrado y bien estructurado de la actividad publicitaria.

Como fase inicial se lanzó el logotipo en una serie de anuncios televisivos de 10 seg. (véase Figura 2.10). Estos anuncios desafiaban las creencias de los conductores acerca del exceso de velocidad, con lemas como *"Soy un buen conductor así que puedo superar el límite"* o *"Siempre puedo parar a tiempo"*. Un anuncio de 40 seg. llamado *"Mirror"* (Espejo) pretendía seguir desafiando esas creencias. El segundo anuncio titulado *"Friends & Family"* (amigos y familiares) se centraba en el efecto que tiene conducir a velocidades inadecuadas con pasajeros en el vehículo. El tercero, *"Simon Says"* (Simón dice) apuntaba al elemento de control percibido del comportamiento del modelo psicológico, el cual mostraba cómo los conductores permiten la "presión" de los demás conductores; el anuncio retaba a los conductores a tomar el control y no dejar que los demás controlaran su velocidad. Foolspeed lanzó su cuarto anuncio consecutivo que se centraba en el impacto de la actitud y el comportamiento hacia el exceso de velocidad sobre el bienestar propio y el de los demás conductores [*Read et al., 2005*].

Figura 2.10 Campaña escocesa basada en la teoría psicológica del comportamiento planificado

Los mensajes que inducen miedo han demostrado una relación positiva a despertar dicho miedo y así poder convencer, además el mensaje es más eficaz si va acompañado por soluciones bien fundadas. No obstante, el debate sigue. Todavía deben identificarse los niveles óptimos de inducción del miedo, ya que un nivel demasiado elevado podría tener efectos negativos [*Delaney et at., 2003*].

Existen países como Austria, Bélgica y Gran Bretaña que imparten cursos de perfeccionamiento relacionados con infracciones por exceso de velocidad, por ejemplo el curso británico establecía que al final del mismo, los conductores deberían demostrar el uso correcto de la velocidad ante distintos peligros e identificar las causas que llevan a cometer exceso de velocidad, las desventajas del exceso de velocidad, las consecuencias de una velocidad inadecuada y las distintas zonas de límite de velocidad.

El uso de incentivos ha demostrado ser un medio eficaz para conseguir una modificación en la conducta, aunque algunos conductores muestran desconfianza ante las ventajas de su uso, ya que manifiestan que es injusto recompensar a alguien por hacer algo que debería ser "normal" [*Hagenzieker, 1999*]. Con la ayuda de las tecnologías actuales se puede hacer la supervisión y registro continuo y automático de distintos tipos de conductas, incluyendo la velocidad. Los sistemas de control integrados en el vehículo (p. ej. cajas negras), se utilizan cada vez más en la implementación de este tipo de incentivos para el control de la velocidad, aunque se afirma que los efectos positivos tienden a disiparse una vez eliminados los incentivos.

Un ejemplo de los incentivos en México es la entrega anual de reconocimientos a las mejores iniciativas de Seguridad Vial, llamada “Rombo Amarillo” que premia a los proyectos de los gobiernos municipales, estatales y federales; empresas, medios de comunicación y organizaciones de la sociedad civil que realizan campañas publicitarias, eventos de sensibilización, programas y materiales educativos, medidas preventivas, estudios e investigaciones, dispositivos tecnológicos y entretenimiento, que ayuden a mejorar la seguridad vial ya sea en una comunidad, localidad, vialidad, entre otras (véase Figura 2.11).

Figura 2.11 Premiación a ganadores de una entrega del Rombo Amarillo

2.6 La influencia del patrullaje en la velocidad

El objetivo de este inciso es mostrar un marco comparativo de las diferentes estrategias de control y vigilancia de las normas de circulación carretera realizadas en varios países de Europa. Estas estrategias tienen su origen en la legislación de cada país, así como la práctica llevada a cabo en el control de su cumplimiento y de su eventual proceso de sanción.

Se muestra la situación para 25 países que hasta mayo de 2004 conformaban la Unión Europea (UE), asimismo las normativas nacionales están relacionadas con el comportamiento del usuario de la infraestructura carretera con especial atención a la seguridad vial, es decir se hace referencia principalmente al consumo de alcohol, estimulantes, estupefacientes, psicotrópicos y otras sustancias de efectos similares; al cumplimiento de los límites de velocidad y a los tiempos de descanso de los conductores profesionales del autotransporte de pasajeros y carga.

La Unión Europea, en el ámbito de la carretera, ha aceptado como paradigma de la seguridad vial, que los accidentes de tránsito y sus consecuencias son un problema de salud pública y que vienen explicados por una matriz integrada por el factor humano, el vehículo y la infraestructura, todos ellos dentro de un sistema vial [*Toledo et al, 1998*]; de ahí la importancia de dar los pasos necesarios para disminuir el dramático precio que año con año representa para la sociedad. Ahora bien, el grado de implicación de cada uno de ellos ha sido objeto de diversos estudios técnicos y científicos, y si bien las conclusiones varían sensiblemente entre sí, existen dos hechos comúnmente aceptados por los representantes de carreteras en la Unión Europea:

- Las estrategias de seguridad vial que combinen planes de acción en todo el sistema vial (los tres pilares y la supervisión policial) obtendrán resultados positivos y de forma sostenible [*SWOV, 2002*].

- Debido a que el conductor participa en más del 95% de los accidentes viales a causa de su erróneo comportamiento, las medidas para controlarlo abarcan desde campañas de concientización sobre las consecuencias de una mala conducción, mejoras en el proceso de capacitación, emisión de permisos de conducción, hasta el control y vigilancia de la tarea de conducción.

Otro aspecto a considerar es el tiempo, es decir, para que estas estrategias ofrezcan resultados positivos es importante que éstas coincidan en el tiempo. De todas ellas, por su carácter "disuasorio", la más efectiva es el control y la vigilancia y así lo demuestran las campañas de control llevadas a cabo en Francia y España. La primera de ellas ha conseguido de por sí una reducción directa en la accidentalidad del 30%. Esta efectividad del control y la vigilancia viene determinada por la presencia de dispositivos automatizados y oficiales de policía que producen una percepción de miedo a ser sancionado y/o detenido, evitando por lo tanto, que el conductor incumpla alguna norma o disposición de tránsito.

En general las administraciones públicas llevan a cabo su trabajo con escasos recursos, de ahí la importancia de realizar estrategias de actuación en aquellos campos que proporcionen una elevada relación beneficio-costo. Esta relación es medida en el ahorro económico por cada accidente evitado, comparándolo con el costo de la medida. En este aspecto desde hace más de 10 años la Unión Europea, asume que el costo de un muerto en accidente de tránsito para la economía del país es de 1 millón de euros. Para el caso de México el costo es de 400 mil dólares americanos [*McMahon K. y S. Dahdah, 2008*].

El control y la vigilancia está enfocado a la concentración de alcohol en la sangre, los límites de velocidad (véase Figura 2.12), al consumo de estupefacientes, psicotrópicos, estimulantes y otras sustancias de efectos análogos; sin embargo existen otros elementos de seguridad que también son controlados en los países europeos como son el uso del cinturón de seguridad, el uso del casco en motocicletas y ciclomotores, los chalecos reflectantes, los triángulos señalizadores y los sistemas de retención infantil.

Figura 2.12 Registro de velocidades de operación en una autopista

Debido a la falta de información de varios países no es posible realizar una comparación entre las acciones de control y vigilancia para los límites de velocidad; aunque sí se obtuvieron algunos resultados, por ejemplo, la diferencia en el número de controles en Francia es cuatro veces mayor que España, en donde su longitud y uso de infraestructura es casi el doble que la de España.

Para el control de los límites de velocidad, una de las principales dificultades relacionadas con la eficacia de los dispositivos utilizados es controlar y sancionar. Dentro de las causas más frecuentes son: (I) la presencia de varios vehículos que sobrepasen el límite al mismo tiempo; (II) la dificultad en algunos países de que los resultados mostrados por el radar/láser se consideren como prueba en un juicio, ya que se carece de una adecuada legislación y; (III) los cambios climáticos.

El porcentaje de infracciones por exceso de velocidad por habitante indica que, mayoritariamente, los países mantienen porcentajes en torno al 5% de su población e incluso inferiores como los casos de Malta, Italia, España, Portugal y Suecia, con porcentajes menores al 2%, sin embargo es de destacar el caso de Holanda y Austria, en donde la campaña de control manifestó, en términos estadísticos, que aproximadamente un 45 y 25%, respectivamente del total de población fue sancionada durante 2004.

La magnitud de la diferencia entre los países se explica por un mayor esfuerzo en el control y severidad al aplicar las sanciones, así como en el número de dispositivos de vigilancia y control de la circulación, como es el caso de Finlandia e Irlanda, donde se utiliza el mayor número de dispositivos, 14 y 11 equipos por cada 100 mil habitantes.

Al igual que en la mayoría de los aspectos presentados, y a pesar de la similitud de límites de velocidad e importancia en términos de la seguridad vial para todos los países, el régimen sancionador por este concepto varía enormemente entre ellos. La multa varía entre los 200 euros en Grecia y los 5 mil euros en Luxemburgo; igualmente mientras Bélgica, Luxemburgo y Suecia contemplan penas de cárcel de más de un año, el resto de los países no aplican sanciones penales. Otra variación de la multa es el rango de velocidad excedida, para los primeros 16 km/h, la multa varía de 30 euros en Alemania a 143 euros en Italia y si se exceden los 21 km/h, la multa aumenta a 40 euros en Alemania e Italia mantiene los 143 euros.

En el caso de las carreteras federales, dentro de las demandas más relevantes están (I) el incremento de los patrullajes fijos y móviles, (II) la reducción de los tiempos de atención de emergencias, (III) sancionar más severamente a los infractores que excedan los límites de velocidad o conduzcan bajo efectos de alcohol o drogas, (IV) proponer mejoras en la infraestructura y operativos para el control del tránsito y (V) orientar, proteger y auxiliar a los usuarios de la red carretera. En nuestro país es indudable que la presencia física de la policía de caminos para sancionar al infractor es fundamental, ya que el uso de la tecnología como elemento sancionador, es reciente.

A pesar de no contar con datos precisos, se tiene la idea que los operativos que realiza la Policía Federal en las carreteras principales del país son acciones continuas y que contribuyen, de una manera u otra, a mantener o reducir los accidentes (número y severidad). De ahí la importancia de que estos operativos se deban reforzar en los tramos carreteros que constantemente presentan la mayor cantidad de accidentes. Lo anterior incluye los períodos vacacionales (Semana Santa, las vacaciones de verano y la temporada decembrina, principalmente).

Sin embargo para conocer cuál será el comportamiento del usuario en carreteras en el cumplimiento de las normas de seguridad vial, es evidente que la vigilancia policíaca juega un papel primordial. Para conseguir este objetivo existen tres maneras de lograrlo: el uso de tecnología de detección de infractores, mejorar la eficacia de las sanciones e incrementar la formación del conductor.

En las tecnologías de detección de los que incurren en faltas de tránsito, es importante tener claramente determinado el impacto que tendrá en los conductores la introducción de nuevas tecnologías, ya que algunos estudios indican que la eficacia no es igual en todos los países, algunos prefieren la presencia física de la policía como elemento sancionador y otros toleran que sea una máquina la que detecte la falta del conductor e imponga la sanción correspondiente [*Homel, 1988; Rothengatter, 1989*].

Se reconoce el uso de las multas y sanciones como mecanismo regulador del comportamiento del conductor, sin embargo este mecanismo tiene una serie de principios que hay que considerar, en la medida de lo posible, ya que puede afectar de manera importante a la eficacia o fracaso de la sanción, a su tolerancia y aceptación, y a su capacidad para modificar o inhibir el comportamiento del conductor. Las experiencias policíacas afirman que: (I) la sanción más eficaz es la que se aplica y se comunica de manera inmediata al infractor; (II) el efecto de la sanción económica debe ser proporcional al nivel de ingresos económicos del conductor; (III) la sanción económica inhibe, pero en la mayoría de los casos no modifica el comportamiento del conductor; (IV) la sanción no modificará la conducta si el conductor no conoce bien todos los peligros reales de su infracción; y (V) el infractor no debe percibir la sanción como una vía de recaudación económica. Es indudable que muchos más conductores circularían a velocidades mayores si supieran que la policía no realizará controles de velocidad en cierto tramo carretero, de ahí que con mínima posibilidad de que la policía realice el control tiene una influencia en el comportamiento del conductor. Este tipo de control tiene la finalidad de garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad y en consecuencia reducir los accidentes y su severidad.

El último aspecto relacionado con fomentar la formación, educación y capacitación, tiene unas implicaciones directas en el comportamiento del conductor que han sido reiteradamente sancionados y de los que han sufrido accidentes en múltiples ocasiones; sin embargo en estos casos es preciso reconocer que en el sistema sancionador, para estos dos tipos de conductores, no se ha considerado ningún tipo de medida que aporte alguna solución eficaz a este

problema. En este aspecto es importante realizar estudios para conocer el porqué de su tendencia a la infracción o al accidente y a partir de ahí desarrollar estrategias preventivas y educativas. En algunos estudios se menciona que el 5% de los conductores europeos están provocando el 25% de los accidentes y de las infracciones, lo que les ha llegado a significar pérdidas equivalentes al 0.20% del Producto Interno Bruto en esos países [*Montoro et al, 2000*].

Existen tres técnicas para el control de velocidad: (I) se emplean radares o pistolas láser que miden la velocidad media entre dos puntos y con zonas visibles de detección de vehículos por parte de la policía en zonas visibles; (II) se utilizan postes de observación y zonas habilitadas para la detección de vehículos; y (III) el estilo patrullaje o americano, en donde los agentes de policía controlan la velocidad desde el interior de su vehículo, utilizando un radar montado en la ventanilla del vehículo y una vez detectada la velocidad excesiva, el agente policíaco procede a la detección del vehículo mediante una señal o persecución y posteriormente levanta la infracción correspondiente (véase Figura 2.13).

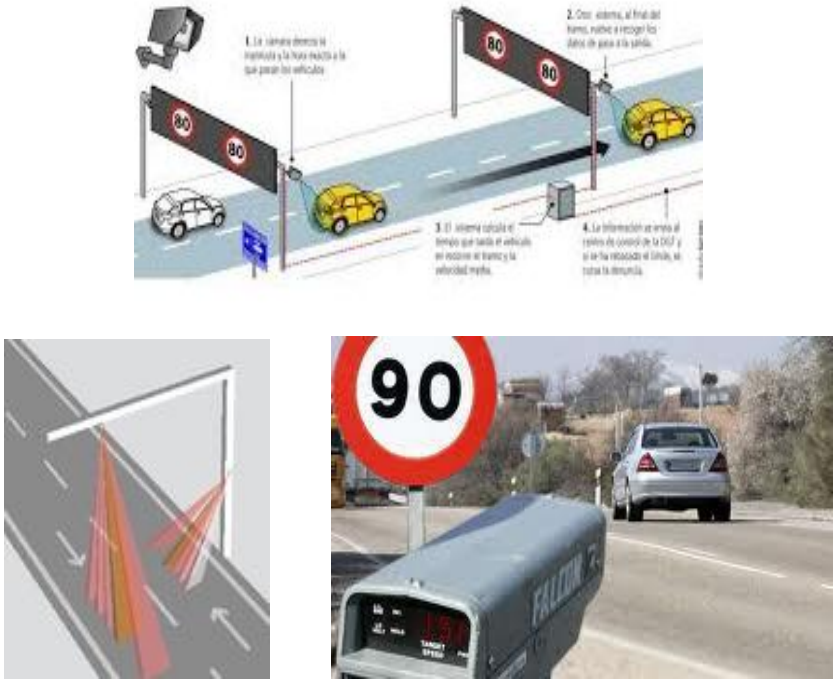


Figura 2.13 Diferentes técnicas para el control de la velocidad

Se afirma que no respetar los límites de velocidad es la infracción más común, no obstante que en la práctica sólo se detecta una mínima parte de los infractores. Estimaciones afirman que tres de cada diez mil incidentes de excesos de velocidad son detectados y otra afirma que el riesgo de resultar detenido por la policía por no respetar los límites de velocidad es de uno entre mil. Instalar cámaras para el control automatizado de la velocidad tiene el propósito de aumentar la intensidad del control mediante la aplicación de tecnología sin la necesidad de la presencia física de la policía.

La técnica para el control automático de la velocidad está diseñada para detectar al infractor e identificar al vehículo de manera automática, es decir, se toma una fotografía, enfocando la parte delantera del vehículo para captar al conductor y las placas del vehículo, en ocasiones también se pueden tomar la parte trasera (véase Figura 2.14).

Figura 2.14 Ejemplo de un fotografía tomada a un vehículo infractor

2.7 Propuesta de estaciones para el control de la velocidad

En la propuesta de las estaciones fijas automatizadas piloto para el control de la velocidad, se consideraron los registros de la PF, referentes a los accidentes ocasionados por la velocidad excesiva que, como se ha mencionado, es la principal causa de accidentes y una de las infracciones más comunes. En esta propuesta se define la ubicación exacta de una serie de sitios para instalar un sistema de toma de velocidades que circulan en las principales carreteras que acceden a la Ciudad de México.

Para determinar la accidentalidad en las autopistas que ingresan a la Ciudad de México se utilizaron las bases de datos de accidentes ocurridos de 2008 a 2010 del SAADA (Sistema de Adquisición y Administración de Datos de Accidentes) [*SAADA, 2010, SAADA, 2011 y SAADA, 2012*]; ya que a la fecha los datos del 2011 y 2012 están siendo procesados. La información se dividió por tramos carreteros, de acuerdo a la clasificación que utiliza la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) de la SCT y se separó por sentidos de circulación, indicando los kilometrajes de inicio y terminación, así como el TDPA para 2010.

La metodología seguida para ubicar los sitos idóneos para la instalación de las estaciones fijas automatizadas para el control de la velocidad fue:

A. Revisar las bases de datos del SAADA y de acuerdo con la información recopilada para cada percance, determinar el sentido de circulación en el que se sucedió el hecho de tránsito.

B. Generar una nueva base de datos que incluya los percances ocurridos durante 2008, 2009 y 2010.

C. Seleccionar aquellos percances en los que, de acuerdo al reporte policial, se reporta el exceso de velocidad como una de las causas del siniestro.

D. Identificar las características del entorno, de diseño y del señalamiento, así como la identificación de tramos donde la velocidad es restringida, el registro de velocidades y comparación con los límites de velocidad

E. Realizar una fase piloto acompañado de campañas informativas.

F. Efectuar monitoreo y seguimiento a la fase piloto.

Los resultados obtenidos a nivel carretera se refieren a la vinculación entre los accidentes y la velocidad excesiva como causa principal del mismo, incluyendo víctimas (muertos y lesionados).

Para la identificación de los sitios piloto, primero se analizaron las autopistas México-Querétaro, México-Puebla, México-Cuernavaca, México-Toluca y México-Tizayuca y el tramo libre de la carretera México-Toluca, obteniéndose información para un total de 3,285 accidentes con un saldo de víctimas de 589 muertos y 4,279 lesionados. Del total de accidentes y víctimas, el 69 y 72% respectivamente tienen registrado como causa principal del accidente la velocidad excesiva.

A continuación las Tablas 2.2 a 2.6 muestran el total de los tramos por sentido de circulación de las autopistas arriba mencionadas, señalando con negrita los tramos propuestos para la instalación del dispositivo de control de velocidad, ya que en ellos se registró un elevado porcentaje de accidentes a causa del exceso de velocidad.

Para el caso de la carretera México-Toluca, el tramo T. Der. Huixquilucan - X.C. (Amomolulco-Santiago Tianguistenco) del km 34+000 al 46+400, sentido 1 registra saldos de 147 accidentes, 21 muertos y 139 lesionados; del total de accidentes, muertos, y lesionados, el 78, 95 y 88%, respectivamente, están asociados a la velocidad excesiva.

Dentro de este primer análisis también se hizo un desglose de la accidentalidad y sus saldos distribuidos por kilómetro a lo largo de cada una de las carreteras seleccionadas que ingresan a la Ciudad de México, separando los saldos por sentido de circulación. Para ello, se elaboraron unas gráficas por sentido de circulación de las principales carreteras que unen a la Ciudad de México con las ciudades adyacentes más importantes (Querétaro, Pachuca, Puebla, Cuernavaca y Toluca).

Al observar las gráficas que representan la totalidad del kilometraje por sentido de cada carretera, se observa que en la mayoría de las mismas se reportan percances relacionados con el exceso de velocidad a lo largo de toda la trayectoria, registrándose picos importantes, siendo analizados de manera particular más adelante.

Tabla 2.2 Información de la siniestralidad registrada por el exceso de velocidad en la autopista México-Querétaro, por tramos

Nombre del tramo	Km Inicial	Km final	TDPA 2010	Sentido	Saldos totales			Reportan velocidad excesiva (%)		
					Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados	Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados
Lím. Edos. D.F./Méx. - Caseta Tepotzotlán	11+300	43+200	44,648	1	131	18	148	*58.8*	*66.7*	*58.1*
				2	135	14	119	*58.5*	*78.6*	*58.0*
Caseta Tepotzotlán - Entronque Jorobas	43+200	56+200	60,031	1	35	13	83	*57.1*	*53.8*	*62.7*
				2	43	11	79	*65.1*	*72.7*	*86.1*
Entronque Jorobas - Lím. Edos. Méx./Hgo.	56+200	60+000	53,835	1	4	3	8	*75.0*	*66.7*	*62.5*
				2	12	2	21	*66.7*	*50.0*	*76.2*
Lím. Edos. Méx./Hgo. - T. Der. Tepeji del Río	60+000	69+400	46,850	1	17	3	8	*76.5*	*100.0*	*87.5*
				2	16	3	11	*87.5*	*100.0*	*54.5*
T. Der. Tepeji del Río - Lím. Edos. Hgo./Méx.	69+400	86+000	34,243	1	20	5	25	*65.0*	*80.0*	*80.0*
				2	52	21	136	*78.8*	*90.5*	*86.0*
Lím. Edos. Hgo./Méx. - X. C. (Jilotepec - Maravillas)	**86+000**	**107+000**	34,909	1	45	10	39	*57.8*	*40.0*	*76.9*
				2	**78**	**23**	**147**	***80.8***	***82.6***	***87.8***
X. C. (Jilotepec - Maravillas) - Lím. Edos. Méx./Qro.	**107+000**	**145+800**	37,717	**1**	**107**	**32**	**187**	***74.8***	***78.1***	***72.7***
				2	47	11	74	*68.1*	*72.7*	*79.7*
Lím. Edos. Méx./Qro. - Caseta "Palmillas"	145+800	147+900	42,075	1	9	0	17	*77.8*	*0.0*	*64.7*
				2	5	0	9	*20.0*	*0.0*	*0.0*
Caseta "Palmillas" - T. Izq. Toluca	147+900	148+500	32,767	1	2	0	1	*50.0*	*0.0*	*0.0*
				2	1	0	0	*100.0*	*0.0*	*0.0*
T. Izq. Toluca - T. Der. Ote. San Juan del Río	148+500	158+100	43,278	1	42	6	40	*66.7*	*83.3*	*65.0*
				2	42	12	35	*59.5*	*83.3*	*80.0*
T. Der. Ote. San Juan del Río - T. Der. Pte. San Juan del Río	158+100	164+100	52,402	1	42	7	33	*61.9*	*71.4*	*87.9*
				2	40	1	26	*75.0*	*100.0*	*80.8*
T. Der. Pte. San Juan del Río - T. Izq. Acámbaro	164+100	170+500	52,402	1	27	6	27	*88.9*	*100.0*	*96.3*
				2	24	5	27	*62.5*	*100.0*	*44.4*
T. Izq. Acámbaro - T. Der. Libramiento Noreste de Querétaro	170+500	191+800	50,610	1	108	19	110	*73.1*	*84.2*	*72.7*
				2	92	12	54	*72.8*	*83.3*	*74.1*
T. Der. Libramiento Noreste de Querétaro - T. Der. Lib. Norte de Querétaro	191+800	207+600	62,922	1	127	19	75	*63.8*	*89.5*	*78.7*
				2	100	8	59	*62.0*	*62.5*	*67.8*

TDPA: *Tránsito Diario Promedio Anual*, X.C. *cruce carretero*,

T. Der. *entronque derecha*, T. Izq. *entronque izquierda*

Fuente: elaboración propia, a partir de las bases de datos del SAADA 2008 a 2010

Tabla 2.3 Información de la siniestralidad registrada por el exceso de velocidad en la autopista México-Puebla, por tramos

Nombre del tramo	Km Inicial	Km final	TDPA 2010	Sentido	Saldos totales			Reportan velocidad excesiva (%)		
					Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados	Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados
México - Lim. Edos. D.F./Méx.	15+400	17+700	124,366	2	12	0	15	*66.7*	*0.0*	*60.0*
Lím. Edos. D.F./Méx. - X. C. (Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros)	17+700	30+500	96,815	1	127	9	176	*75.6*	*77.8*	*72.7*
				2	169	19	307	*74.0*	*63.2*	*84.7*
X. C. (Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros) - Caseta San Marcos	30+500	32+500	31,771	1	11	2	15	*36.4*	*100.0*	*66.7*
				2	10	1	6	*40.0*	*0.0*	*83.3*
Caseta San Marcos - T. Izq. Río Frío	**32+500**	**63+000**	26,299	1	76	15	105	*73.7*	*40.0*	*69.5*
				2	**203**	**44**	**480**	***84.2***	***38.6***	***74.0***
T. Izq. Río Frío - Lím. Edos. Méx./Pue.	63+000	63+100	38,271	1	1	0	6	*100.0*	*0.0*	*100.0*
				2	1	0	0	*100.0*	*0.0*	*0.0*
Lím. Edos. Méx./Pue. - T. Izq. Tlaxcala	**63+100**	**89+600**	31,524	**1**	**82**	**25**	**123**	***84.1***	***88.0***	***84.6***
				2	44	15	47	*65.9*	*66.7*	*85.1*
T. Izq. Tlaxcala - Puebla	89+600	122+900	34,541	1	89	22	85	*62.9*	*72.7*	*88.2*
				2	99	11	109	*60.6*	*54.5*	*64.2*

X.C. *cruce carretero,* T. Der. *entronque derecha*, T. Izq. *entronque izquierda*
Fuente: elaboración propia, a partir de las bases de datos del SAADA 2008 a 2010

Tabla 2.4 Información de la Siniestralidad registrada por el exceso de velocidad en la Autopista México-Cuernavaca, por tramos

Nombre del tramo	Km Inicial	Km final	TDPA 2010	Sentido	Saldos totales			Reportan velocidad excesiva (%)		
					Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados	Acci-dentes	Mue-rtos	Lesio-nados
T. C. (México - Cuernavaca) - Caseta de cobro	18+600	23+300	32,708	1	14	4	14	*35.7*	*0.0*	*35.7*
				2	14	3	17	*64.3*	*100.0*	*64.7*
Caseta de cobro - Paradero Topilejo	23+300	31+000	32,742	1	17	2	24	*58.8*	*0.0*	*70.8*
				2	33	3	42	*60.6*	*100.0*	*66.7*
Paradero Topilejo - Lím. Edos. D.F./Mor.	31+000	47+100	32,742	1	17	5	14	*47.1*	*40.0*	*28.6*
				2	34	8	49	*79.4*	*87.5*	*79.6*
Lím. Edos. D.F./Mor. - T. Izq. Cuautla	**47+100**	**70+700**	34,371	**1**	**116**	**15**	**98**	***86.2***	***86.7***	***88.8***
				2	29	2	22	*75.9*	*100.0*	*90.9*
T. Izq. Cuautla - T. Izq. Libramiento de Cuernavaca	70+700	80+100	34,947	1	38	15	43	*81.6*	*86.7*	*62.8*
				2	11	5	10	*54.5*	*80.0*	*50.0*

T. C. *entronque carretero*, T. Izq. *entronque izquierda*
Fuente: elaboración propia, a partir de las bases de datos del SAADA 2008 a 2010

Tabla 2.5 Información de la siniestralidad registrada por el exceso de velocidad en la autopista México-Toluca, por tramos

Nombre del tramo	Km Inicial	Km final	TDPA 2010	Sentido	Saldos totales			Reportan velocidad excesiva (%)		
					Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados	Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados
T. C. (México - Toluca (Libre) (Puente Conafrut)) - Caseta de cobro	11+600	22+200	50,106	1	20	11	34	75.0	72.7	94.1
				2	33	10	47	90.9	90.0	93.6
Caseta de cobro - Lím. Edos. D.F./Méx.	22+200	30+700	53,858	1	5	0	11	80.0	0.0	72.7
				2	14	9	38	78.6	77.8	94.7
Lím. Edos. D.F./Méx. - T. C. (México - Toluca (Libre) (La Marquesa))	30+700	31+200	42,063	1	1	0	7	0.0	0.0	0.0
				2	1	0	2	100.0	0.0	100.0

T.C. *entronque carretero*

Fuente: elaboración propia, a partir de las bases de datos del SAADA 2008 a 2010

Tabla 2.6 Información de la siniestralidad registrada por el exceso de velocidad en la Autopista México-Tizayuca, por tramos

Nombre del tramo	Km Inicial	Km final	TDPA 2010	Sentido	Saldos totales			Reportan velocidad excesiva (%)		
					Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados	Acci-dentes	Muer-tos	Lesio-nados
T. C. (México - Pachuca (Libre)) - Entronque Morelos	8+000	23+300	80,564	1	75	6	125	*62.7*	*83.3*	*50.4*
				2	90	7	192	*64.4*	*100.0*	*67.2*
Entronque Morelos - T. Izq. Tecámac	**23+300**	**36+400**	43,623	1	25	4	24	*56.0*	*50.0*	*62.5*
				2	**57**	**15**	**102**	***75.4***	***66.7***	***65.7***
T. Izq. Tecámac - Lím. Edos. Méx./Hgo.	36+400	47+100	24,812	1	19	7	33	*73.7*	*85.7*	*78.8*
				2	23	4	32	*95.7*	*100.0*	*100.0*
Lím. Edos. Méx./Hgo. - X. C. (Otumba - Tizayuca)	47+100	52+000	26,354	1	3	0	2	*66.7*	*0.0*	*100.0*
				2	3	0	8	*66.7*	*0.0*	*50.0*
X. C. (Otumba - Tizayuca) - T. C. (México - Pachuca (Libre))	52+000	58+000	25,645	1	6	1	4	*83.3*	*100.0*	*100.0*
				2	5	2	3	*80.0*	*100.0*	*33.3*

T.C. *entronque carretero,* X.C. *cruce carretero*, T. Izq. *entronque izquierda*

Fuente: elaboración propia, a partir de las bases de datos del SAADA 2008 a 2010

En la autopista México-Querétaro es importante señalar que no se tiene información de percances en los que se identifique el exceso de velocidad como una de sus causas en el tramo inicial que comprende desde el kilómetro 0 hasta el kilómetro 25 (esto es debido a que el tramo mencionado no es vigilado por la PF,

ya que se encuentra dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México). De esta autopista es importante señalar que no se tienen zonas preponderantes con exceso de velocidad debido a que la distribución de percances se presenta a todo lo largo de la misma, pero se observan picos muy importantes en cuanto a las víctimas se refiere, siendo el más impactante del kilómetro 80 en el sentido 2, Querétaro a México que reporta siete percances dejando un saldo de ocho muertos y más de 60 lesionados. Así como éste, se presentan otros casos, de los cuales se darán más detalles en el análisis por tramos (véase Figura 2.15 y 2.16).

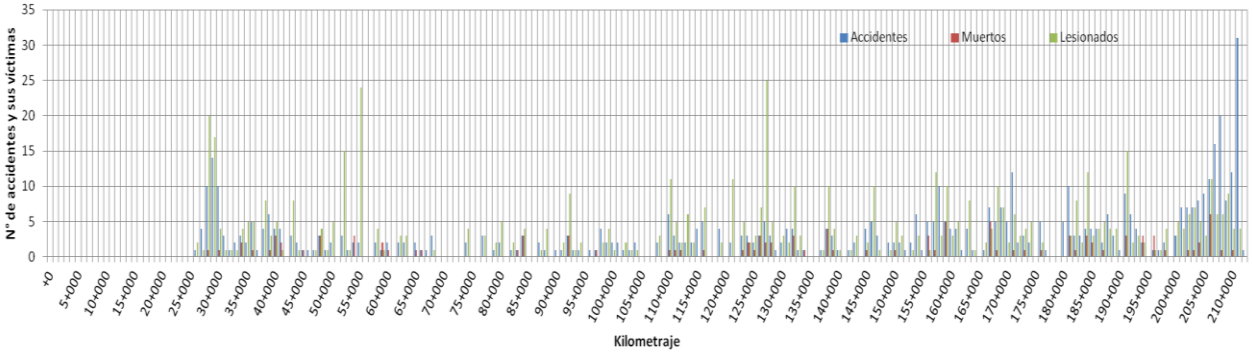


Figura 2.15 Saldos por kilómetro en la autopista México-Querétaro, sentido 1

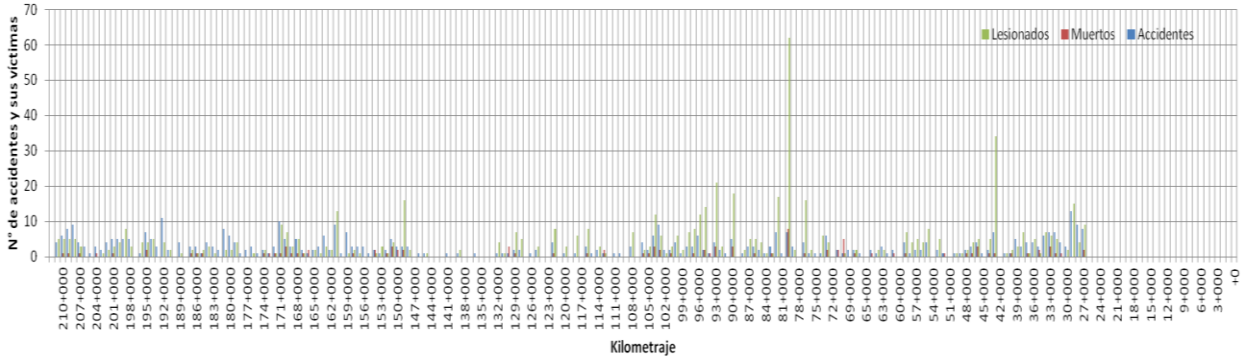


Figura 2.16 Saldos por kilómetro en la autopista México-Querétaro, sentido 2

En cuanto a la autopista México-Puebla se reportan percances en prácticamente todo el recorrido en ambos sentidos. De igual forma se observa que la mayoría de los percances, que reportan exceso de velocidad como una de sus causas, presentan víctimas. En el sentido 1, México a Puebla, se observan dos grandes picos de siniestralidad, ubicándose el primero desde el kilómetro 21 hasta el 31, y el segundo en el tramo comprendido entre los kilómetros 57 y 73; mismos que se analizarán más adelante. Respecto al sentido 2, Puebla a México, también se observan dos grandes picos, ubicado el primero entre los kilómetros 54 y 40; y el segundo entre los kilómetros 29 y 17, coincidiendo éste con el pico del otro sentido, es decir, el tramo de autopista comprendido entre los kilómetros 17 y 31 es de alta accidentalidad y severidad (véase Figuras 2.17 y 2.18).

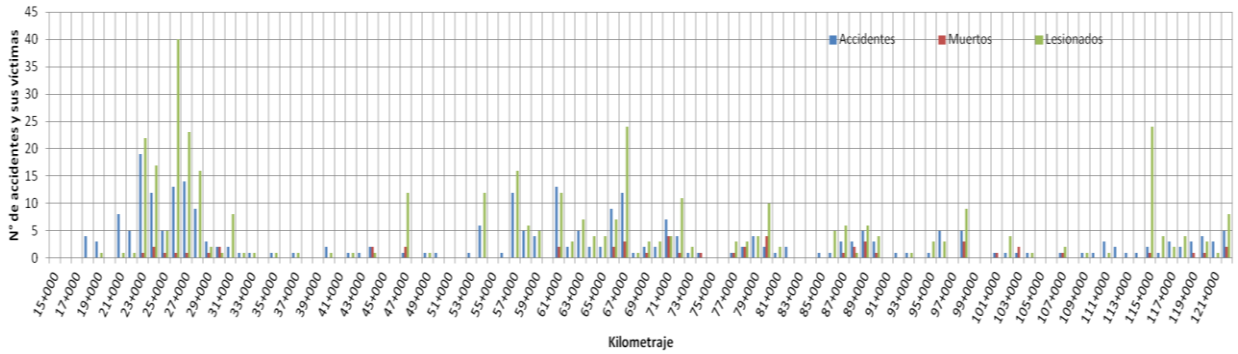


Figura 2.17 Saldos por kilómetro en la autopista México-Puebla, sentido 1

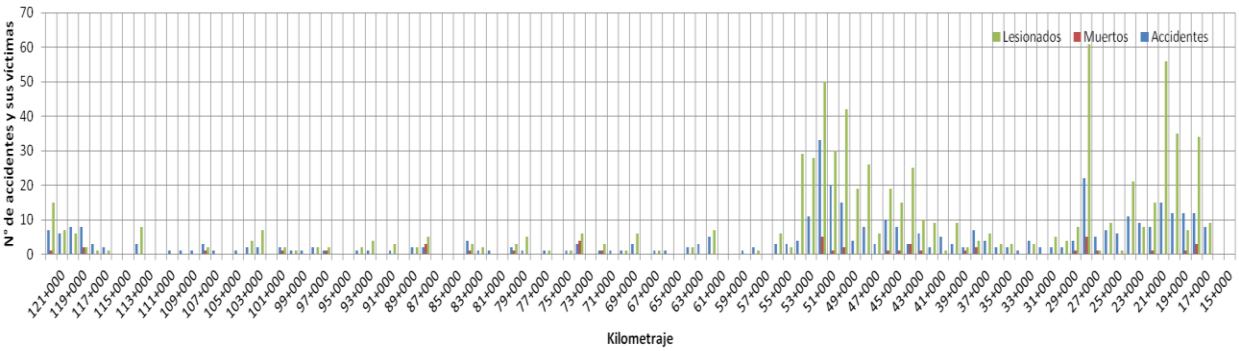


Figura 2.18 Saldos por kilómetro en la autopista México-Puebla, sentido 2

En la autopista México-Querétaro, en la carretera libre México-Cuernavaca no se cuenta con registro de hechos de tránsito relacionados con el exceso de velocidad desde el kilómetro 0 hasta el kilómetro 17 en ambos sentidos (es el mismo caso que en la carretera México-Querétaro, donde la PF no vigila este tramo por encontrarse dentro de la zona urbana de la Ciudad de México). En ambos sentidos el principal pico de siniestralidad y víctimas se presenta entre los kilómetros 19 y 37, siendo en el kilómetro 22 (en el sentido 1, México-Cuernavaca) y en el 21 (del sentido 2, Cuernavaca-México) los que concentran la mayor cantidad de lesionados con 10 y 18, respectivamente (véase Figuras 2.19 y 2.20).

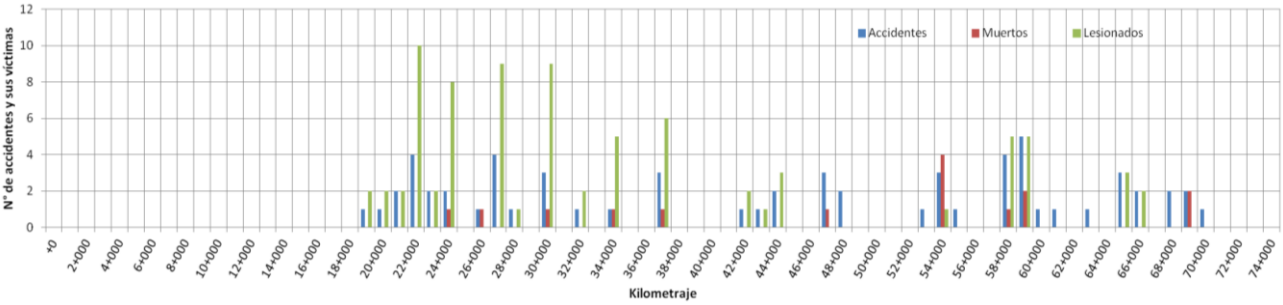


Figura 2.19 Saldos por kilómetro en la carretera México-Cuernavaca, sentido 1

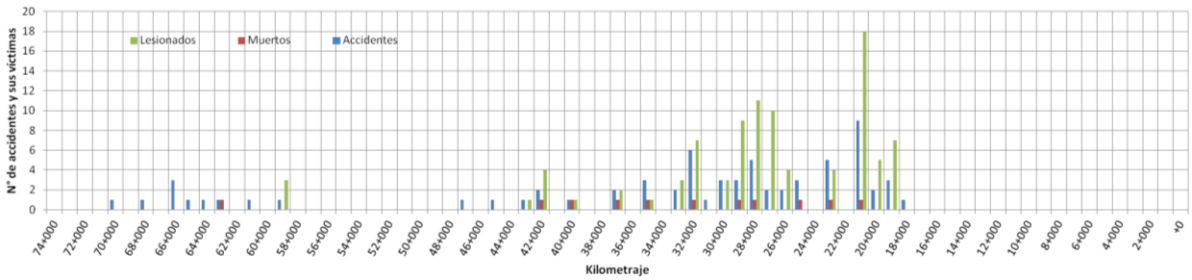


Figura 2.20 Saldos por kilómetro en la carretera México-Cuernavaca, sentido 2

En lo que se refiere a la autopista México-Cuernavaca, se observan algunos tramos sin percances relacionados con el exceso de velocidad. En el sentido México-Cuernavaca se observa que la distribución de los hechos de tránsito se concentra mayormente después del kilómetro 43, manteniendo la frecuencia hasta el 80. En cambio, para el sentido Cuernavaca-México, la mayoría de los siniestros se presenta entre los kilómetros 38 y 19. Es importante señalar que el kilómetro 51+000, en ambos sentidos, reporta una gran cantidad de lesionados siendo estos más de 30 en conjunto (véase Figuras 2.21 y 2.22).

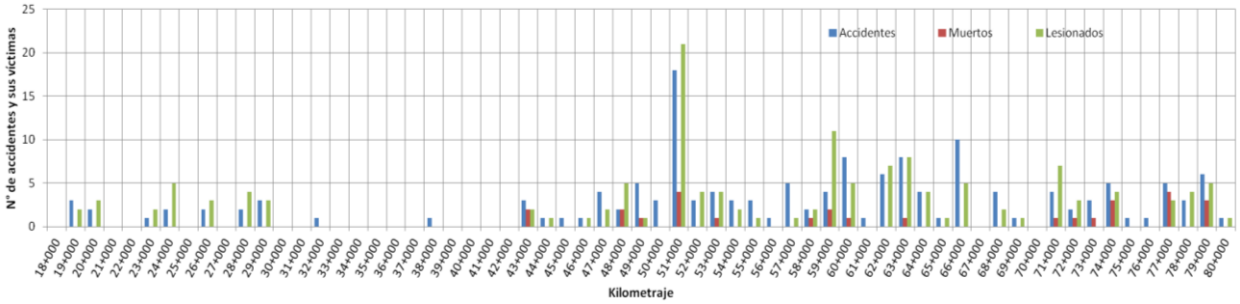


Figura 2.21 Saldos por kilómetro en la autopista México-Cuernavaca, sentido 1

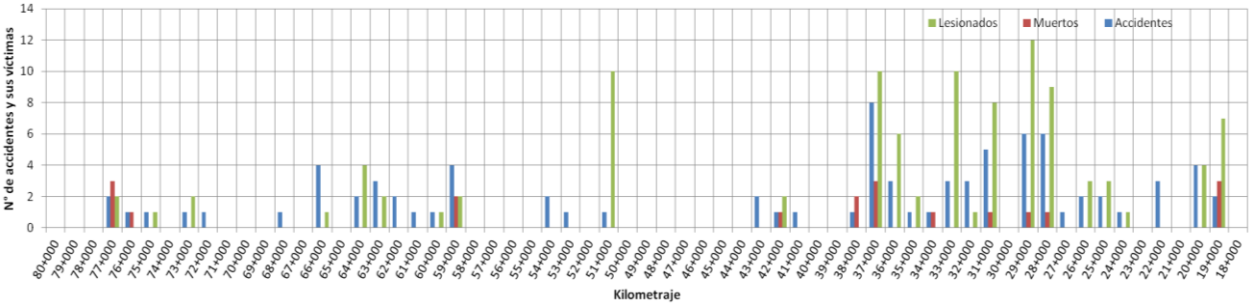


Figura 2.22 Saldos por kilómetro en la autopista México-Cuernavaca, sentido 2

En la carretera libre México-Pachuca los percances se distribuyen entre los kilómetros 27 y 77 en ambos sentidos y que corresponde al tramo vigilado por la PF; siendo los kilómetros 43, 56, 64 y 75 en el sentido 1, México a Pachuca, los que reportan más de 10 lesionados; mientras que en el sentido 2 es el kilómetro 60 el que reporta la mayor cantidad de percances y víctimas con 15 siniestros que dejaron un saldo de 12 muertos y 22 lesionados; los kilómetros 56, 44 y 27 también reportan 15 o más lesionados (véase Figuras 2.23 y 2.24).

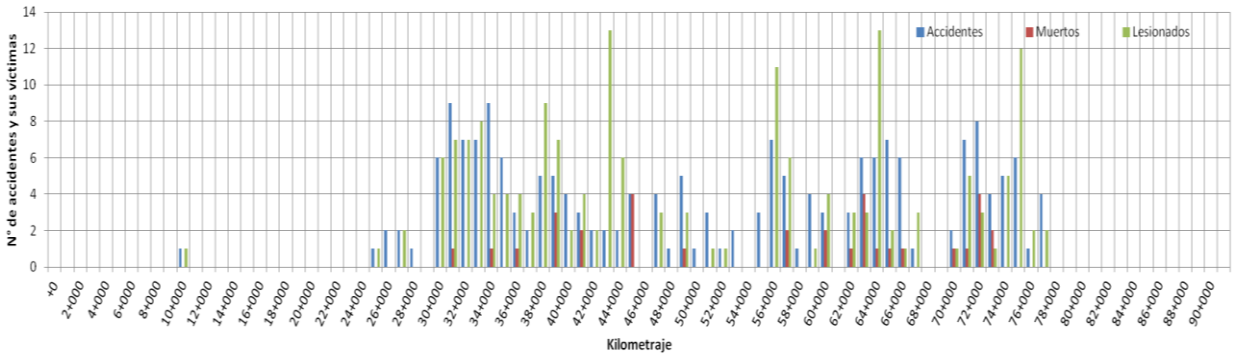


Figura 2.23 Saldos por kilómetro en la carretera México-Pachuca, sentido 1

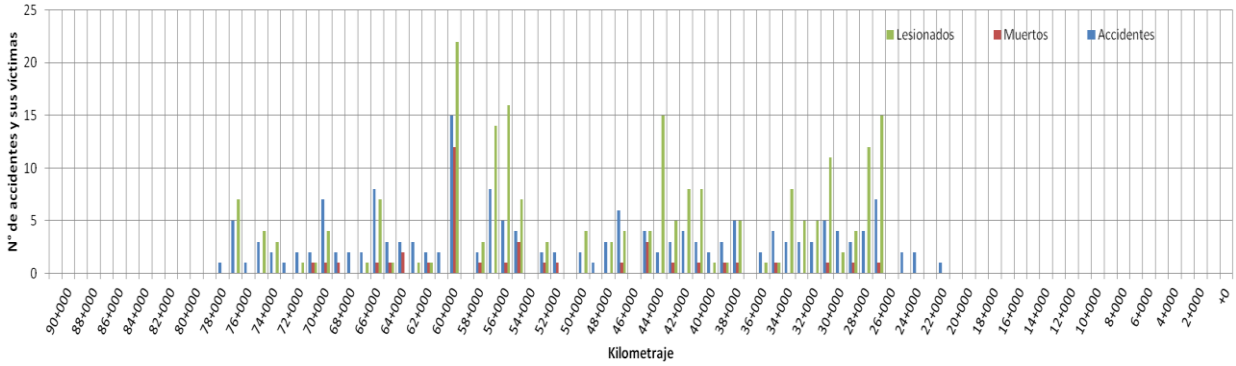


Figura 2.24 Saldos por kilómetro en la carretera México-Pachuca, sentido 2

Para la autopista México-Pachuca en el sentido 1, México a Pachuca se observan dos picos importantes, mismos que registraron la mayor cantidad de lesionados, siendo más de 12 en el kilómetro 18+000 y sobrepasando los 20 lesionados en el kilómetro 22. Respecto al sentido 2, Pachuca a México, se observa que la mayor cantidad de lesionados se presenta en dos picos, el primero comprendido entre los kilómetros 29 y 26; mientras que el segundo pico abarca desde el kilómetro 22 hasta el 11. La mayor cantidad de muertos se contabilizó en el kilómetro 29 dejando un total de cuatro personas fallecidas (véase Figuras 2.25 y 2.26).

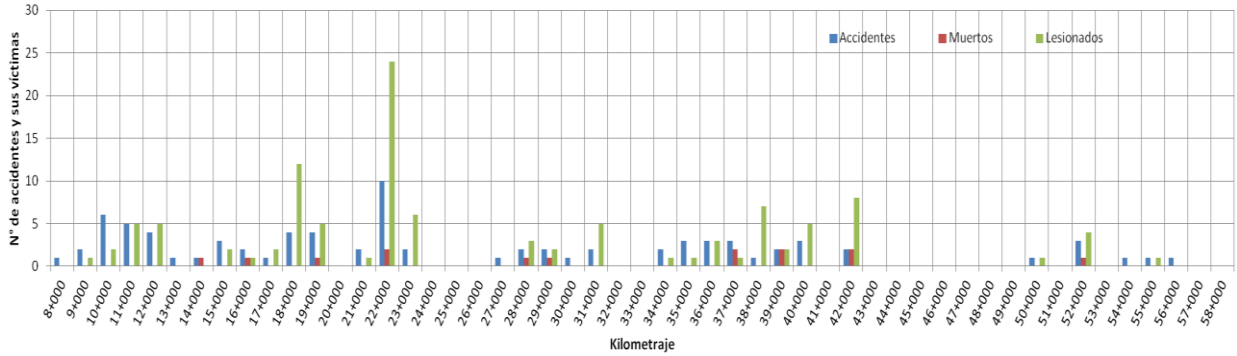


Figura 2.25 Saldos por kilómetro en la autopista México-Pachuca, sentido 1

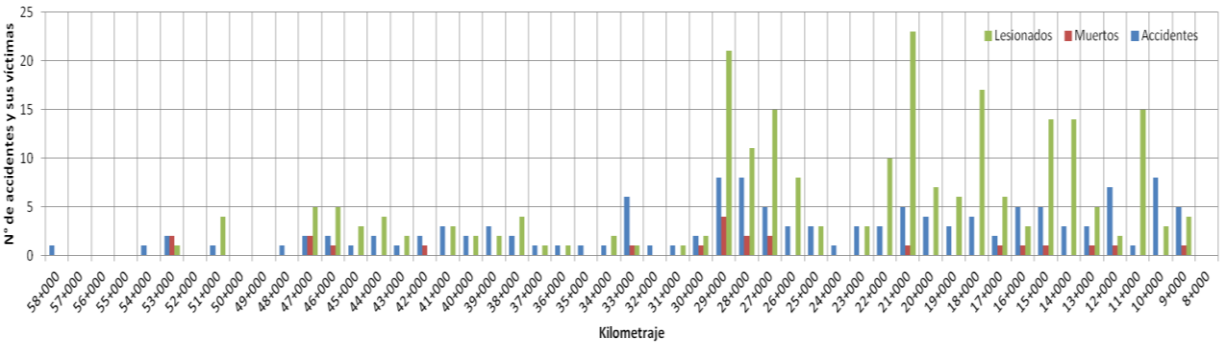


Figura 2.26 Saldos por kilómetro en la autopista México-Pachuca, sentido 2

Respecto a la carretera libre México Toluca cabe mencionar que la PF tiene a su cargo la vigilancia a partir del kilómetro 22 hasta el 52, por lo tanto el análisis de accidentes se acota a dicho tramo. En el sentido 1, México a Toluca, se observa que entre los kilómetros 25 y 30 no registra percances graves dejando un saldo de cero víctimas; pero en el kilómetro 24 se reportan más de 10 lesionados, y a partir del kilómetro 31 se reportan más de cinco percances por kilómetro dejando saldos que van desde un muerto hasta más de 20 lesionados. En el sentido 2, Toluca a México, se observa una distribución más homogénea con tres grandes picos reportando más de cinco percances con un saldo que va desde 3 muertos y 15 lesionados en los 11 percances registrados en el kilómetro 49, hasta los dos muertos y más de 20 lesionados en los cinco percances del kilómetro 25 (véase Figuras 2.27 y 2.28).

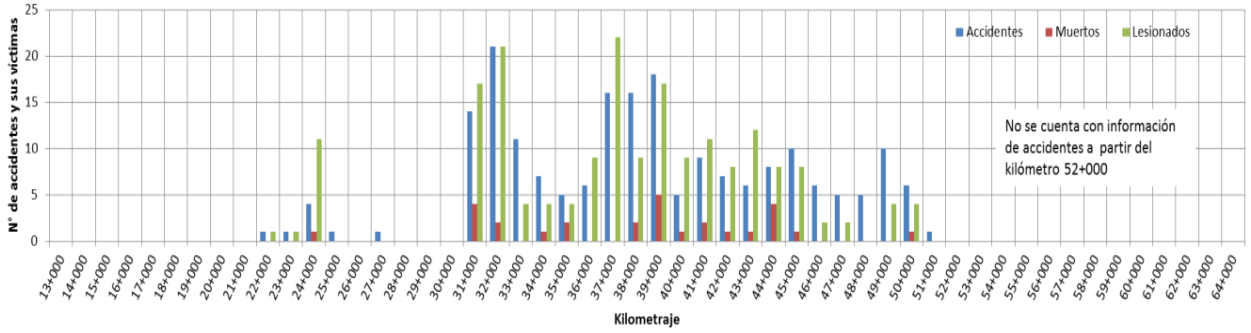


Figura 2.27 Saldos por kilómetro en la carretera México-Toluca, sentido 1

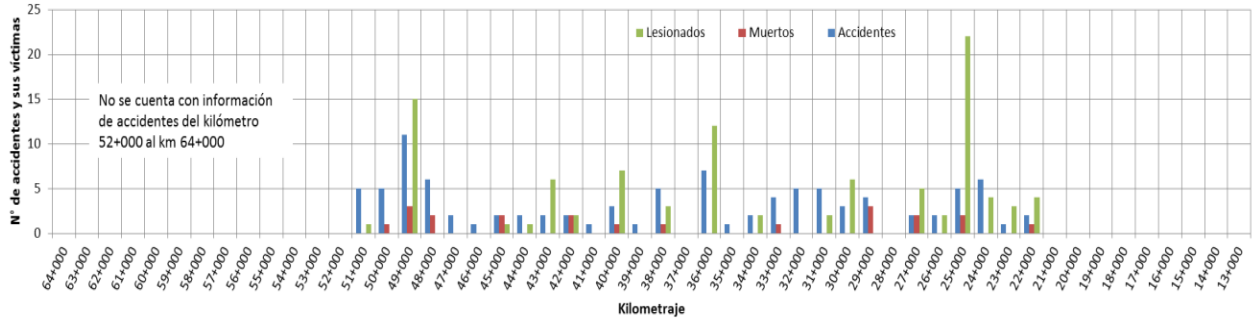


Figura 2.28 Saldos por kilómetro en la carretera México-Toluca, sentido 2

Finalmente, en la autopista México-Toluca se observa que los percances tienden a ser más severos, dado que se registran grandes cantidades de víctimas en pocos percances, siendo los picos más importantes el del kilómetro 17 en el sentido 1, México a Toluca con ocho percances que dejaron un saldo de cuatro muertos y más de 25 lesionados; mientras que para el sentido 2, Toluca a México, son el kilómetro 30 y 22, con más de 25 y 10 lesionados, respectivamente; mientras que el kilómetro 15 registró la mayor cantidad de muertos, con cuatro fallecidos (véase Figuras 2.29 y 2.30).

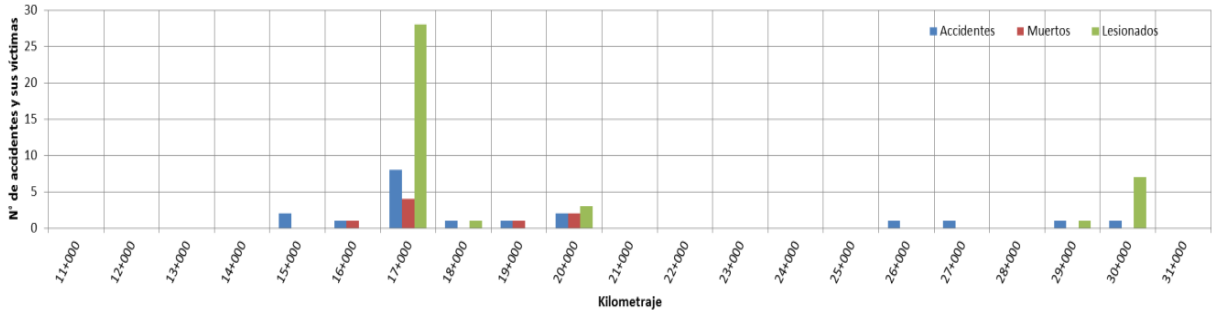


Figura 2.29 Saldos por kilómetro en la autopista México-Toluca, sentido 1

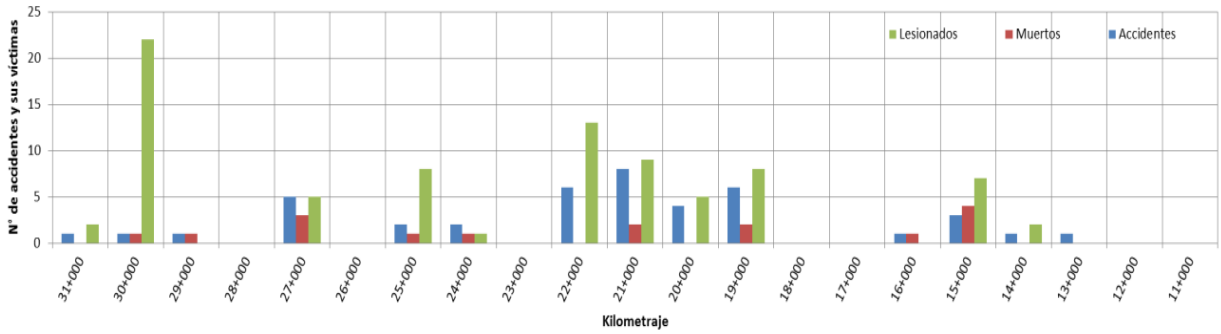


Figura 2.30 Saldos por kilómetro en la autopista México-Toluca, sentido 2

La segunda parte del análisis aborda los siete tramos carreteros que reportan una mayor accidentalidad, mortalidad y morbilidad atribuibles a la velocidad excesiva para el periodo de 2008 a 2010, distribuidos de igual forma por kilómetro y sentido de circulación. Estos tramos son:

1. Autopista México-Querétaro. Lím. Edos. Hgo./Méx. - Cruce carretero (Jilotepec - Maravillas) del km 86+000 al 107+000, sentido 2
2. Autopista México-Querétaro. Cruce carretero (Jilotepec - Maravillas) - Lím. Edos. Méx./Qro. del km 107+000 al 145+800, sentido 1
3. Autopista México-Puebla. Caseta San Marcos - Entronque izquierdo a Río Frío del km 32+500 al 63+000, sentido 2
4. Autopista México-Puebla. Lím. Edos. Méx./Pue. - Entronque izquierdo a Tlaxcala del km 63+100 al 89+600, sentido 1

5. Autopista México-Cuernavaca. Lím. Edos. D.F./Mor. - Entronque izquierdo a Cuautla del km 47+100 al 70+700, sentido 1
6. Carretera México-Toluca libre. Entronque derecho a Huixquilucan - Cruce carretero (Amomolulco-Santiago Tianguistenco) del km 34+000 al 46+400, sentido 1
7. Autopista México-Tizayuca. Entronque Morelos - Entronque izquierdo a Tecámac del km 23+300 al 36+400, sentido 2

La Figura 2.31 muestra los saldos del primer tramo de la autopista México-Querétaro se ubica del kilómetro 86 al 107 en el sentido 2, Querétaro a México; en este tramo se observa que la mayor cantidad de percances se reportó en el kilómetro 103, pero que la mayor cantidad de lesionados se presenta en los kilómetros 93 y 90 ascendiendo a más de 35 lesionados en conjunto.

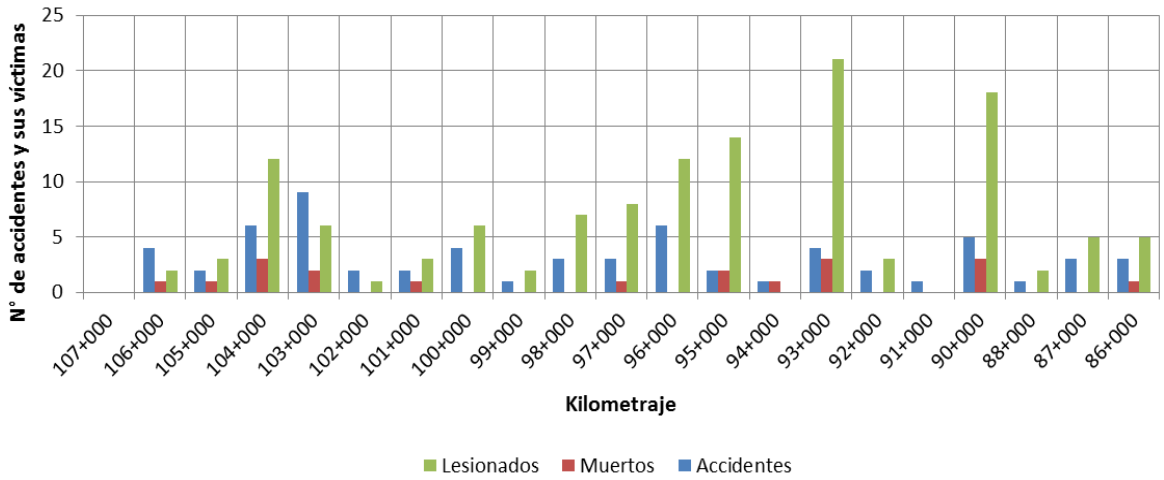


Figura 2.31 Saldos por kilómetro del tramo Lím. Edos. Hgo./Méx. - X. C. (Jilotepec - Maravillas) de la autopista México-Querétaro, sentido 2 (km 86 al 107)

El segundo tramo estudiado es el comprendido entre los kilómetros 107 y 145+080 en el sentido 1, México a Querétaro, es decir, en el tramo cruce carretero (Jilotepec-Maravillas) – Lím. Edos. Méx./Qro. En él se observa una distribución más o menos regular en cuanto a percances se refiere, presentándose de uno a cinco percances en cada kilómetro, mientras que la mayor cantidad de muertos se reporta en los kilómetros 126, 132 y 138. En cuanto a los lesionados son cinco los kilómetros que reportan un saldo de 10 o más, siendo el kilómetro 127 el que reporta la mayor cantidad con 25 personas lesionadas (véase Figura 2.32).

El tramo comprendido entre los kilómetros 32+500 y 63+000 de la autopista México-Puebla, en el sentido 2, Puebla a México, se observa que se registran percances en toda la longitud, observando una importante concentración entre los kilómetros 54 y 44, siendo el kilómetro 52 el que registra la mayor siniestralidad con más de 30 percances que dejaron un saldo de cinco personas muertas y 50 lesionadas (véase Figura 2.33).

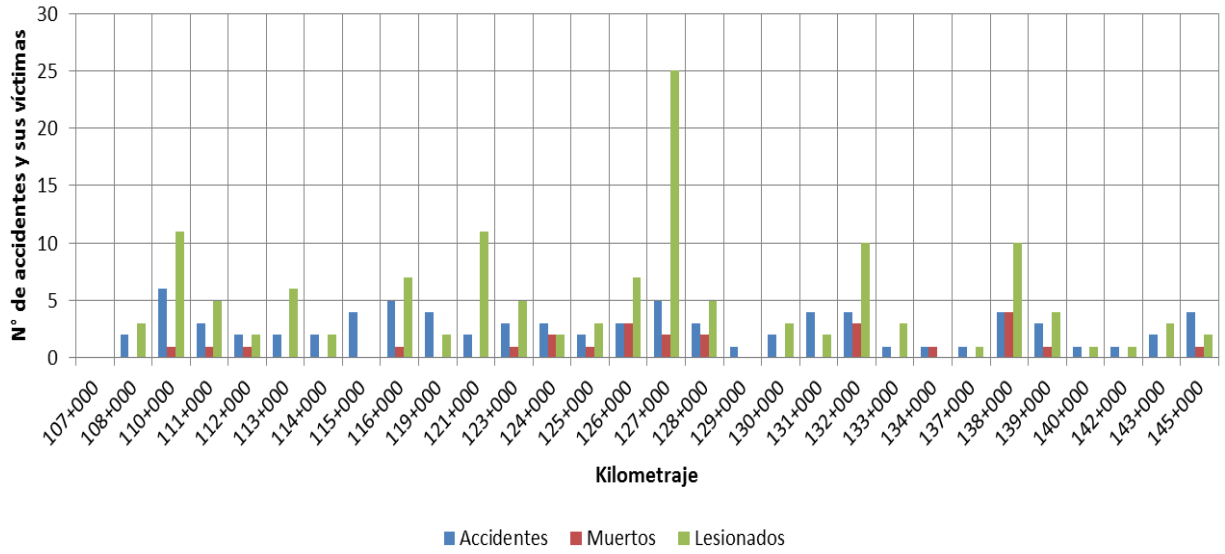


Figura 2.32 Saldos por kilómetro del tramo X. C. (Jilotepec - Maravillas) Lím. Edos. Méx./Qro. de la autopista México-Querétaro, sentido 1 (km 107 al 145)

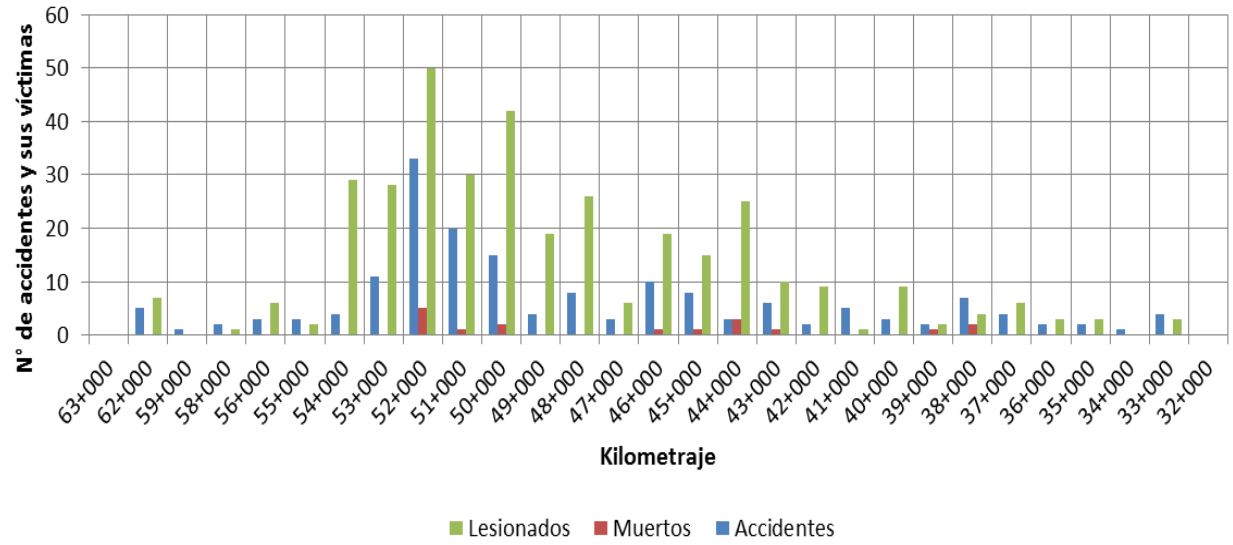


Figura 2.33 Saldos por kilómetro del tramo Caseta San Marcos- T. Izq. Río Frío de la autopista México-Puebla, sentido 2 (km 63 al 32)

En la Figura 2.34 se muestran los saldos del cuarto tramo, delimitado por los kilómetros 63+100 y 89+600 en el sentido México a Puebla de la autopista; se observa que el kilómetro que reporta mayor incidencia de percances relacionados con el exceso de velocidad es el 67 registrando 12 siniestros de tránsito, mismos que dejaron un saldo de tres personas muertas y 24 lesionados, mientras que los kilómetros 71 y 80 reportan la mayor cantidad de fallecidos, registrando cuatro en cada caso.

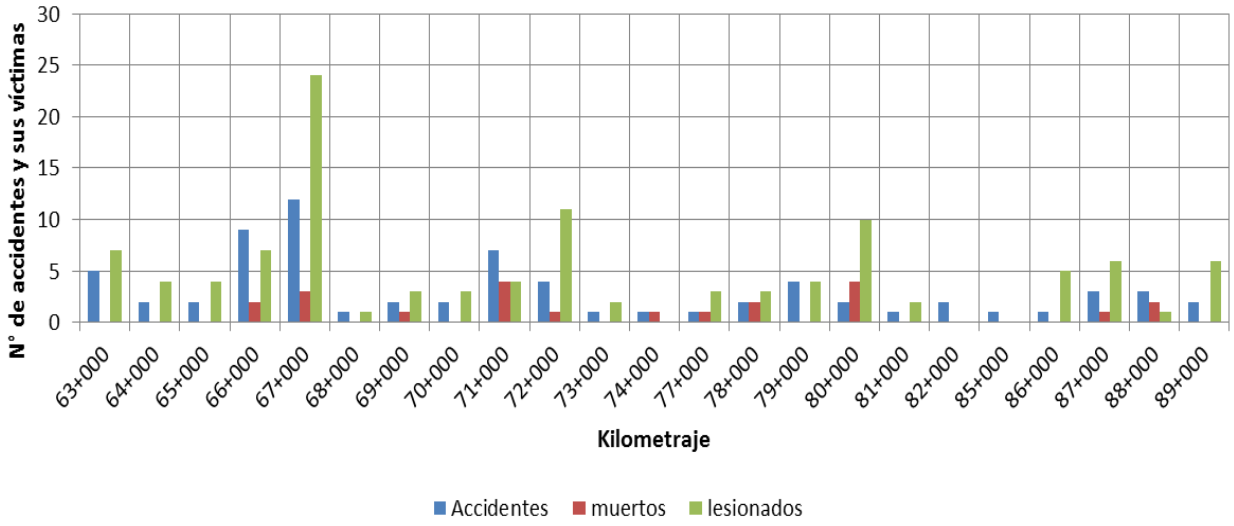


Figura 2.34 Saldos por kilómetro del tramo Lím. Edos. Méx./Pue. - T. Izq. Tlaxcala de la autopista México-Puebla, sentido 1 (km 63 al 89)

En la Figura 2.35 se muestra lo correspondiente al tramo de la autopista México-Cuernavaca entre los Lím. Edos. D.F./Mor. – T. Izq. Cuautla (kilómetro 47+100 al 70+700) en el sentido 1, México a Cuernavaca; en este tramo se observa una alta accidentalidad generalizada y un incremento en la siniestralidad y su consecuente morbilidad después del kilómetro 59, pero es el kilómetro 51 el que reporta la mayor cantidad de percances y víctimas (18 hechos de tránsito con un saldo de cuatro muertos y más de 20 lesionados).

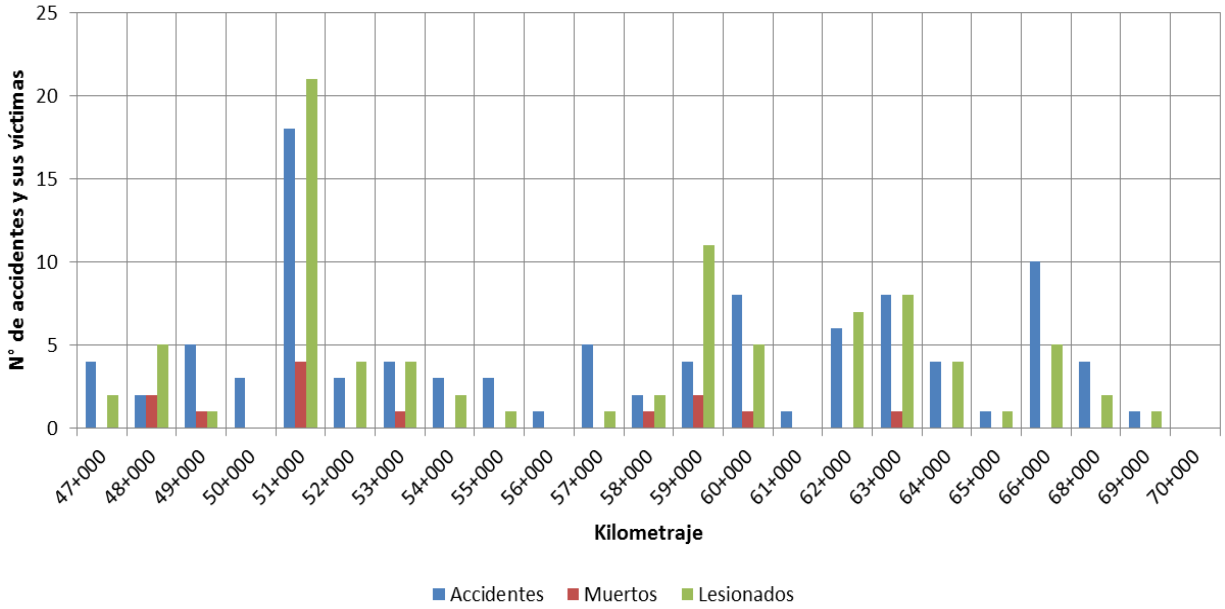


Figura 2.35 Saldos por kilómetro del tramo Lím Edos. DF/Mor. - T. Izq. Cuautla de la autopista México-Cuernavaca, sentido 1 (km 47 al 70)

El sexto tramo, comprendido entre los kilómetros 34+000 y 46+400 en el sentido 1, México a Toluca de la carretera libre, reporta una alta accidentalidad con cinco o más percances por kilómetro, dejando estos un gran número de víctimas, siendo los kilómetros 37 y 39 los que concentran el mayor número de víctimas, registrándose 22 lesionados en el primero, y cinco muertos y 17 lesionados en el segundo (véase Figura 2.36).

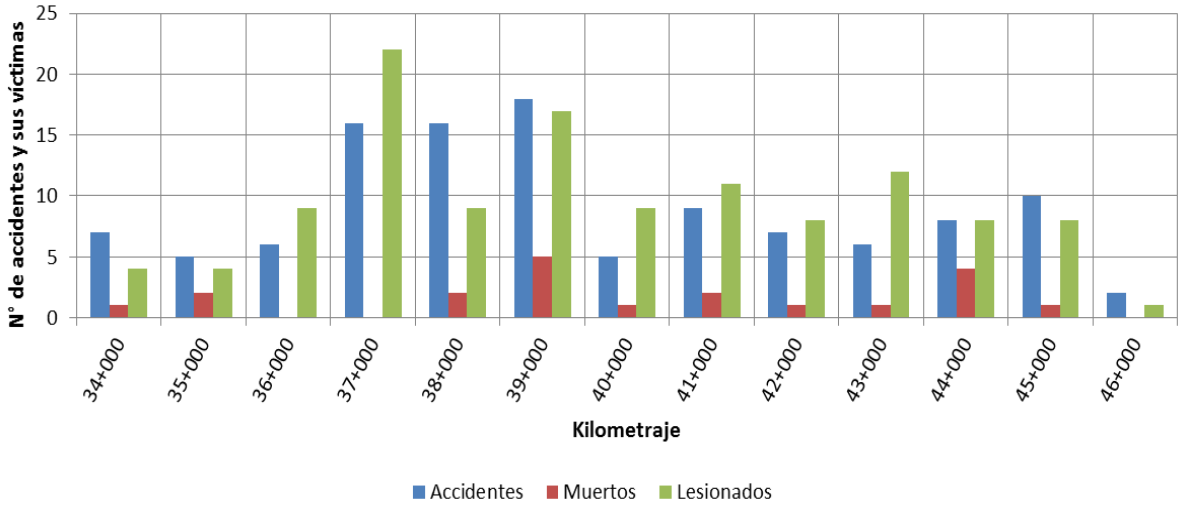


Figura 2.36 Saldos por kilómetro del tramo T. Der. Huixquilucán – X.C. (Amomolulco-Santiago Tianguistenco) la carretera México-Toluca, sentido 1 (km 34 al 46)

Finalmente, en el séptimo tramo estudiado, comprendido entre los kilómetros 23+300 y 36+400 de la autopista México-Pachuca (Tizayuca) en el sentido 2 hacia México, se observa una mayor accidentalidad a partir de kilómetro 29 al 25, siendo el km 29 el que reporta la mayor cantidad de víctimas, cuatro muertos y más de 20 lesionados resultado de ocho percances (véase Figura 2.37).

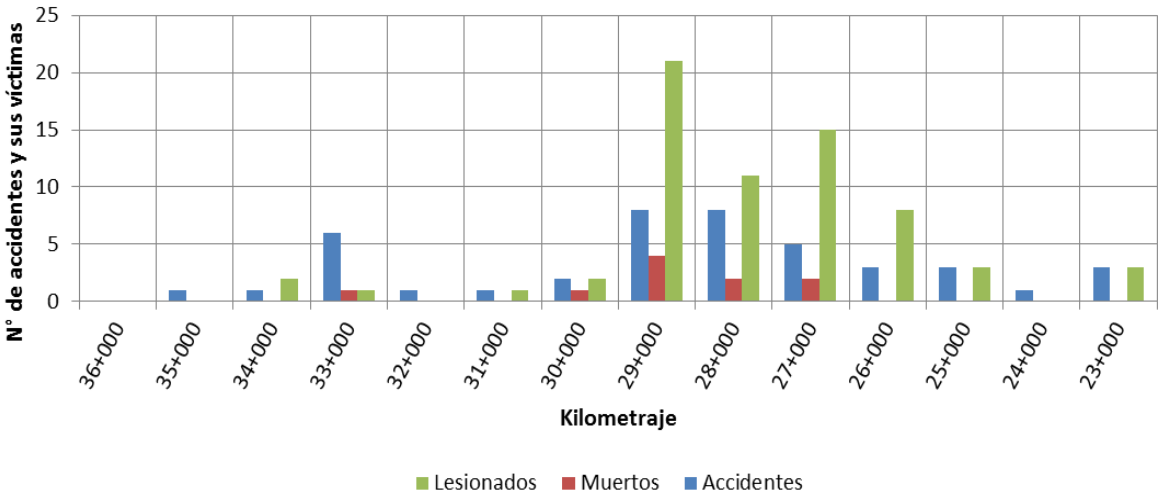


Figura 2.37 Saldos por kilómetro del tramo Entronque Morelos – T. Izq. Tecámac de la autopista México-Tizayuca, sentido 2 (km 36 al 23)

Posteriormente, se realizó una visita técnica de campo, convocando a los involucrados, con el propósito de definir el sitio exacto de ubicación de los dispositivos automatizados para el control de la velocidad. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Sitio 1. *Ubicado en el km 105 de la autopista México-Querétaro, tramo Lím. Edos. Hgo./Méx. - Cruce carretero (Jilotepec - Maravillas), sentido 2.*

El sitio se ubica en una zona de lomerío fuerte del km 107 al 102, posteriormente al 102 cambia a lomerío suave. Consta de tres carriles de circulación con acotamientos a ambos lados y faja separadora central. La superficie de rodamiento es de concreto con bandas de estruendo a las orillas. En el tramo se circula a través de una serie de curvas horizontales que combinadas con un descenso longitudinal prolongado (5% aprox.) ocasiona que éste sea peligroso, no obstante la serie de señalamientos para disminuir la velocidad. Se recomienda que desde el km 107 se prevenga a los conductores con señalamiento sobre el control de la velocidad que se realizará más adelante. En la Figura 2.38 se muestra un esquema del pórtico que se colocaría en el km 105.

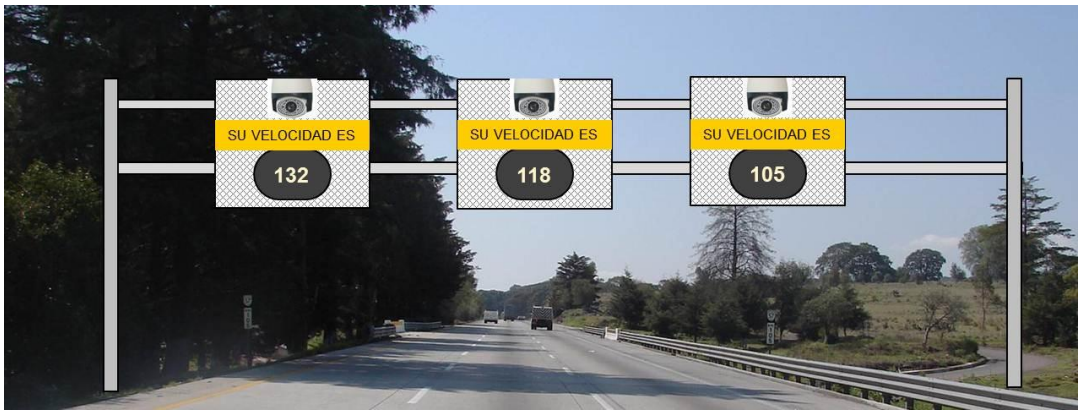


Figura 2.38 Esquema del pórtico que se colocaría en el km 105 de la autopista México- Querétaro, sentido 2 para el control automatizado de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de los 21,430 vehículos, de los cuales el 62.5% son automóviles, 4.5% autobuses, 11.3% camiones unitarios, 19.7% camiones articulados y 2% otras configuraciones.

El percentil 85 (P_{85}) de las velocidades de operación esperadas en este sitio son en torno a 116 km/h para los automóviles, 105 km/h para el autobús y 102 km/h para el camión de carga.

Sitio 2. *Ubicado en el km 116 de la autopista México-Querétaro, tramo cruce carretero (Jilotepec - Maravillas) - Lím. Edos. Méx./Qro., sentido 1*

El sitio se ubica en una zona de pendiente descendente. Consta de tres carriles de circulación con acotamientos a ambos lados y faja separadora central. La superficie de rodamiento es pavimento asfáltico con bandas de estruendo.

Se recomienda que un kilómetro previo al sitio se prevenga a los conductores con señalamiento sobre el control de la velocidad que se realizará más adelante. La Figura 2.39 muestra un esquema del pórtico para este sitio.

Figura 2.39 Esquema del pórtico que se colocaría en el km 116 de la autopista México-Querétaro, sentido 1 para el control automatizado de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de 23 mil vehículos; de los cuales el 63.4% son automóviles, 6.2% autobuses, 11.9% camiones unitarios, 16.5% camiones articulados y 2.0% otras configuraciones.

El percentil 85 (P_{85}) de las velocidades de operación esperadas en el sitio 2 son 133 km/h para automóviles, 109 km/h para autobuses y 110 km/h para camiones de carga.

Sitio 3. *Ubicado en el km 54+500 de la Autopista México-Puebla, tramo Caseta San Marcos - Entronque izquierdo a Río Frío, sentido 2*

El sitio se ubica dentro de una zona montañosa de 20 km de longitud aproximadamente. Consta de tres carriles de circulación con acotamiento externo y barrera central de concreto. La superficie de rodamiento es pavimento asfáltico con bandas de estruendo en la orilla externa. A partir del km 56, el tramo se vuelve peligroso ya que tiene un descenso prolongado (5% aprox.) de 15 km, en la cual se registran un gran número de accidentes, ya que se combina la elevada velocidad en un alineamiento de curvas horizontales y verticales en columpio, no obstante el señalamiento vertical que recomienda y restringe disminuir la velocidad y además de una serie de rampas de emergencia para contener a los vehículos que circulan con problemas en su sistema de frenos.

Se recomienda que desde el km 55+500 se prevenga a los conductores con señalamiento sobre el control de la velocidad que se realizará más adelante. En la Figura 2.40 se muestra un esquema del pórtico que se colocaría en el km 54+500.

Figura 2.40 Esquema del pórtico que se colocaría en el km 54+500 de la autopista México-Puebla, sentido 2 para el control automatizado de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de los 15 mil vehículos, de los cuales el 74.2% son automóviles, 7.9% autobuses, 10.7% camiones unitarios, 6.8% camiones articulados y 0.4% otras configuraciones. El percentil 85 (P_{85}) de las velocidades de operación esperadas en el sitio 3 son 126, 95 y 87 km/h para automóviles, autobuses y camiones de carga, respectivamente.

Sitio 4. *Ubicado en el km 66+000 de la Autopista México-Puebla, tramo Lím. Edos. Méx./Pue. - Entronque izquirdo Tlaxcala, sentido 1*

El sitio se ubica en una zona de montaña (del km 63 al 71). Consta de tres carriles de circulación con acotamiento externo y barrera central de concreto. La superficie de rodamiento es pavimento asfáltico con bandas de estruendo. Se recomienda que desde el km 65 se prevenga a los conductores con señalamiento sobre el control de velocidad que se realizará más adelante. En la Figura 2.41 se muestra un esquema del pórtico que se colocaría en el km 66.

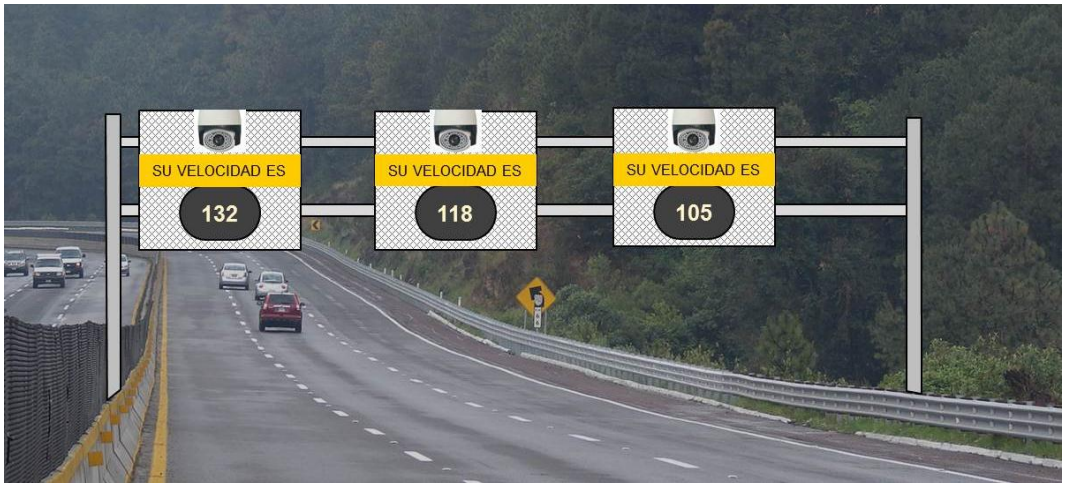


Figura 2.41 Esquema del pórtico que se colocaría en el km 66+000 de la autopista México-Puebla, sentido 1 para el control automatizado de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de 31 mil, de los cuales el 72.2% son automóviles, 8.6% autobuses, 10.1% camiones unitarios, 6.8% camiones articulados y 2.3% otras configuraciones. El percentil 85 (P_{85}) de las velocidades de operación esperadas en este sitio son 132, 103 y 108 km/h para automóviles, autobuses y camiones de carga, respectivamente.

Sitio 5. *Ubicado en el km 50+800 de la autopista México-Cuernavaca, tramo Lím. Edos. D.F./Mor. - Entronque izquierdo a Cuautla, sentido 1*

El sitio se ubica en una zona de montaña con pendiente descendente pronunciada (5% aproximadamente) con una combinación de curvas horizontales que hacen el tramo peligroso. Consta de dos carriles de circulación con acotamiento externo y barrera de concreto central. La superficie de rodamiento es pavimento asfáltico con bandas de estruendo.

No obstante que a lo largo del descenso longitudinal (más de 20 km) que se presenta en la zona y que a lo largo del mismo existen tres pórticos que controlan la velocidad ubicados en el km 50+800, 59+500 y 64+800 (véase Figura 2.42), se recomienda colocar el dispositivo de control de velocidad en el km 50+800, así como notificar a los conductores previamente del control de velocidad (señales).

Figura 2.42 Esquema de pórticos existentes ubicados en los kms 50+800, 59+500 y 64+800 de la autopista México-Cuernavaca, sentido 1 para el control de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de los 18 mil vehículos, de los cuales el 87.6% son automóviles, 4.8% autobuses, 2.9% camiones unitarios, 4.0% camiones articulados y 0.7% otras configuraciones.

En esta zona no se cuenta con registro de las velocidades de operación esperadas (P_{85}), sin embargo por las características geométricas se estiman velocidades de operación superiores al límite.

Sitio 6. *Ubicado en el km 37+200 de la Carretera México-Toluca libre, tramo Entronque derecho a Huixquilucan - Cruce carretero (Amomolulco-Santiago Tianguistenco), sentido 1*

El sitio se encuentra en una zona de montaña con pendiente descendente pronunciada (alrededor de 5%) con una combinación de curvas horizontales que hacen el tramo peligroso. Consta de tres carriles de circulación con acotamiento externo y faja separadora central, en la cual se encuentran a cierta distancia una serie de retornos a nivel mediante vueltas izquierda. La superficie de rodamiento es pavimento asfáltico con bandas de estruendo y marcas especiales en las zonas de alto riesgo.

No obstante el elevado flujo vehicular, el descenso longitudinal pronunciado y que a lo largo del mismo existen una serie de pórticos que notifican la velocidad de operación ubicados en el km 36+200, 37+200, 40+000 y 45+600 (véase Figura 2.43), se recomienda colocar el dispositivo de control automatizado de velocidad en el km 37+200.

Figura 2.43 Esquema de pórticos existentes ubicados en los kms 36+200, 37+200, 40+000 y 45+600 de la carretera México-Toluca, sentido 1 para el control de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de los 40 mil vehículos, de los cuales el 82.8% son automóviles, 3.1% autobuses, 5.7% camiones unitarios, 7.4% camiones articulados y 1.0% otros.

El percentil 85 (P_{85}) de las velocidades de operación esperadas en el sitio 6 son en torno a 108 km/h para los automóviles, 101 km/h para el autobús y 102 km/h para el camión de carga.

Sitio 7. *Ubicado en el km 30+750 de la autopista México-Tizayuca, tramo Entronque Morelos - Entronque izquierdo a Tecámac, sentido 2*

El sitio se ubica en una zona de lomerío suave con una ligera pendiente en descenso y un alineamiento horizontal principalmente en tangente, no obstante que comparación con otros sitios, éste ofrece una combinación de alineamientos benévola, cabe señalar que existen estrechamientos de carriles de circulación y es una que frecuentemente presenta neblina. En cuanto a la sección transversal cuenta con dos carriles, acotamiento externo y combinación de barrera central de concreto y faja separadora. La superficie de rodamiento es pavimento asfáltico. Respecto a las características de operación es importante mencionar que existen una serie de paraderos del transporte público de pasajeros y en consecuencia la presencia permanente del usuario vulnerable (peatón, motocicleta, bicicleta).

Se recomienda que un kilómetro previo al sitio se prevenga a los conductores con señalamiento sobre el control de la velocidad que se realizará más adelante. La Figura 2.44 muestra un esquema del pórtico para este sitio.

Figura 2.44 Esquema del pórtico que se colocaría en el km 30+750 de la carretera México-Toluca, sentido 1 para el control automatizado de la velocidad

El registro diario esperado es del orden de los 22 mil vehículos; de los cuales el 85.0% son automóviles, 4.4% autobuses, 6.5% camiones unitarios, 3.0% camiones articulados y 1.1% otras configuraciones.

El percentil 85 (P_{85}) de las velocidades de operación esperadas en este sitio son 123, 116 y 111 km/h para automóviles, autobuses y camiones de carga, respectivamente.

En la Tabla 2.7 se muestran las coordenadas geográficas de los sitios propuestos en la etapa piloto para la instalación de estaciones fijas automatizadas para el control de la velocidad de los vehículos que circulan por las principales carreteras que ingresan a la Ciudad de México.

Tabla 2.7 Coordenadas geográficas de los sitios propuestos para el control automatizado de la velocidad

No	Carretera	km	Sentido	Latitud	Longitud
1	Autopista México-Querétaro	105+000	2	20°04'27.98"N	99°36'45.25"O
2	Autopista México-Querétaro	116+000	1	20°06'31.59"N	99°42'14.50"O
3	Autopista México-Puebla	54+500	2	19°19'34.09"N	98°43'20.73"O
4	Autopista México-Puebla	65+500	1	19°21'06.49"N	98°38'41.67"O
5	Autopista México-Cuernavaca	50+800	1	19°04'29.60"N	99°14'03.94"O
6	Carretera México-Toluca	37+200	1	19°17'56.22"N	99°23'55.65"O
7	Autopista México-Tizayuca	30+750	2	19°39'58.37"N	99°00'03.57"O

Antes de seleccionar la tecnología para la toma de velocidades, se recomienda realizar un proceso de pruebas de campo, es decir, que se instalen los diferentes dispositivos factibles de cumplir con los requisitos establecidos para el control eficiente de las velocidades de operación en alguna carretera o autopista, de tal manera que se pueda monitorear y observar los comportamientos en tiempo real en cuanto al paso de las diferentes configuraciones vehiculares, volúmenes de tránsito y los rangos de velocidades, así como el funcionamiento bajo condiciones adversas como la lluvia o neblina; con el objetivo de definir eficiencias y rangos de precisión en la toma de velocidades y fotografía de placa del vehículo. También, conviene analizar el desempeño de los equipos cuando un vehículo circula entre dos carriles o cuando pasan dos vehículos consecutivos (principalmente vehículos de carga).

También se requiere que los equipos estén avalados por un organismo certificado (p. ej. Centro Nacional de Metrología, CENAM), y que se realicen previamente las modificaciones a las normativas y/o reglamentos correspondientes indicando que el control de la velocidad en carreteras federales se realizará mediante la ayuda de dispositivos automatizados y aquellos que excedan los límites establecidos serán infraccionados.

En esta primera etapa se recomienda que los dispositivos se instalen en los sitios recomendados y posteriomente, se realicen controles de velocidad mediante la combinación de métodos móviles (automatizado y manual) en todo el tramo.

Es una práctica común en los países que instalan este tipo de estaciones automatizadas del control de velocidad apliquen cierta tolerancia de los niveles de violación de la velocidad máxima permitida. Ésta varía de un 5 a 15%.

Cabe mencionar que la instalación de los sistemas de control de velocidad han sido aprobados por el 65% de los conductores europeos, 15% no lo aprueba, sin embargo reconocen su eficiencia y un 20% está en contra, reflejando su descontento con la destrucción de un gran número de cámaras [*Pepper, 2008*].

En el Anexo 1 se mencionan algunas pautas para la instalación de dispositivos automatizados para el control de velocidad en carreteras. Asimismo en el Anexo 2 se muestran las carreteras a nivel nacional que registraron el mayor número de accidentes cuya causa fue la velocidad excesiva, agrupando está información por kilómetro de carretera en el periodo de 2008 a 2010. Se considera que la información de los anexos sería importante contemplarla en etapas posteriores. Por último, en el Anexo 3 se señalan aspectos de las tecnologías para el control de velocidad.

2.8 La gestión de la velocidad

La gestión de velocidad se define como un conjunto de medidas destinadas a limitar los efectos del exceso de velocidad y de la velocidad inadecuada dentro del sistema vial. Los expertos han reconocido que una aproximación integrada y global a la gestión de la velocidad es, tal vez, una de las mejores formas de mejorar la situación actual.

Sería óptimo que las medidas seleccionadas para tratar el exceso de velocidad estuvieran basadas en una filosofía de seguridad vial con una visión de futuro deseable y sostenible a largo plazo en un sistema ideal del tránsito en el que se eliminan las colisiones y las lesiones graves. El principio en que se basa una filosofía de seguridad vial es que *la gente es falible y comete errores,* por lo tanto consideran estas limitaciones y apuntan al desarrollo de un sistema vial que: (I) minimice las opciones del error humano, (II) sea capaz de tolerar errores, en caso de que estos ocurran y, (III) evite conflictos entre usuarios con grandes diferencias de velocidad, masa y dirección.

Una estrategia de seguridad vial basada en estos principios identificará la velocidad como un elemento principal del problema y, por lo tanto, la gestión de la misma como un área de oportunidad.

Dentro de la gestión de la velocidad se debe considerar la mejora de la infraestructura, los límites de velocidad, la señalización adecuada, la ingeniería automotriz (automóviles, autobuses y camiones de carga), la educación (a todas las edades), la formación e incentivos a conductores, las medidas de cumplimiento de las leyes y tecnologías de asistencia a la conducción. Además, un elemento clave para el éxito de la política de gestión de la velocidad es la medición de la

misma. Se recomienda monitorear regularmente la velocidad en la red vial, por ser éste un indicador clave respecto a los objetivos en materia de seguridad vial y de medioambiente.

Adecuar la velocidad para los distintos tipos de caminos debe reflejar la importancia fundamental de proteger la vida humana y evitar los siniestros viales. Como ya se había mencionado al inicio del capítulo, hay que relacionar las estimaciones con la tolerancia humana a las velocidades de impacto en distintas circunstancias de choque (véase Figura 2.1). Una vez determinada la velocidad adecuada para cada tipo de camino, es necesario revisar los límites existentes para estimar si reflejan la velocidad adecuada en relación con los riesgos de sufrir un accidente y demás factores relevantes como la función de la carretera, la composición del tránsito, la presencia de usuarios vulnerables y el diseño del camino.

Una característica del límite de velocidad elegido es que debe ser aceptable y creíble considerando la vialidad y el entorno, y que las autoridades sean responsables de garantizar estos límites. Si se considera que una autopista es más segura que una carretera libre, entonces debería de haber una diferencia entre los límites de velocidad de ambos caminos para mantener el atractivo de la primera.

El conductor debe ser informado, en todo momento, de cuál es el límite de velocidad. Lo anterior se realiza a través del uso de señales verticales y marcas. Además, existen en el mercado aplicaciones tecnológicas emergentes que podrían ayudar a confirmar los límites de velocidad por otros medios (p. ej. las señales de mensaje variable adecuadas para ciertas condiciones concretas y puntuales de la carretera). También se pueden mostrar en el vehículo, a través de una comunicación vehículo-infraestructura o de los sistemas GPS.

Al definir claramente la función de una carretera (accesos, circulación, etc.) se le asigna una velocidad adecuada, la cual deriva en que los elementos de diseño sean proyectados bajo tales circunstancias (p. ej. distancia de visibilidad, grado de curvatura, pendiente ascendente, sección transversal, separación entre intersecciones, etc.). Lo anterior tiende a contar con carreteras seguras y "autoexplicativas", en las que los conductores son capaces de reconocer el tipo de camino y son orientados para adaptar su velocidad a las condiciones reales.

La modificación a la infraestructura como medida de gestión de la velocidad es más difícil de llevar a cabo en carreteras que en zonas urbanas debido a la extensión de la red y a los costos implícitos. Es común la eliminación de obstáculos laterales para mejorar la seguridad de la carretera o la ampliación de la sección transversal incluso separar los sentidos de circulación mediante el uso de medianas; sin embargo la limitación de recursos suele impedir hacerlo de forma amplia y consistente, en esos casos la acción adecuada es reducir el límite de velocidad.

La vigilancia de la policía y el control de velocidad automatizado (incluido el uso de cámaras fijas o móviles) reforzados ambos por multas eficaces aplicadas a todo usuario de la carretera, son estrategias necesarias para complementar el resto de medidas de gestión de velocidad y conseguir su máxima eficacia. En el caso de las multas a través de controles automatizados, la experiencia ha demostrado que se obtienen mejores resultados aplicando la multa al propietario del vehículo que al conductor, ya que el propietario es más fácil de rastrear.

Por otra parte, la experiencia en otros países ha demostrado que el control de la velocidad media en tramos carreteros es una forma bastante rentable de obligar al cumplimiento de los límites de velocidad [*OECD, 2006*].

Un aspecto importante en la gestión de la velocidad es definir claramente los niveles de tolerancia mínimos para el exceso de velocidad, que incluiría posibles imprecisiones del dispositivo de control y de los velocímetros de los vehículos. Se debe tener cuidado en los niveles, ya que si estos son altos, transmiten a los conductores una señal confusa minimizando la credibilidad del sistema de límites de velocidad.

Un programa de cumplimiento de la ley del tipo *"en cualquier lugar y en todo momento"* unido a una amplia publicidad tendrá mayores efectos, ya que su aleatoriedad será un factor determinante en la evaluación subjetiva de los conductores al riesgo de ser detenidos y sancionados por circular a exceso de velocidad.

La experiencia internacional con las estaciones fijas de control de velocidad (cámaras para el control automatizado de la velocidad) ha demostrado que son un enfoque eficaz en términos de costos y con un claro efecto en materia de seguridad a nivel general y no sólo en el lugar de ubicación de las estaciones; sin embargo, también mencionan que para garantizar la instrumentación de las mismas en una red carretera, es necesario ofrecer información adecuada a los medios de comunicación, grupos de interés (p. ej. cámaras y asociaciones de transportistas) y al público en general. La reinversión de los ingresos obtenidos de las multas (infracciones por conducir con exceso de velocidad) dirigida a la adquisición de más equipo, reforzará la idea de que el propósito de las estaciones de control automatizado de la velocidad es a favor de la mejora en la seguridad vial, y por lo tanto aumentará el apoyo de la ciudadanía [*OECD, 2006*].

Hoy en el mercado existen sistemas que ayudan a los conductores a controlar la velocidad del vehículo, por ejemplo, el control de crucero adaptativo permite controlar el intervalo de tiempo entre el vehículo y el que le precede; el control de estabilidad electrónico que ayuda a la reducción de accidentes unitarios informando sobre la estabilidad del vehículo; los censores de datos de eventos que registran datos antes, durante y después de un accidente, entre ellos la velocidad del vehículo, la aceleración, despliegue del airbag y algunas otras variables basadas en los ocupantes, pueden llegar a transmitir a los centros de administración de flotas datos sobre el funcionamiento del vehículo, sin olvidar los

actuales adelantos en los sistemas basados en la comunicación entre vehículos y satélites.

Existe un desarrollo de nuevas tecnologías de asistencia al conductor para controlar la velocidad del vehículo. Hay países dedicados a la investigación y prueba activa de aplicaciones de Adaptación Inteligente de la Velocidad, (AIV), la cual consiste en que el vehículo "conoce" el límite de velocidad por el tramo en que circula y es capaz de utilizar esa información para informar al conductor o para limitar la velocidad del vehículo. Se cuentan con dos tipos, el primero funciona como informativo, ya que muestra el límite de velocidad y advierte, a través del uso de alarmas o elemento visual, al conductor cuando supera el límite de velocidad; y el segundo es de apoyo, ya que advierte al conductor pero también interviene al vincular directamente la información sobre el límite de velocidad al sistema de control de velocidad del vehículo.

La visión a largo plazo sería contar con una red de autopistas inteligentes en la que la comunicación permanente entre los vehículos y la infraestructura ayuden a los conductores e incluso lleguen al punto de controlar activamente a los vehículos. Se espera que estas tecnologías ofrezcan oportunidades reales para reducir considerablemente el número de colisiones y gravedad de las víctimas.

2.9 Indicadores para el control de velocidad

Una vez instaladas las estaciones propuestas para el control de la velocidad es necesario evaluar si se está obteniendo el efecto deseado, a través del indicador de comportamiento de la seguridad (ICS), es decir, observar el comportamiento del conductor que está relacionado con los accidentes viales y sus consecuencias.

Según estudios sobre el ICS, se ha concluido que pueden usarse para diferentes propósitos, como son: (I) reflejar la seguridad actual bajo las condiciones del sistema vial, (II) medir la influencia de varias intervenciones de seguridad (p. ej. el control de velocidad) y, (III) comparar el grado de la seguridad vial en diferentes carreteras a nivel país, región o tramo.

Una propuesta para medir la conducta del usuario y la normativa vial es el indicador al respeto de los límites de velocidad (la variación de velocidad, el porcentaje dentro del límite de velocidad, porcentaje de las violaciones); por lo tanto, es necesario obtener información de campo del indicador del respeto de la velocidad y a continuación se ilustran las acciones a seguir sobre el control de la velocidad de operación.

Para el caso de los excesos de velocidad no sólo es importante detectar el porcentaje de vehículos que exceden la velocidad máxima permitida, sino conocer el porcentaje de la velocidad que exceden, así como la dispersión de la velocidad y el 85 percentil. El registro de la toma de velocidades se realizaría con el equipo instalado en las estaciones fijas de control de velocidad y posteriormente se

realizarían los cálculos necesarios para obtener las diferentes estadísticas de las velocidades registradas. La información a obtener es: (I) la velocidad media, (II) la velocidad del 85 percentil, (III) el porcentaje de vehículos que excede el límite, (IV) el porcentaje de vehículos que excede el límite con más de 20%, y (V) la desviación normal de velocidad.

Para el cálculo de los datos anteriores se requiere separar la información por:

- Tipo de vehículo (automóvil, autobús, vehículo de carga unitario, articulado sencillo y doble, motocicletas, etc.) y por ubicación del carril
- Temporalidad (periodos del día, días de la semana, por mes y año)
- Por regiones (toda la red, por carretera, por tramo)

Adicionalmente al ICS propuesto anteriormente y con el propósito de integrar la gestión de la velocidad, a continuación se proponen los siguientes objetivos, estrategias, programas, indicadores y mecanismos de seguimiento de acuerdo a las áreas de vigilancia policial, infraestructura, marco normativo, educación vial, capacitación y difusión. Lo anterior se basa en que para obtener resultados positivos y de forma sostenible las estrategias de seguridad vial propuestas deben combinar objetivos en los que estén involucrados el conductor, el vehículo y la infraestructura.

➔ *Indicador de vigilancia policial*

Objetivo 1:

Disminuir en número y severidad los accidentes imputables al exceso de velocidad en carreteras federales.

Estrategias:

1.1. Emplear nuevas tecnologías para la vigilancia y control de la velocidad.

1.2. Intensificar el patrullaje, en especial en zonas de elevada siniestralidad.

1.3. Incrementar el número y duración de los puntos de control (automátizada y manual) en tramos con alta siniestralidad por velocidad excesiva.

Estra-tegia	Acciones	Plazo			Observaciones
		Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
1.1	Instalar dispositivos fijos para el control de la velocidad por comisaría	1 Est. a cada 350 km	1 Est. a cada 175 km	1 Est. a cada 80 km	Valores estimados
1.2	Incrementar las unidades de vigilancia (dos oficiales y una patrulla)	15%	30%	50%	
1.3	Incrementar los operativos en sitios de alta siniestralidad por velocidad excesiva (150 h mensuales)	30%	50%	100%	

Metas:

Metas	Plazo			Mecanismos de seguimiento
	Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
Reducir el número de conductores que exceden el límite de velocidad con respecto al total de controlados	40%	60%	80%	Datos recabados en las estaciones fijas de control de la velocidad
Reducir la velocidad media de operación en la red carretera	2%	5%	10%	
Disminuir el número de accidentes con víctimas por velocidad excesiva respecto al total de accidentes con víctimas	25%	50%	75%	Registro y estadística de accidentes

Programa:

Vigilancia y control policial en tramos de alta siniestralidad por la velocidad excesiva.

➔ *Indicador de infraestructura*

Objetivo 2:

Contar con carreteras más seguras para los conductores

Estrategias:

2.1. Informar al usuario sobre las características y condiciones de la carretera.

2.2. Aplicar el concepto de vías perdonadoras en los tramos de alta siniestralidad por velocidad excesiva.

2.3. Aplicar medidas de gestión de velocidad en zonas de transición entre diferentes tipos de carretera.

Estra-tegia	Acciones	Plazo			Observa-ciones
		Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
2.1	Crear centros de gestión de tránsito y aplicar tecnologías ITS para controlar la velocidad considerando aspectos climatológicos y condiciones del camino	Autopistas concesio-nadas	Ejes troncales	Carreteras tipos “A” y “B”	Valores estimados
	Crear mecanismos para hacer cumplir la NOM de señalamiento en zonas de obra	En obras a realizar en la RCF	En obras a realizar en la RCF	En obras a realizar en la RCF	
	Revisar la credibilidad de los límites de velocidad en los tramos de alta siniestralidad por exceso de velocidad	30%	60%	100%	

Estra-tegia	Acciones	Plazo			Observaciones
		Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
2.2	Mejoramiento de zonas laterales en tramos con alta siniestralidad por velocidad excesiva	20% de los tramos	50% de los tramos	100% de los tramos	Valores estimados
	Revisión reemplazo e instalación de sistemas de contención en tramos con alta siniestralidad por velocidad excesiva	30%	50%	100%	
2.3	Identificar y modernizar los tramos de transición (zonas rural y urbana) que reporten alta siniestralidad por velocidad excesiva	20%	50%	100%	Valores estimados
	Aplicar medidas de mejoramiento en la infraestructura siguiendo los lineamientos de las vías autoexplicativas	20%	50%	100%	

Metas:

Metas	Plazo			Mecanismos de seguimiento
	Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
Reducir el número de víctimas en accidentes por velocidad excesiva en los tramos monitoreados por centros de gestión	15%	30%	50%	Registro y estadística de accidentes
Reducir el número de accidentes con víctimas por velocidad excesiva en zonas de obra	20%	50%	100%	
Reducir el número de víctimas en los tramos de alta siniestralidad por velocidad excesiva	15%	30%	50%	

Programa:

Modernización de la infraestructura.

➔ *Indicador de marco normativo*

Objetivo 3:

Modificar las leyes, reglamentos y normas para lograr un control efectivo de la velocidad

Estrategias:

3.1 Modificar el marco normativo
3.2 Mejorar el sistema de sanciones

Estra-tegia	Acciones	Plazo			Observa-ciones
		Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
3.1	Modificar el reglamento para considerar como prueba el resultado de las mediciones mediante el uso de dispositvos fijos y móviles para el control de la velocidad y aplicar una sanción	100%			Valores estimados
3.2	Crear un sistema de sanciones en el que las multas se establezcan considerando el porcentaje excedido del límite de velocidad, nivel de ingresos e historial de sanciones del conductor	100%			

Metas:

Metas	Plazo			Mecanismos de seguimiento
	Corto (2015)	Mediano (2020)	Largo (2025)	
Aumento en el cumplimiento del reglamento por exceso velocidad	20%	50%	100%	Registro y estadística de accidentes

Programa:

Modernización del Marco Jurídico del Autotransporte y de la Seguridad Vial.

Cabe mencionar que los indicadores planteados anteriormente son de carácter enunciativo y evidentemente existen otras líneas de acción que no se abordan. En la Tabla 2.8 se muestran indicadores adicionales mencionando el objetivo estratégico de cada uno de ellos.

Tabla 2.8 Indicadores adicionales para el control de la velocidad

Indicador	Objetivo
Educación vial	Impulsar la educación vial, capacitación y responsabilidad de los usuarios en carreteras
Capacitación	Fortalecer a la Policía Federal para el control y vigilancia de las carreteras federales
Difusión	Fomentar una cultura de seguridad vial a través de los medios de comunicación

3 Estaciones fijas de control de peso y dimensiones

3.1 El reglamento de peso y dimensiones

En el capítulo II del Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal se menciona que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) vigilará e inspeccionará que la capacidad, el Peso Bruto Vehicular (PBV) y las dimensiones de los vehículos que transiten por caminos y puentes federales, cumplan con lo establecido [*SCT, 2006*]. Asimismo, indica que la revisión del peso y las dimensiones se realizará en operativos de control que autorice la SCT, o en centros de control de pesos y dimensiones acreditados en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Estos centros de control pueden ser operados por la propia SCT o por terceros autorizados.

El PBV se define como la suma del peso vehicular y el peso de la carga, en el caso de vehículos de carga; o suma del peso vehicular y el peso de los pasajeros, equipaje y paquetería, en el caso de vehículos destinados al servicio de pasajeros.

El Reglamento permite la circulación de los vehículos procedentes de una carretera de mayores especificaciones a una con menor clasificación con la condición de que la longitud recorrida no sea mayor a 50 km. Esta longitud puede aumentar para los vehículos, articulados principalmente, bajo ciertas restricciones (p. ej. la parte superior del vehículo debe tener luces blancas de destello y los semirremolques y remolques con cintas reflejantes y luces blancas demarcando los costados y gálibos del vehículo); sin embargo se aclara que los vehículos extralargos sólo circularán en carreteras "ET" y en caminos de menor clasificación no más de 30 km. Para el caso de industrias localizadas a más de 150 km de la red troncal deben solicitar la autorización a la SCT, la cual establecerá las condiciones de circulación de los vehículos por caminos de menor clasificación. En el apéndice del Reglamento está la clasificación de los caminos y puentes (p. ej. las carreteras “ET” son aquellas que forman parte de los ejes de transporte que establece la SCT, cuyas características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso, así como de otros que por interés general autorice la SCT).

En el capítulo IV se menciona que todo vehículo del Servicio Público Federal y del transporte privado que circule por la Red Carretera Federal (RCF) debe estar verificado en cuanto a sus condiciones físicas y mecánicas de acuerdo a una cierta periodicidad y condiciones establecidas en las normas correspondientes.

Es responsabilidad del transportista sujetar la carga con los elementos necesarios y vigilar que el centro de gravedad sea adecuado con el propósito de evitar que la carga se desplace o caiga del vehículo (véase capítulo V del Reglamento).

Para el caso de carga de gran peso o volumen que rebase lo establecido en la norma, el transportista debe obtener previamente un permiso especial de la SCT. Los requisitos para la obtención del permiso están indicados en el capítulo VI del Reglamento [*SCT, 2006*].

Se indica en el capítulo VII que las violaciones serán sancionadas conforme a lo establecido en la Ley y al propio Reglamento; por ejemplo cuando un vehículo exceda del 10% del peso autorizado, se impedirá su circulación hasta que disminuya su carga al peso autorizado, independientemente de las sanciones a que se haya hecho acreedor el transportista, salvo en el caso de productos pedecederos y sustancias peligrosas [*SCT, 2006*].

3.2 Sistemas de pesaje

Desde hace más de 50 años existe la necesidad de evaluar el peso de los vehículos de carga por razones de diseño, mantenimiento y conservación de puentes y carreteras. Actualmente, el objetivo principal al instalar un sistema de pesaje es incrementar la seguridad vial en las carreteras y disminuir la magnitud del daño provocado a los pavimentos y puentes, derivado de los excesos en el peso y dimensiones del autotransporte de carga.

Existen dos formas básicas para determinar el peso de los vehículos, a través de pesadoras estáticas y pesadoras dinámicas.

Las pesadoras estáticas son las más utilizadas para determinar el peso de los vehículos, los cuales deben permanecer inmóviles durante el pesaje. Estas mediciones se hacen pesando el vehículo completo en una sola maniobra, o por eje, por llanta, grupos de ejes, lados de eje; todos estos últimos requieren de maniobras adicionales. Por esa razón, el pesaje estático se ha reconocido como un método poco eficaz para aplicarse a grandes volúmenes de vehículos; ocasionando la búsqueda de nuevas alternativas para conocer el PBV, a través de técnicas aplicadas a vehículos en movimiento.

Las pesadoras dinámicas estiman rápidamente y a menor costo de operación que las primeras, el PBV y la porción del peso por cada rueda, eje o grupo de ejes; sin embargo también se afirma que, una de las mayores desventajas de este tipo de sistemas es su relativa inexactitud en comparación con el estático. Al respecto, se han realizado avances tecnológicos significativos que han llevado a la disponibilidad comercial de algunos dispositivos, los cuales han probado ser efectivos en la medición de cargas cuando el vehículo está en movimiento. Esta tecnología ha sido desarrollada en otros países.

Para realizar un pesaje dinámico es indispensable que el vehículo pase sobre un dispositivo colocado en su trayectoria. El dispositivo conjuntamente con otros equipos (software y hardware) se utilizan para registrar, almacenar y enviar los datos y verificar el cumplimiento de la normativa vigente.

Debido a la alta precisión para determinar el peso, el uso de las básculas estáticas está orientado para verificar el cumplimiento de la normativa, de lo contrario se procede a sancionar a los vehículos con sobrepeso; sin embargo tiene una baja eficiencia, ya que en torno a los 20-30 vehículos que pueden ser pesados en una jornada de 8 horas de trabajo, se requiere además de personal para realizar las operaciones de pesaje. En cambio el pesaje dinámico de vehículos en movimiento se puede determinar a alta velocidad, el cual es un proceso de estimación del peso del vehículo en movimiento a través de la medición y el análisis de las fuerzas dinámicas del neumático. También se puede determinar a baja velocidad el peso del vehículo, por lo general se designa un área específica fuera del flujo vehicular, bajo condiciones controladas y a velocidades de 5 a 15 km/h, con el fin de minimizar los efectos dinámicos.

El pesaje dinámico tiene las ventajas de que puede pesar a todos los vehículos que circulan por una carretera, su precisión es suficiente para aplicaciones estadísticas y para la preselección de los vehículos supuestamente sobrecargados, además de que puede operar de manera continua, es decir, las 24 horas los 365 días del año. Su principal desventaja es que no tiene la suficiente presición para sancionar a los vehículos que circulan con sobrepeso. Los usos principales del pesaje en movimiento están destinados al diseño, rehabitlitación y mantenimiento de los pavimentos en carreteras y, en el caso de los puentes, al desarrollo de nuevos modelos de cargas vehiculares, conocimiento de los efectos dinámicos de las cargas sobre las estructuras, evaluación y control activo de las cargas que pasan por los puentes.

Cuando se trata del cumplimiento de la normativa referente al PBV, el pesaje dinámico es una herramienta útil para hacer una primera preselección de vehículos con sobrepeso y para un control efectivo de cargas de vehículos. En cuanto a la gestión del tránsito, realiza una clasificación vehicular (alrededor de 15 tipos de vehículos desde el automóvil hasta el doble articulado) y proporciona el conocimiento del estado de la carga de los vehículos y también es un apoyo para la realización de estudios económicos y de autotransporte.

Los componentes principales de un sistema de pesaje dinámico son los sensores de peso y los detectores de presencia (bucles o lazos de inducción) y el dispositivo electrónico para la señal de registro, procesamiento y almacenamiento. En la Figura 3.1 se muestra un esquema típico de un pesaje dinámico en una carretera de dos carriles y en la Figura 3.2 se observa la instalación de los equipos en una carretera.

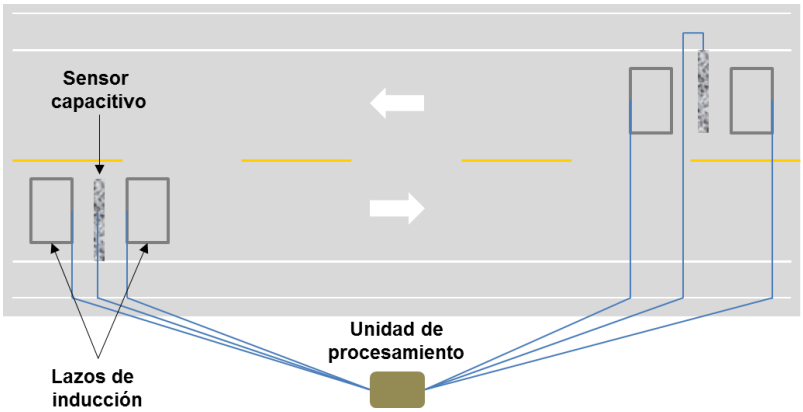


Figura 3.1 Esquema típico de los equipos para realizar un pesaje dinámico

Figura 3.2 Labores de instalación de pesaje dinámico en una carretera

La clasificación y tecnologías de los sensores para el pesaje dinámico están divididas en dos ramas principales, los sensores basados en áreas específicas y los sensores lineales. La primera se refiere a las básculas (con células de carga), las placas con medidores de tensión, los tapetes capacitivos y los colocados en puentes o alcantarillas que disponen de medidores de tensión; y la segunda rama son los bares piezoeléctricos (con polvo de piezocerámico o cristal de cuarzo), los bares capacitivos y los sensores de fibra óptica.

Los factores de influencia en la precisión de un sistema de pesaje dinámico son: (I) los relacionados con el sistema de pesaje dinámico en movimiento (p. ej. los daños o discontinuidades del sensor de peso, un mal ajuste de la unidad electrónica y los problemas de instalación), (II) la interacción vehículo-pavimento y, (III) la calibración del sistema de pesaje dinámico (p. ej. la calibración estática, la calibración dinámica y la autocalibración).

A manera de ejemplo en la Figura 3.3 se observa el resultado de un estudio realizado por la TRL (Transport Research Laboratory) en el Reino Unido, observándose las variaciones de carga en una rueda trasera de un camión de carga de dos ejes con suspensión rígida a diferentes velocidades (80 y 8 km/h).

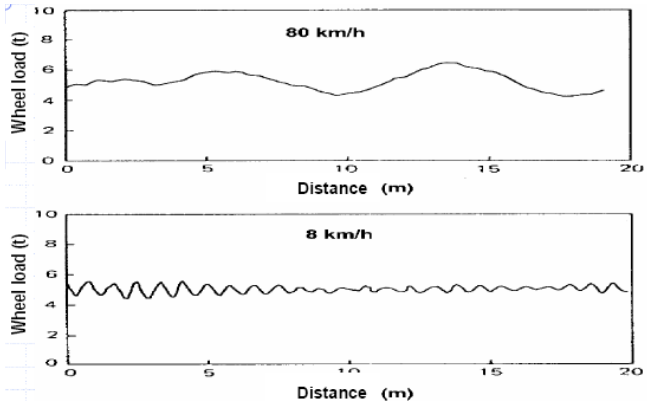


Figura 3.3 Variaciones de carga en una rueda trasera de un camión con suspensión rígida a diferentes velocidades

3.3 Instalación del sistema de pesaje dinámico

Las normas que se utilizan internacionalmente como referencia para el pesaje dinámico en movimiento (por sus siglas en inglés WIM, Weigth in Motion) son la norma estadounidense ASTM E 1318 [*ASTM, 2009*] y la norma europea COST 323 [*COST 323, 1999*]. La primera es una norma que auxilia al usuario y proveedor en la adquisición, instalación, calibración, pruebas, operación y mantenimiento de un sistema WIM (pesaje en movimiento) de manera satisfactoria en un sitio seleccionado; en ella se describe un método de prueba para evaluar el comportamiento de un sistema de pesaje de vehículos en movimiento de acuerdo a la clasificación por Tipos (I, II, III y IV). El método menciona el procedimiento para ejecutar una prueba de aceptación, independientemente del tipo de sistema de pesaje y describe el proceso de calibración inicial en el sitio. Lo anterior, para asegurar el buen desempeño y el uso adecuado de cada uno de los subsistemas del sistema de pesaje de vehículos en movimiento. Adicionalmente consta de un glosario de términos. La Tabla 3.1 muestra unos resultados estadísticos de un pesaje Tipo III utilizando diferentes sistemas.

Tabla 3.1 Algunos resultados estadísticos de diferentes equipos

Tipo de Sistema de Pesaje Dinámico	Precisión (en relación al PBV)		
	Media μ	Desviación estándar σ (%)	Tipo de precisión
Golden River	1.02	23	E (45)
Peer Traffic	0.94	22	E (40)
Mikros	1.04	9	D (20)
ECM	0.99	16	E (35)
PAT	0.97	6	C (15)
Kistler/PAT	1.02	10	D (20)

La norma europea incluye temas como la definición de las clases de sistemas de pesaje dinámico, los requisitos mínimos de precisión para cada clase, las condiciones del sitio para la colocación, el establecimiento de procedimientos de calibración del sistema y la definición de los métodos de ensayo para el control de sistemas. A continuación, se describe brevemente algunos de estos temas.

A. *Definición de las clases*. La norma hace una clasificación en función del nivel de confianza. Esta clasificación está dividida en Clases y le designa las primeras letras del abecedario y un indicador del nivel de confianza estadístico (δ). Las Clases son: Clase A(5), Clase B+(7), Clase B(10), Clase C(15), Clase D+(20), Clase D(25), Clases E(30), E(35). La de mayor confiabilidad es la Clase A(5), que representa un δ de 5%, es decir, una confiabilidad de medición del 95% y así sucesivamente.

B. *Definición de los requisitos*. Cada una de las clases definidas cumple diferentes propósitos por ejemplo (I) para estudios técnicos y económicos de transporte de carga, evaluación general de tránsito, recolección de datos estadísticos, etc., se recomienda un δ de 20 a 30% (Clase D+(20) o D(25)); (II) para análisis detallados de tránsito, diseño y mantenimiento de carreteras, clasificación de vehículos, preselección para cumplimiento del peso, etc., se recomiendan las Clases B(10) o C(15); (III) para manejo industrial y cumplimiento de los límites de peso (siempre y cuando la Ley permita el uso de sistemas WIM), se recomiendan las Clases A(5) o B+(7).

C. *Condiciones del sitio*. Para la colocación del sistema de pesaje dinámico se requiere el cumplimiento de ciertas condiciones geométricas como son el radio mínimo de las curvas horizontales, pendiente longitudinal sobreelevaciones máximas y las condiciones de la superficie de rodamiento ya que influyen directamente en la señal grabada por cualquier sensor, debido a la interacción pavimento-vehículo (fuerzas de impacto dinámico), y en la mayoría de los casos, el pavimento es el soporte para el sensor y por lo tanto forma parte del dispositivo de medición. También el deterioro (deformaciones, etc.) limita la precisión de las mediciones, por otra parte las fisuras, la deflexión y la uniformidad de desplazamiento pueden reducir la durabilidad del sensor o afectar la calidad de la respuesta.

En el diseño de las estaciones de pesaje se sugiere contar con dos sistemas, es decir un sistema de pesaje dinámico de alta velocidad para preseleccionar vehículos sobrecargados ubicado sobre la carretera y, el segundo un sistema de pesaje estático, en un área designada, fuera de la carretera para efectuar el control legal del peso. Las estaciones deben contar con equipo adicional como los detectores de presencia de vehículos (lazos de inducción), el gabinete de conexiones, la caseta de control, los dispositivos de control de tránsito (p. ej. paneles de mensaje variable en la carretera, así como semáforos y detectores de presencia en el área de pesaje. En la Figura 3.4 se muestra un esquema de una estación fija para el control legal de pesos y dimensiones.

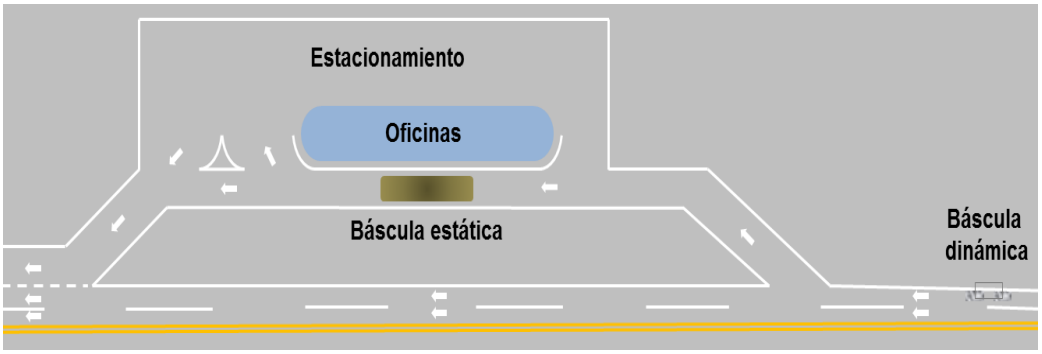


Figura 3.4 Esquema de una estación fija de pesaje estático

Hoy en el mercado, los sensores de peso y dimensiones deben detectar y registrar información de los vehículos que circulan por una carretera. Los datos son: hora y día, carril de circulación, clasificación del vehículo, número de ejes, peso por rueda, peso por eje, peso por grupo de ejes, peso bruto vehicular, dimensiones, distancia entre ejes, velocidad, así como incosistencias (p. ej. eje levantado). Para cada dato se alimenta al sistema con ciertos rangos especificados en la normatividad.

En síntesis el sistema funciona de la siguiente manera, el lazo inductivo detecta la presencia del vehículo y mide su longitud, el sensor mide el peso y la velocidad del vehículo por eje y el espaciamiento entre ellos; de acuerdo a los niveles de precisión solicitados.

En el caso del sensor de dimensiones debe separar los vehículos entre sí para que cuando pasen dos circulando muy cerca uno de otro, el sistema no lo interprete como uno; asimismo se debe detectar cuando el tractor arrastre un remolque o plataforma de carga. Además, el sistema debe clasificar a los vehículos y contar con salidas para adicionarle el equipo que contiene la evidencia multimedia. Por ejemplo el sistema para el Reconocimiento Automático de Placas Vehiculares ANPR (por sus siglas en inglés, Automatic Number Plate Recognition), el cual funciona mediante la captura de una imagen del vehículo con una cámara de video (que funciona de día y de noche), se procesa mediante software y algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres, obteniendo una serie de letras y números que corresponden a la placa frontal del vehículo, algunos sistemas también toman la placa trasera para confirmar el registro. La cámara de video debe ser de alto desempeño para uso rudo en exteriores, con parámetros necesarios de resolución, calidad, alcance (algunas cámaras utilizan rayos infrarrojos), un mínimo mantenimiento y funcionar de día y de noche.

Se recomienda realizar campañas de pesaje dinámico fijo de carácter anual o plurianual en la RCF y realizar pesaje dinámico móvil en al menos 50 sitios diferentes de 24 horas de duración. Los objetivos pudieran ser conservar en buen estado el patrimonio vial, regular el sector del transporte (evitando la competencia desleal de los camiones sobrecargados, mejorar la seguridad vial, así como la obtención de datos estadísticos para su utilización en el diseño de pavimentos y el

conocimiento del tránsito pesado para estudios de planeación de carreteras y de economía del transporte.

3.4 Criterios para la selección de sitios de pesaje dinámico

Para promover un buen desempeño del equipo es necesario que una sección de la carretera antes y después del lugar en que será instalado el sistema de pesaje dinámico, se acondicione o se construya con características especiales. Estas características deben reflejarse en una disminución de efectos externos que alteren el proceso de medición y la medición misma, como la vibración en el vehículo debida a la rugosidad del camino, con objeto de tener una mayor precisión en la lectura obtenida.

Como ya se había mencinado, los criterios que rigen la selección de sitios son tres, la geometría de la carretera, las características del pavimento y los requerimentos particulares para el caso de puentes.

El diseño geométrico es un factor importante debido a la influencia longitudinal y transversal que las desviaciones tienen sobre el desempeño del vehículo. Los lineamientos para el diseño son: (I) la curvatura horizontal del carril de la carretera debe tener un radio mayor a 1,000 m, medidos a lo largo de la línea central del carril; (II) la pendiente longitudinal de la superficie de la carretera en el sitio no debe exceder del 1% para Clase I y 2% para las otras Clases; (III) la sobreelevación de la superficie de la carretera en el sitio, no debe exceder del 3% y; (IV) la anchura del carril pavimentado de la carretera debe estar comprendido entre 3 y 4.5 m.

Las condiciones del pavimento tienen una influencia directa en la reducción del ‘rebote’ de los vehículos, ya que incrementan las variaciones en la carga por eje. El criterio utilizado establece que en una distancia de 50 metros antes y 25 m después del sistema de medida, la superficie *"deberá mantener una condición tal que un disco de 150 mm de diámetro y de 3 mm de espesor no pueda pasar por debajo de una regla de 3 m apoyada en la superficie de la calzada, perpendicular y paralelamente a la dirección del tránsito en el carril"*. Las hendiduras o surcos deben ser menores de 3 mm a todo lo ancho del carril, con relación a una regla de 3 m apoyada en la calzada [*ASTM, 2009 y COST 323, 1999*].

El sistema WIM puede ser instalado en una carpeta asfáltica sin ninguna complicación, sin embargo se recomienda que los sistemas WIM sean instalados en hormigón Portland para darle al pavimento estabilidad, durabilidad y suavidad durante los 8 ó 10 años de vida útil esperada; para este caso de placas de hormigón, el sistema completo de pesaje dinámico deberá ser instalado dentro de la misma placa. Estas normativas también establecen que el pavimento debe ser del espesor que aparezca en los planos de construcción o de 20-30 cm, lo que sea mayor.

La precisión de los resultados del sistema WIM en los puentes está fuertemente relacionada con el número de camiones (número de ejes) que accionan sobre la estructura del puente (un camión a la vez ofrece mejores resultados), por lo tanto la longitud de la estructura y la densidad de tránsito se tienen que analizar conjuntamente, en especial cuando se instrumenta un puente continuo.

Se tiene conocimiento que en otros países ya se han desarrollado diversos sistemas de pesaje para evaluar las cargas dinámicas. En México no se cuenta con una tecnología propia, aplicada a resolver los problemas relacionados con la evaluación de las cargas transmitidas por los vehículos a los pavimentos, por lo anterior, la descripción de los sistemas de pesaje dinámico será sobre equipos desarrollados en otros países.

El sistema se debe enfocar a la determinación del peso de vehículos bajo sospecha de violación del límite de peso, pudiendo realizar la medición a velocidades de tránsito de 20 a 120 km/h. El sistema debe proporcionar los medios para que, con objeto de confirmar su peso, los vehículos sospechosos de infringir reglamentos sean dirigidos automáticamente hacia una báscula estática. Por otra parte, es requisito indispensable que el marco normativo indique que la utilización de estos dispositivos son válidos para determinar el PBV y en caso de presentar un exceso en el peso o dimensiones sean sancionados los propietarios de las unidades.

Durante el proceso de calibración de instrumentos automatizados de peso y dimensiones de vehículos en movimiento en carreteras existe una serie de requisitos técnicos que se deben considerar, debido a que hay varios factores que determinan la exactitud y la confiabilidad de las calibraciones realizadas en un laboratorio de peso y dimensiones, tales factores son humanos, instalaciones y condiciones ambientales, métodos de calibración, validación de los métodos, equipos, trazabilidad de las mediciones, muestreo, y manipulación de los ítems de ensayo y de calibración. Un laboratorio debe considerar estos factores al desarrollar los métodos y procedimientos de calibración, en la formación y la calificación de su personal, así como en la selección y la calibración de los equipos utilizados. Además el laboratorio debe contar con una descripción de funciones y definición de la competencia necesaria de cada puesto de trabajo, así como sus responsabilidades en un manual de organización.

El laboratorio debe contar con los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, calibración y verificación de equipos y patrones, que establezca las directrices, en particular de aquellos que son considerados críticos para la calidad, con la finalidad de asegurar la continuidad de los servicios que desarrolla.

Todos los equipos del laboratorio utilizados en las calibraciones deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio y periódicamente, según lo establezca el procedimiento de calibración, para ello se recomienda contar con un esquema de trazabilidad de la masa, lo cual asegura que las calibraciones y mediciones realizadas son trazables al Sistema Internacional de Unidades.

El laboratorio debe tener un procedimiento de aseguramiento de la calidad de sus procesos, en el cual se establecen los ensayos a realizar sobre cada equipo de forma de asegurar el buen funcionamiento de los mismos.

3.5 Eje Estratégico para el control de peso y dimensiones

En este inciso se presenta una propuesta para establecer un Eje Estratégico para el control de peso y dimensiones de los vehículos que circulan por carreteras federales, definido por los siguientes objetivos estratégicos:

- Reforzar los servicios de pesaje en carreteras federales fomentando el uso de las estaciones de pesaje estático existentes en algunas carreteras (ejes troncales) y evaluando la necesidad de nuevas estaciones y en su caso instalarlas.
- Mantener los servicios de pesaje en los puertos fronterizos evaluando la actividad del concesionario para renovar el contrato o rescindir el contrato y realizar una nueva licitación.
- Mantener la acreditación del laboratorio de pesaje según la norma y mejorar su infraestructura e instalaciones del laboratorio de pesaje.
- Evaluar periódicamente la normativa referente al peso y dimensiones de los vehículos.
- Mejorar la obtención de información de pesaje instrumentando gradualmente la recepción de información de los distintos centros de emisión, transferencia o registro del peso y manteniendo un software que permita la recepción y el procesamiento de la información de dichas balanzas.
- Mejorar el conocimiento del desempeño de nuevos equipos de transporte por medio de estudios que permitan evaluar la eventual admisión de vehículos de mayor capacidad de carga, tecnología avanzada y mejor desempeño con relación a la infraestructura vial.

Estas iniciativas deben ser precedidas por las siguientes actividades:

- Elaborar o revisar un reglamento sobre el peso y dimensiones de los vehículos del autotransporte de carga.
- Generar un proceso de certificación metrológica de los instrumentos de pesaje instalados en estaciones fijas de control.
- Identificar las competencias de monitoreo de las estaciones de peso y dimensiones, así como de la gestión del laboratorio de peso y dimensiones.

- Capacitar a inspectores y administradores del sistema y establecer un manual de procedimientos.
- Aprobar la ubicación de las estaciones de peso y dimensiones desde el punto de vista legal.
- Reubicar estaciones e instalar nuevas, así como actualizar los equipos de medición de peso y dimensiones y del software de gestión.

3.6 Propuesta de estaciones para el control de peso y dimensiones

Es un hecho comprobado que la instalación de dispositivos de alta tecnología es una de las acciones positivas para vigilar y controlar el peso y dimensiones de los vehículos de carga.

En la propuesta de las estaciones fijas automatizadas piloto para el control del peso y dimensiones se realizó una revisión bibliográfica de los estudios realizados con anterioridad. En el Anexo 4 se resume un estudio realizado hace aproximadamente 15 años para la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) en la que se define un sistema de control de peso y dimensiones [*SCT-INFINSA, 1997*]. A partir de esa experiencia y de estudios más recientes de información origen-destino del movimiento de los vehículos de carga, de los aforos vehiculares actuales y de una estimación de los potenciales evasores, se realizó una primera propuesta para la ubicación de las estaciones automatizadas para el control de peso y dimensiones de los vehículos de carga que circulan por la RCF (véase en Anexo 5).

En el estudio piloto, la metodología seguida para ubicar los sitos más recomendables para la instalación de las estaciones fijas automatizadas para el control de peso y dimensiones de vehículos fue el análisis estadístico del peso y dimensiones de las unidades que circularon por alguna estación instalada en las principales carreteras de acceso a la Ciudad de México (autopistas México-Querétaro, México-Puebla, México-Cuernavaca, México-Toluca y México-Tizayuca y el tramo libre de la carretera México-Toluca). Adicionalmente, se consideraron las recomendaciones internacionales de las condiciones óptimas de un sitio para instalar una estación fija de control de peso y dimensiones con vehículos en movimiento.

La Tabla 3.2 muestra las principales carreteras que ingresan a la Ciudad de México, el TDPA más reciente, y para cada tipo de vehículo de carga el porcentaje respecto al total de vehículos aforados y el porcentaje de sobrecargados en ambos sentidos de circulación.

Tabla 3.2 Información de la configuración vehicular y porcentaje de vehículos con sobrepeso en las principales carreteras de acceso a la Ciudad de México

Carretera	TDPA 2012	Configuración vehicular en % (1) *(porcentaje de sobrecargado)* (2)				
		C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
México-Querétaro (cuota)	43,190	7.4	3.3	11.9	3.1	3.3
		(1.1)	*(17.0)*	*(12.0)*	*(33.3)*	*(31.4)*
México-Puebla (cuota)	30,050	6.9	3.8	5.2	0.3	1.3
		(1.5)	*(10.8)*	*(8.3)*	*(31.6)*	*(27.6)*
México-Toluca (libre)	78,550	5.2	0.9	3.0	3.8	1.0
		(1.9)	*(17.4)*	*(17.7)*	*(35.5)*	*(28.4)*
México-Pachuca (libre)	40,820	6.3	2.1	2.9	1.4	0.4
		(3.3)	*(26.2)*	*(21.6)*	*(41.6)*	*(50.7)*

(1) porcentaje del total de vehículos aforados en ambos sentidos de circulación

(2) porcentaje de sobrecargados por cada tipo de vehículo en ambos sentidos de circulación

En la tabla se oberva que los vehículos con mayores porcentajes de sobrepeso son los articulados, destacando las configuraciones del T3S3 y T3S2R4.

Dentro del análisis, se identificaron los sitios en donde se pudiera captar el mayor número de vehículos con sobrepeso procurando que estas unidades no evadieran la estación de control para las carreteras seleccionadas que ingresan a la Ciudad de México, así como evitar su instalación en las proximidades a la zona metropolitana de la Ciudad de México. A continuación se presentan los cuatro sitios seleccionados:

Autopista México-Querétaro. km 90+050, ambos sentidos. En este sitio se captaría el flujo vehicular que viene del norte hacia el centro y oriente del país, ya que el pórtico está posterior al entronque con el Arco Norte de la Ciudad de México (véase Figura 3.5).

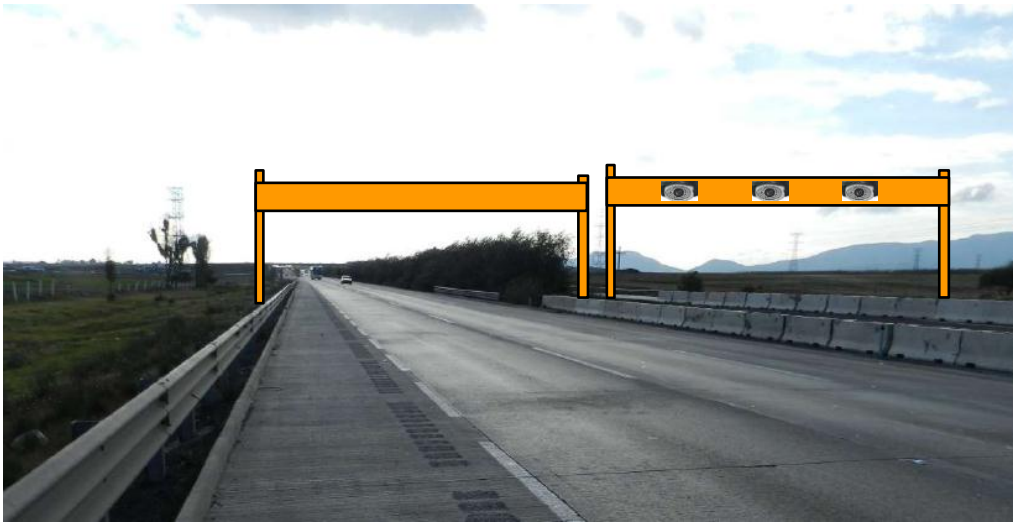


Figura 3.5 Esquema del pórtico que se colocaría a la altura del km 90 de la autopista México-Querétaro para el control automatizado del peso y dimensión de los vehículos de carga

Autopista México-Puebla. km 36+000, ambos sentidos. En este punto se registraría el flujo vehicular que viene del este y sureste hacia el centro del país, el pórtico estaría cercano a la caseta de cobro “San Marcos” (véase Figura 3.6).

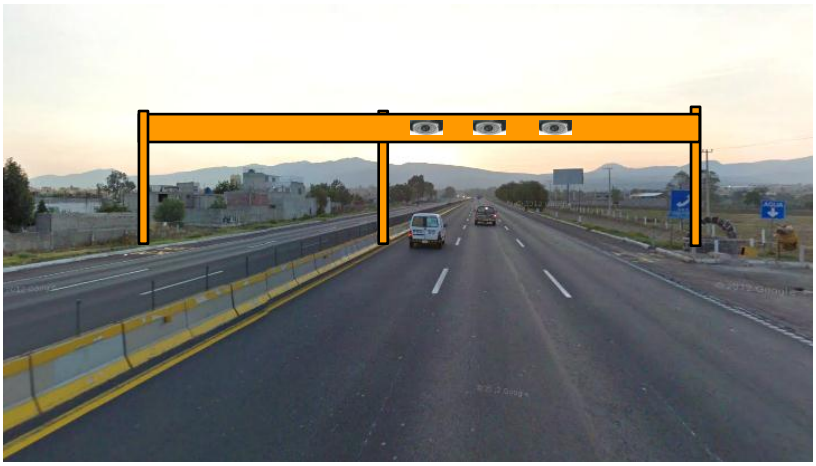


Figura 3.6 Esquema del pórtico que se colocaría a la altura del km 36 de la autopista México-Puebla para el control automatizado del peso y dimensión de los vehículos de carga

Carretera México-Toluca libre. km 35+900, ambos sentidos. Esta carretera captará el flujo vehicular que sale de la Ciudad de México hacia el occidente del país. Se propone sustituir el pórtico instalado por el Centro SCT del Estado de México (véase Figura 3.7).

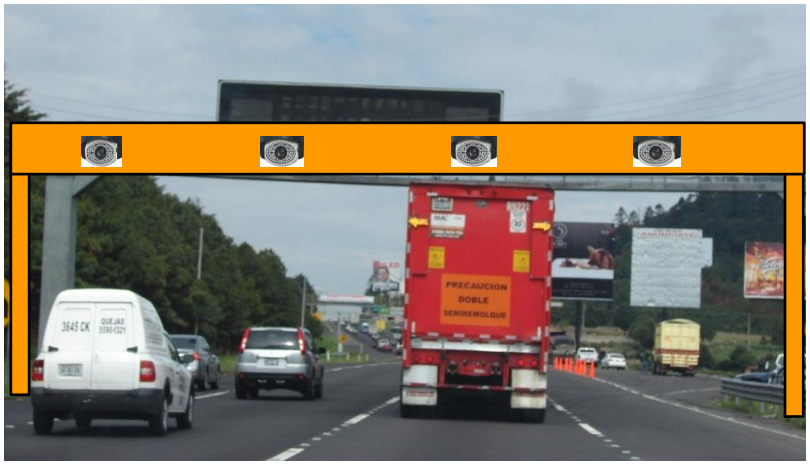


Figura 3.7 Esquema del pórtico que se colocaría a la altura del km 36 de la carretera México-Toluca para el control automatizado del peso y dimensión de los vehículos de carga

Carretera México-Pachuca libre. km 63+000, ambos sentidos. Por este sitio circula el flujo vehicular que ingresa a la Ciudad de México proveniente de la zona norte y noreste del país, antes de la bifurcación de las carreteras libre y cuota (véase Figura 3.8).

Figura 3.8 Esquema del pórtico que se colocaría a la altura del km 63 de la carretera México-Pachuca para el control automatizado del peso y dimensión de los vehículos de carga

Adicionalmente, se realizó el ejercicio de ubicar las estaciones fijas de control de peso y dimensiones en las principales carreteras de acceso a la Ciudad de México a partir de los Centros fijos de control de peso y dimensiones instalados por la DGAF de la SCT [*SCT-DGAF, 2012*]. De los 66 centros fijos de control sólo siete cumplirían la condición de estar relativamente cercanos a la Ciudad de México (véase Tabla 3.3 y Figura 3.9).

Tabla 3.3 Ubicación de los Centros fijos de control de peso y dimensiones instalados por la DGAF que están relativamente cercanos a la Ciudad de México

No.	Centro SCT	Ruta	Carretera	Km (1)	Sentido	Localidad
2	Querétaro	57	México-Querétaro	195+340	1	Calamanda, Qro.
3		57	Queretaro-México	197+280	2	Calamanda, Qro.
11	Edo. de México	138	México-Toluca	45+100	2	Ocoyoacac, Méx.
12		55	Toluca-Palmillas	80+000	1	Acambay, Méx.
16	Edo. de México	138	Texcoco-Ecatepec	29+000	2	S. Salvador Atenco, Méx.
61	Puebla	150	Puebla-San Martín Texmelucan	97+000	1	San Martín Texmelucan, Pue.
66	Hidalgo	85	Pachuca-Ixmiquilpan	59+000	2	J. Villagrán, Hgo.

(1) Cadenamiento reportado por la DGAF [*SCT-DGAF, 2012]*

Figura 3.9 Ubicación en el Google Earth de las estaciones a partir de los Centros fijos de control de peso y dimensiones instalados por la DGAF

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Las experiencias internacionales señalan la pertinencia que en los programas orientados al aumento de la seguridad vial se definan los objetivos del programa señalando los factores e indicadores necesarios que se deben ir cumpliendo para considerar que se va obteniendo éxito en el logro de las metas establecidas. Para que estas acciones tengan un efecto en la seguridad vial se deben considerar tres aspectos importantes: la participación ciudadana, la capacitación y actualización de los cuerpos policíacos y la coordinación interinstitucional.

El incremento en la confianza de la sociedad hacia las instituciones responsables de la seguridad vial, se logra aumentando el nivel de participación de ésta en las tareas de prevención de accidentes; mediante acciones conjuntas con la policía, a través de los programas de prevención de accidentes que fomenten una verdadera cultura de la educación vial.

Los resultados de estos programas dependerán en gran medida del éxito de la capacitación y actualización de cuerpos policiales preparados en las labores de prevención mediante la disuasión de los posibles accidentes, evitando el uso de la represión policíaca. De esta forma se busca lograr aumentar la confianza de los ciudadanos hacia la figura del policía, fomentando un mayor acercamiento, permitiendo un mayor alcance al enfrentar el reto de la inseguridad que se vive actualmente.

La dignificación de la labor policial es otro de los factores que inciden en el trabajo de los cuerpos policíacos, por ello se debe establecer el compromiso de hacer valer el reglamento de ascensos y recompensas de nueva creación, a través del cual, se reconocerá la labor policial mediante el estímulo económico.

Es importante establecer mecanismos eficaces de reclutamiento y selección de personal a fin de que los futuros policías cuenten con valores éticos que permitan prevenir la corrupción.

Para incrementar la participación en la labor preventiva de la vigilancia policial, también es necesario involucrar a las empresas de seguridad privada, mediante una estricta coordinación con las instituciones encargadas de mantener el orden y la paz pública.

Con el propósito de estar alineados con el Plan Nacional de Desarrollo se debe prever la necesidad de establecer estrategias de forma coordinada con otras

dependencias u organismos de seguridad (federal, estatal y municipal), a fin de integrar sistemas de información que permitan coadyuvar en las tareas de prevención de accidentes.

También es necesario contar con la colaboración de los municipios en la implementación de los programas antes mencionados y con la participación ciudadana para abordar de manera integral las políticas encaminadas a combatir la inseguridad vial en la red.

A partir de los factores de éxito, el modelo ‘ideal' para la vigilancia y control de las carreteras federales se basa en:

- Una sola fuerza policíaca
- Una sola estructura del orden lineal
- El mando de la toda la red de carreteras
- Los apoyos legales, administrativos y financieros requeridos
- Un gobierno central eficaz
- Todos los organismos y dependencias trabajando en armonía y coordinación
- Un gobierno capaz de modificar las leyes de tránsito necesarias

4.2 Recomendaciones

Las autoridades responsables de la gestión de las vialidades deben:

- Emprender acciones para reducir la velocidad de operación.
- Considerar la gestión de la velocidad como un elemento clave en sus estrategias de seguridad vial.
- Desarrollar un conjunto amplio de medidas de gestión de la velocidad.
- Con el apoyo político adecuado, las estrategias de gestión de la velocidad pueden suponer una contribución real en la consecución de un triple objetivo definido por la mejora de la seguridad vial, las ventajas medioambientales y la moderación del consumo de energía; y se debe informar a la ciudadanía sobre estos beneficios.
- Conseguir la implicación de todas las partes interesadas a la hora de mejorar los resultados de seguridad vial, entre ellas: autoridades locales, fabricantes de vehículos, instructores, grupos de interés, asociaciones de automovilistas, etc.

Infraestructura

- Esforzarse por lograr ventajas derivadas de medidas de ingeniería vial rentables. El objetivo es conseguir vías seguras y "autoexplicativas", un modelo por el cual todas las vías tendrían una función clara (acceso, distribución o circulación).
- Proteger a los usuarios vulnerables y al medioambiente general, especialmente en las zonas residenciales, en las cercanías de escuelas o en pasos peatonales. La implementación de medidas como banquetas o estrechamientos de calzada son muy rentables.
- En las carreteras rurales, la atención debería centrarse en la creación de una infraestructura más "fiable" eliminando obstáculos y aumentando la seguridad de las zonas laterales. La construcción de medianas para separar el tránsito es un método muy eficaz para reducir los riesgos. Es, sin embargo, una medida muy costosa.

Límites de velocidad

- Plantear la armonización de los límites de velocidad entre regiones del país para aumentar su credibilidad y el nivel de aceptación por parte de los conductores.
- Considerar un límite de velocidad de 80 km/h para los vehículos pesados.
- Determinar las velocidades adecuadas para todo tipo de carreteras de la red.
- Revisar los límites de velocidad existentes para determinar si reflejan la velocidad adecuada para la función del camino, y bajo la presencia de usuarios vulnerables, composición del tránsito, diseño geométrico y características de las zonas laterales.
- Definir límites de velocidad creíbles para una vialidad considerando la tolerancia física del cuerpo humano.
- Fijar límites de velocidad locales destinados a reducir la tasa de accidentes. Algunos países utilizan la velocidad media de circulación como la base de definición de los límites de velocidad locales y se deja de lado el percentil 85. Sin embargo, aunque este enfoque logra un mejor equilibrio entre la velocidad a la que viajan la mayoría de los conductores y las necesidades de otros usuarios, no toma en cuenta el nivel real de riesgo.
- Debería haber una diferencia clara entre límites de velocidad en autopistas y otras carreteras para mantener el atractivo de las primeras, la categoría de vía más segura.
- En las zonas urbanas, los límites de velocidad no deberían superar los 50 km/h con zonas de 30 km/h en aquellas áreas donde los usuarios vulnerables corran especial riesgo.

- Aumentar el uso de límites de velocidad variables, que pueden ayudar a mejorar la seguridad y la aceptación ciudadana.

Señalamiento

- Emprender acciones para garantizar que los conductores estén informados, en todo momento, del límite de velocidad adecuado. Un modo tradicional y rentable es utilizar una señalización lateral consistente. Su aplicación puede seguir traduciéndose en considerables avances.
- Fomentar el uso de nuevas tecnologías que permitan comprobar los límites de velocidad de otras formas, por ejemplo a bordo del vehículo.
- Realizar inspecciones periódicas del señalimiento vertical y horizontal del camino durante el día y la noche (con prioridad al horario nocturno).

Ingeniería de vehículos

- Fomentar el desarrollo en materia de tecnología automotriz que puedan ayudar a gestionar la velocidad de los vehículos.
- Promover la investigación sobre el control de estabilidad electrónico, el control de crucero adaptativo y los registradores de datos (EDR) para evaluar mejor sus efectos en la seguridad vial.
- Alentar al sector de las aseguradoras a emprender iniciativas para frenar el exceso de velocidad, reducir el riesgo de accidentes y evaluar su eficacia.
- Fortalecer las medidas de aplicación de la ley para evitar la manipulación ilegal de los controladores de velocidad para camiones.

Campañas educativas e informativas

- Es un requisito previo para garantizar el éxito del desarrollo de cualquier acción de gestión de la velocidad centrar la educación y la información dirigida a la cuidadanía y a las autoridades sobre el problema de la velocidad excesiva de manera permanente. La educación y la información deben abarcar la base lógica para el sistema de límites de velocidad y las razones de las medidas de gestión de la velocidad, preferiblemente destacando los resultados positivos de estas medidas.
- Alentar a los fabricantes para que utilicen anuncios que no exalten la velocidad.

Aplicación de la ley

- Garantizar un nivel adecuado de medidas de vigilancia policiaca tradicional y de control automático de la velocidad.
- En el caso de la aplicación de la normativa de forma automática, se debe ofrecer un sistema que haga al propietario del vehículo legalmente responsable de la infracción.

- Establecer niveles de tolerancia mínimos (p. ej. 5%) por imprecisiones de los dispositivos de medición.
- Consultar a las partes involucradas y grupos de interés antes de implementar un programa de estaciones automatizadas de control de velocidad, peso y dimensiones a gran escala.
- Acompañar los programas de aplicación de la ley con un sistema de comunicación pública a nivel nacional y local.
- Crear un sistema transparente para la asignación de los ingresos generados por las multas y reinvertir estos ingresos en actividades de seguridad vial.

Nuevas tecnologías

Dadas las enormes ventajas que pueden aportar las tecnologías, se exhorta a su implementación progresiva sobre una base de eficacia de costos. A este respecto, se recomienda:

- Emprender acciones para que todos los vehículos nuevos estén equipados con limitadores de velocidad ajustables de forma manual (el conductor elige la velocidad máxima), y en cuanto fuera practicable con sistemas ITS informativos, para ayudar a los conductores a cumplir con los límites de velocidad.
- Ayudar a garantizar las ventajas potenciales de las tecnologías ITS.

Transferencia de conocimientos

- Crear asociaciones con otros países de la OCDE con buenos niveles de seguridad vial para garantizar la transferencia de conocimientos. Esos conocimientos tratarán sobre las políticas y medidas de gestión de velocidad más adecuadas.

Bibliografía

- ASTM, 2009. *Standard Specification for Highway Weight-in-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods*, Washington, D.C., EE.UU.
- Birth, S. y Sieber, G. 2004. *Human Factors Guideline,* Ministerio de Infraestructura y Desarrollo Regional, Berlín, Alemania.
- Bjorklid, P., 1998. *Los niños que son usuarios vulnerables en la vía*, I: A. Englund, m.fl., Trafiksakerhet, en kunskapsoversikt, Studentlitteratur, s 316-329, Lund, Suecia.
- Cohen S., H. Duval, S. Lassarre y J.P. Orfeuil, 1998. *Limitations de vitesse: les décisions publiques et leurs effets*. Hermes, París, Francia.
- Comisión Europea, 2004. *European Drivers and Road Risk*, SARTRE 3 Report, INRETS, Arcueil, Francia.
- COST 323, 1999. *Weight-in-Motion (WIM) of Road Vehicles*, Reporte Final, Apéndice, Comunidad Europea, Version 3.0.
- Christie, 1995. *The high risk child pedestrian: socio-economic and environmental factors in their accident*. TRL project report N° PR 117, TRL, Crowthorne, Bracknell Forest, Inglaterra.
- Cuevas C. *et al.* 2013. *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales, 2010,* Documento técnico 51, IMT, Querétaro, México.
- Delaney, A., S. Newstead y B. Corben, 2003. *Outcome evaluation of safe routes to schools -changes in crashes, knowledge and behavior*, Monash University and ARRB Transport Research, Road Safety Research, Policing and Education Conference 2003, Sydney, Australia.
- Department of Health, 1998. *Independent inquiry into inequalities in health,* Informe Acheson, Londres, Inglaterra http://www.official-documents.co .
- DETR, 2000. *New Directions in Speed Management* - A Review of the Policy, Department of the Environment, Transport and the Regions DETR, Londres, Inglaterra.
- Elvik R. y T. Vaa, 2004. *The Handbook of Road Safety Measures,* ISBN 0-08-044091-6, BMJ Publishing Group, Elsevier Science, Oxford, Inglaterra
- ESCAPE 2003. *Traffic Enforcement in Europe,* proyecto europeo desde 1999 al 2003.

- ETSC, 1995. *Reducing traffic injuries resulting from excess and inappropriate speeds*, European Transport Safety Council ETSC, Bruselas, Bélgica.
- Hagenzieker, M.P., 1999. *Rewards and road user behavior*, tesis doctoral, Universidad de Leiden, Holanda.
- Hakkert, A. S, Gitelman, V. y Vis, M. A., 2007. *Road Safety Performance Indicators: Theory.* Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet, SWOV, Loughborough, Reino Unido http://www.erso.eu/safetynet/fixed/WP3/sn_wp3_d3p6_spi_theory.pdf .
- HEA, Health Education Authority, 1998. *Transport and Health: A briefing for health professionals and Local Authorities*, Health Education Authority, Londres, Inglaterra.
- Hollo, P., 1999. *Impact analysis of road safety measures with special emphasis on the methodology of International comparison*, Academia Húngara de Ciencias, Budapest, Hungría.
- Hollo, P. y O. Zsigmond, 2004. *Practical forecast example concerning the road safety impact analysis of increased speed limits.* Actas de la III[a] Conferencia sobre vías seguras en el siglo XXI, Meeting Budapest Ltd, Budapest, Hungría.
- Homel, R.J., 1988. *Policing and Punishing the Drinking Driver*. A Study of General and Specific Deterrence, Springer-Verlag, Nueva York, EE.UU.
- Gutiérrez J. L. y Mendoza A, et al., 2012. *Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional. Analisis Estadístico de la Informacion Recopilada en las Estaciones Instaladas de 1998 a 2012*, Documentos técnicos 21, 24, 28, 31, 33, 35, 37, 39, 40, 42, 45, 50 y 54, IMT, Querétaro, México.
- Le Breton P., 2005. *Time series methodology applied to speed limit change,* SETRA, Bagneux, Francia.
- Lehmann, G. et al, 1998. *The Contribution of On-board Recording Systems to Road Safety and Accident Analysis*. Artículo No. 98-S2-0-34, XVI[a] Conferencia técnica sobre la seguridad mejora de los vehículos, Windsor Ontario, Canadá.
- LTSA, 2000. *Road safety strategy 2010: a consultation document*, Land Transport Safety Authority LTSA, Wellington, Nueva Zelanda.
- McMahon K. y S. Dahdah, 2008. *The True Cost of Road Crashes, Valuing Life and the Cost of Serious Injury*. International Road Assessment Programme (iRAP), Hampshire, Reino Unido, www.irap.net
- Montoro L., Alonso F., Esteban C. y Toledo F., 2000. *Manual de seguridad vial: El factor humano*, editorial Ariel-Intras, Barcelona, España.

- NHTSA, 2003. *National Survey of Speeding and Unsafe Driving Attitudes and Behaviors: 2002*, Volumen 2: Findings Report. NHTSA, Washington D.C. EE.UU.

- Nouvier J., 2001. *Transport intelligent*, CD ROM (en inglés y francés), CERTU, Lyon, Francia.

- Pepper Project, 2008. *Police Enforcement Policy and Programmes on European Roads*, conferencia Final, Comisión Europea, DG Energy and Transport, Praga, República Checa www.pepper-eu.org .

- PIARC, 2005. *ITS Handbook*, 2ª edición, ISBN 2840601745, Asociación Mundial de Carreteras, París, Francia.

- OECD, 2004. *Keeping children safe in traffic*, ISBN 9789264106314, OECD Publishing, París, Francia.

- OECD, 2006. *Gestión de velocidad*, Conferencia Europea de Ministros de Transporte ECMT, Centro de investigación del transporte, ISBN 9282103773 ECMT, Paris, Francia.

- ONU, 2010. *Decade of Action for Road Safety 2011-2020*, Declaratoria de la Asamblea de la Organización de las Naciones Unidas, Washington DC, EE.UU. www.who.int/roadsafety/decade_of_action/ .

- Parker, M. 1997. *Effects of raising and lowering speed limits on selected roadway sections*, Publication N° FHWA-RD-92-084, Federal Highway Administration FHWA, Washington DC. EE.UU.

- Read, M., S. Tagg, A.M. MacKintosh, y D. Eadie, 2005. *Development and evaluation of a mass media Theory of Planned Behaviour intervention to reduce speeding*. Health Education Research, Vol 20, 36- 50, Oxford University Press, Oxford, Inglaterra.

- Rotherngatter, T.H., 1989. *The scope of automatic policing information systems*, Autopolis Report, The identification of traffic law violations, 1033/D1, EE.UU.

- SAADA, 2010. *Bases de datos de accidentes 2008 generadas en el sistema SAADA*, IMT, Querétaro, México.

- SAADA, 2011. *Bases de datos accidentes 2009 generadas en el sistema SAADA*, IMT, Querétaro, México.

- SAADA, 2012. *Bases de datos de accidentes 2010 generadas en el sistema SAADA*, IMT, Querétaro, México.

- SCT, 1984. *Normas de Servicios Técnicos: Carreteras, Proyecto geométrico*, DGST, SCT, Ciudad de México, México.

- SCT, 1986. *Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras*, Dirección General de Servicios Técnicos, Subsecretaría de Infraestructura, SCT, Ciudad de México, México.
- SCT, 1997. *Estudio del Sistema de Control de Peso y Dimensiones de los Vehículos que transitan por las Carreteras de México,* Dirección General de Autotransporte Federal, Subsecretaría de Transporte, SCT-INFINSA, Cuidad de México, México.
- SCT, 2006. *Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal*, SCT, Ciudad de México, México.
- SCT, 2008. *Dispositivos para Control de la Velocidad y Alertadores de Salida de Camino*, N PRY CAR 10 04 006/08, Normativa SCT, Cuidad de México, México.
- SCT, 2011. *Estudio de origen-destino y peso, de 1977 a 2010*, Dirección General de Servicios Técnicos 388.314 DGS.e., Subsecretaría de Infraestructura, SCT, Ciudad de México, México.
- SCT, 2012. *Centros fijos de control de peso y dimensiones instalados por la DGAF,* Dirección General de Autotranporte Federal, Subsecretaría de Transporte, SCT, Ciudad de México, México.
- SCT, 2013. Proyecto de Señalamiento y Dispositivos de Seguridad en Carreteras y Vialidades Urbanas, N PRY CAR 10 01 003/13, Normativa SCT, Ciudad de México, México.
- Sibylle B. et al, 2012. *La velocidad en la operación segura de una carretera,* Núm. 17, Revista Vías Terrestres, AMIVTAC, Ciudad de México, México.
- SWOV, 2002, *A comparative study of the development of road safety in Sweden, The United Kingdom and The Netherlands*, ISBN 90-801008-9-7, SUNflower, SWOV, Leidschendam, Holanda www.swov.nl/rapport/ .
- SWOV, 2004. *The graduated driving license. Factsheet*, Instituto para la investigación sobre la seguridad vial, SWOV, Leidschendam, Holanda www.swov.nl .
- Toledo F. *et al.*, 1998. *La importancia del factor humano en la seguridad y los accidentes de tráfico*, Valencia, España.
- Transport Canada, 1997. *Safety, Speed and Speed Management: a Canadian Review*, Final report, IBI Group, Canada, IRRD 890193, Toronto, Canadá.
- Wegman, F.C.M. *et al*. 2006. *A comparative study of the development of road safety in the SUNflower more 6 countries*. Final report, SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Nueva Zelanda. http://www.swov.nl/rapport/sunflower/SUNflower+6_Final_Report.pdf .

Anexos

Anexo 1. Pautas para la instalación de dispositivos automatizados para el control de velocidad en carreteras

A continuación se propone la siguiente metodología para la instalación de puntos de control.

A. Definición de tramos de alto riesgo, críticos y no críticos

B. Inspección en campo de las condiciones físicas y operativas del tramo incluyendo la señalización restrictiva (p. ej. velocidad máxima permitida)

C. Realización del operativo (control y vigilancia de la velocidad)

D. Análisis y resultados

E. Evaluación y ajustes

Se considera un tramo negro a la zona de alto riesgo, donde se presentan una gran cantidad de accidentes debido al exceso de velocidad. Un tramo rojo es la zona crítica donde se registran excesos de velocidad con algunos accidentes, pero sin considerarse una zona de alto riesgo. Un tramo blanco son las secciones ilimitadas de la carretera que no presentan, aparentemente, excesos de velocidad ni accidentes y que son seleccionadas bajo el principio de prevención de accidentes por los usuarios o la policía.

A1.1 Tiempo de duración del dispositivo para el control y vigilancia de la velocidad

De acuerdo a la experiencia internacional se considera que el mínimo tiempo eficaz para la toma de velocidades es cinco horas diarias, lo que hace un total de 150 horas mensuales, las cuales deben ser repartidas en los tramos negros, rojos y blancos de la siguiente manera:

- Asegurar que al menos 70% del uso del radar o el láser se coloque en los puntos donde existe una elevada accidentalidad y mortalidad debida al

exceso de velocidad, de acuerdo a su periodicidad durante el día de la semana y las horas del día. Tramos negros.

- El 20%, en los puntos dónde se presenten algunos problemas de accidentalidad por exceso de velocidad importante en tramos con restricción de velocidad o en ciertos periodos del día o de la semana, etc. Tramos rojos.
- Y el 10% restante de las medidas de control se pueden llevar a cabo en tramos dónde los usuarios lo soliciten o donde la policía espera registrar excesos de velocidad. Tramos blancos.

A1.2 El efecto de instalar un sistema de control de velocidad

La experiencia internacional indica que el instalar un dispositivo fijo o móvil (radar o láser) para el control de la velocidad tiene un efecto en distancia y en tiempo, es decir:

- En distancia de 1.5 a 3.5 km después del punto de control y 0.5 km antes del mismo.
- En tiempo de una a nueve semanas, aumentando el tiempo si se alargan los periodos y la frecuencia del control.

También es importante considerar lo siguiente:

- ➔ La repetición del control de velocidad en el tramo.
- ➔ La duración del control de velocidad en el tramo.
- ➔ La combinación de métodos (fijo o móvil y automatizado o manual)
- ➔ La visibilidad del control de velocidad (completamente visible, medio y no visible).

Respecto al último punto se recomienda que los dispositivos sean completamente visibles o medio visibles en los tramos negros y rojos y, en los tramos blancos que el dispositivo sea de medio visible a no visible.

Dentro de los resultados más relevantes de este tipo de control se tiene que: (I) con la presencia física de la policía en los tramos, se obtiene una reducción aún mayor en cuanto al número y severidad de los accidentes; (II) con el aumento en el número de registros y horas de control, también se obtienen resultados más bajos en el número y severidad de los accidentes; y (III) con la presencia física de la policía en los tramos se registran velocidades operación promedio más bajas.

Puntos a considerar durante la toma de datos en campo para el control de la velocidad son:

- Asegurar que las medidas de la velocidad sean en tramos negros, rojos y blancos de acuerdo a la proporción 70%, 20% y 10%.
- Asegurar los límites de tiempo de las medidas diarias para cada punto de control.
- Asegurar que para la realización de la toma de datos, la ubicación sea la adecuada, desde el punto de vista de seguridad.
- Encontrar la manera apropiada para la toma de datos, es decir el detalle de la instalación del dispositivo.
- Evitar realizar registros en tramos donde se pretenda sorprender al conductor por el exceso de velocidad y más aún si en ese tramo no hay registros de accidente.
- Evitar las quejas del usuario respecto a que el objetivo básico de la policía sea infraccionar.
- Asegurar el libre flujo vehicular sin disminuir la seguridad vial en su conjunto.

Anexos

Anexo 2. Propuesta de ubicación de estaciones control automatizado de velocidad

En la red vigilada por la Policía Federal del 2008 a 2010 se registraron en bases de datos del SAADA 83,499 accidentes, de los cuales en 52,163 (62%) se reporta como causa la velocidad excesiva, agrupando esta información por kilómetro de carretera se contabilizaron 22,540 segmentos de 1 km de longitud; 52 de estos segmentos concentran 20 accidentes o más. En la Tabla A2.1 se muestran los segmentos y en las Figuras A2.1 a A2.10 se muestran gráficamente los saldos de las primeras carreteras con elevado número de accidentes. En estos segmentos están remarcados los que ocasionaron mayores víctimas.

Tabla A2.1 Segmentos de carretera de 1 km que concentraron en ambos sentidos 20 o más accidentes cuya causa fue la velocidad excesiva

Ruta	Clave de carretera	Nombre de la carretera	Km	Accidentes	Muertos	Lesionados	Accidentes con víctimas
MEX-136	00052	Los Reyes - Zacatepec	32	23	**10**	**45**	14
MEX-180	00064	Villahermosa - Ciudad del Carmen	8	**31**	2	13	8
MEX-145D	00077	Las Choapas - Ocozocuautla (Cuota)	145	23	**14**	**70**	9
MEX-195	00104	Villahermosa - Escopetazo	4	23	0	7	5
			6	30	3	5	4
MEX-055	00122	Toluca - Axixintla	9	25	6	11	6
			10	**38**	2	26	12
			11	22	0	7	7
MEX-057	00165	Querétaro - San Luis Potosí	153	21	4	11	11
MEX-117D	00212	San Martín Texmelucan - Ocotoxco (Cuota)	32	21	4	11	10
MEX-057	00405	Matehuala – Saltillo Km 231 y 232 pertenecen al tramo de cuota Puerto México – La Carbonera	30	22	6	31	9
			231	**39**	3	**42**	**24**
			232	**38**	2	25	**20**
MEX-057D	00411	México - Querétaro (Cuota)	29	24	2	38	16
			30	26	0	17	12
			192	21	1	7	7
			208	24	0	6	6
			209	20	1	17	9
			211	30	1	14	6
MEX-015	00447	México - Toluca	33	28	3	15	11
			38	20	1	21	14
			50	22	1	11	8

(continuación)

Tabla A2.1 Segmentos de carretera de 1 km que concentraron en ambos sentidos 20 o más accidentes cuya causa fue la velocidad excesiva

Ruta	Clave de carretera	Nombre de la carretera	Km	Accidentes	Muertos	Lesionados	Accidentes con víctimas
MEX-150D	00450	México - Puebla (Cuota)	22	20	0	**42**	10
			24	**36**	0	**44**	12
			28	27	4	**60**	17
			29	23	3	37	13
			52	**45**	2	**70**	**28**
MEX-115	00451	Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros	7	25	3	**55**	17
MEX-085	00462	Ciudad Victoria - Monterrey	236	**32**	3	33	19
MEX-150D	00485	Puebla - Córdoba (Cuota)	128	22	2	23	14
			231	30	1	25	11
			263	**33**	3	18	10
			265	25	1	25	15
			268	**36**	1	14	11
			291	25	3	13	11
			292	20	3	36	8
MEX-180	00528	Coatzacoalcos - Villahermosa	123	27	2	13	11
			148	20	0	13	6
			153	25	3	11	6
			158	23	2	7	5
			159	26	5	13	8
			160	21	3	7	6
			161	24	1	0	1
			162	23	1	12	5
			164	27	1	11	9
			165	24	1	4	4
MEX-045	11123	Irapuato - León	150	22	2	6	8
			166	21	2	34	12
MEX-023	14222	Guadalajara - Entronque Jocotepec	5	24	3	19	11
MEX-144	21004	San Salvador El Seco - Azumbilla	9	22	3	29	11
MEX-307	23132	Reforma Agraria - Puerto Juárez	336	25	0	17	10
MEX-138	53660	T. C. (México - Pachuca (Libre)) - T. C.(San Pedro Barrientos - Ecatepec)	25	24	2	**40**	17
Total de los 52 segmentos				***1,348***	***126***	***1,181***	***554***

Fuente: elaboración propia, a partir de las bases de datos del SAADA 2008 a 2010

T.C. *Entronque carretero*

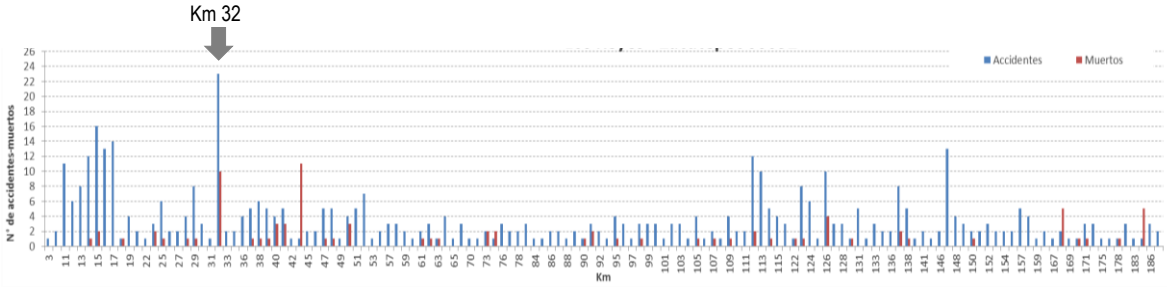


Figura A2.1 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Los Reyes-Zacatepec

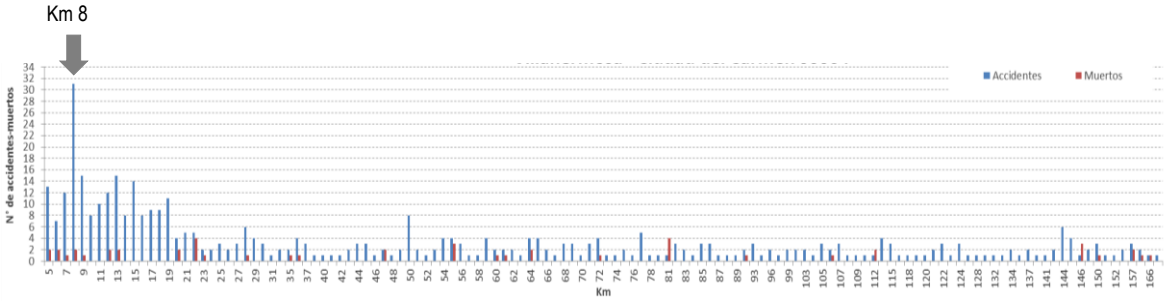


Figura A2.2 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Villahermosa-Ciudad del Carmen

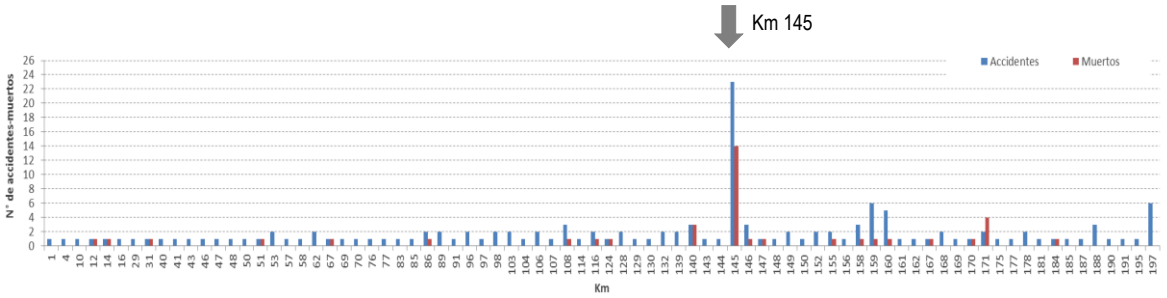


Figura A2.3 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera de cuota Las Choapas-Ocozocuautla

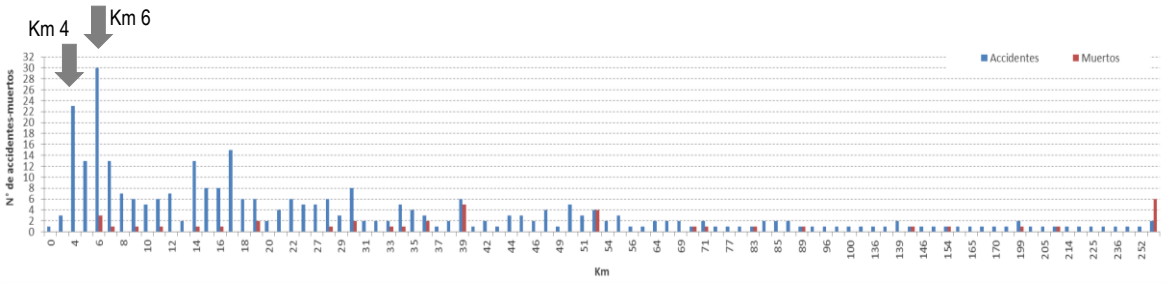


Figura A2.4 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Villahermosa-Escopetazo

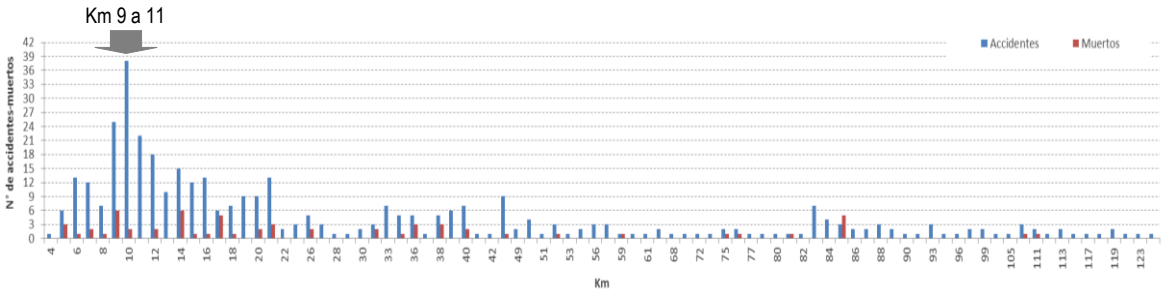


Figura A2.5 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Toluca-Axixintla

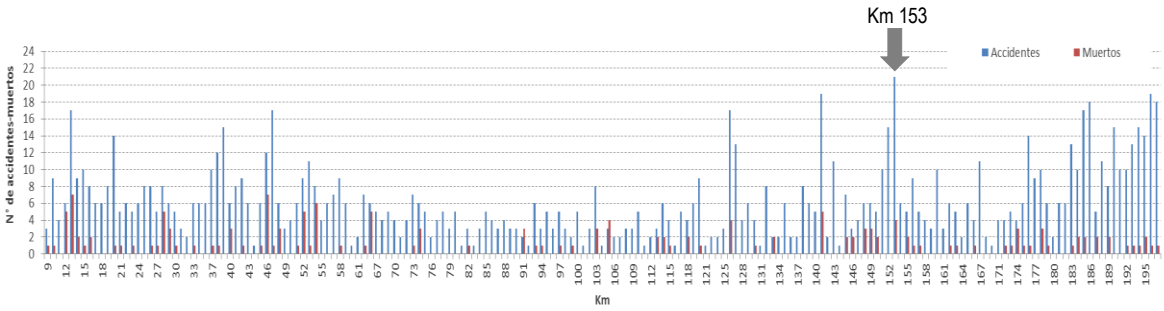


Figura A2.6 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Querétaro-San Luis Potosí

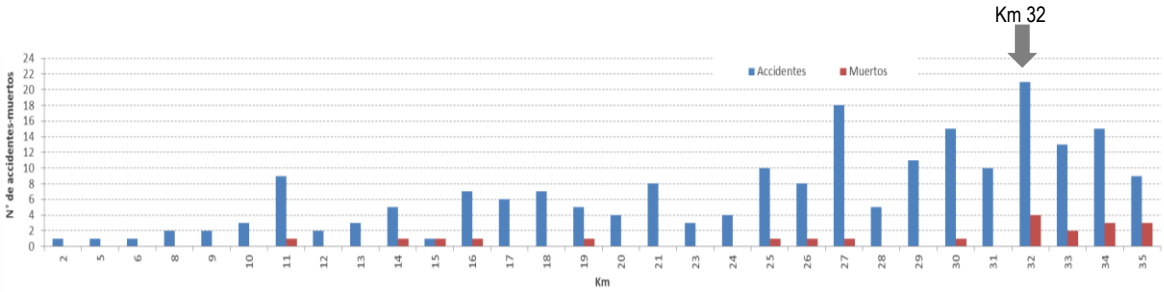


Figura A2.7 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la autopista San Martín Texmelucan-Ocotoxco

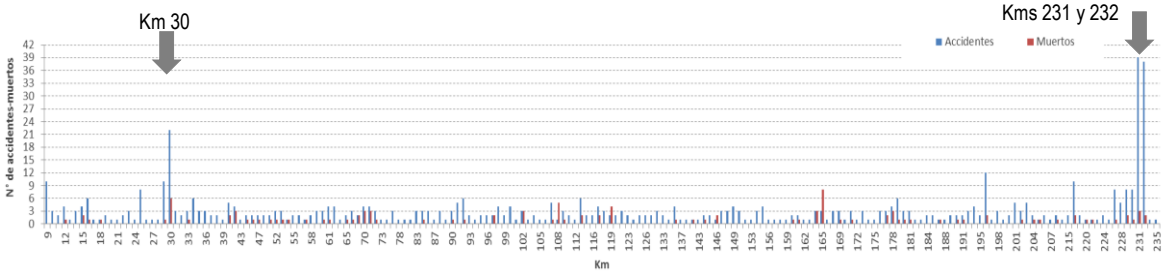


Figura A2.8 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Matehuala-Saltillo

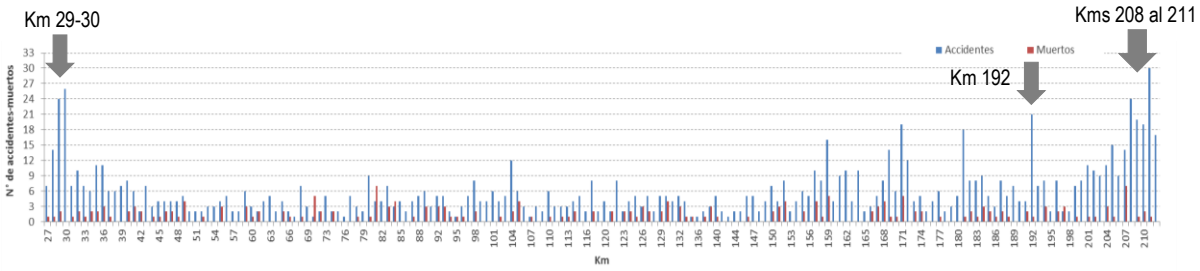


Figura A2.9 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la autopista México-Querétaro

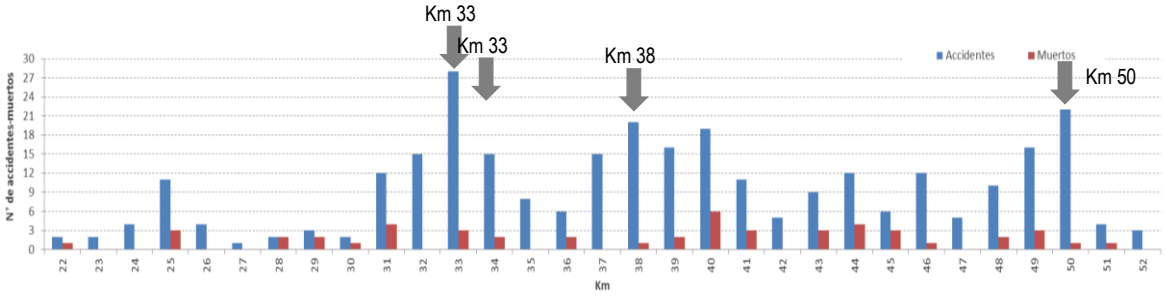


Figura A2.10 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera México-Toluca

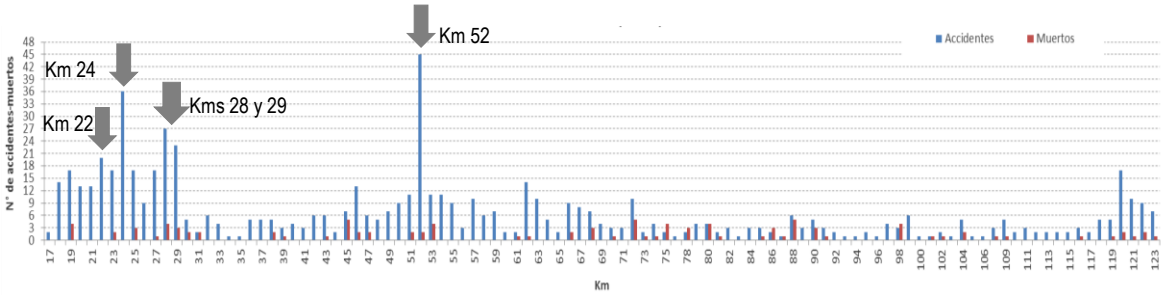


Figura A2.11 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la autopista México-Puebla

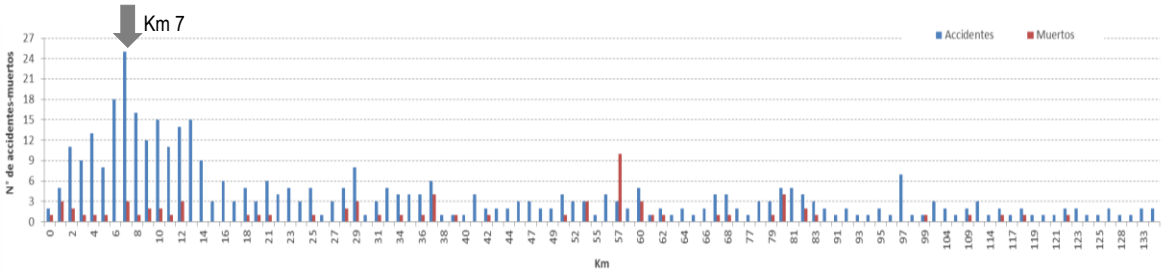


Figura A2.12 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Santa Bárbara-Izúcar de Matamoros

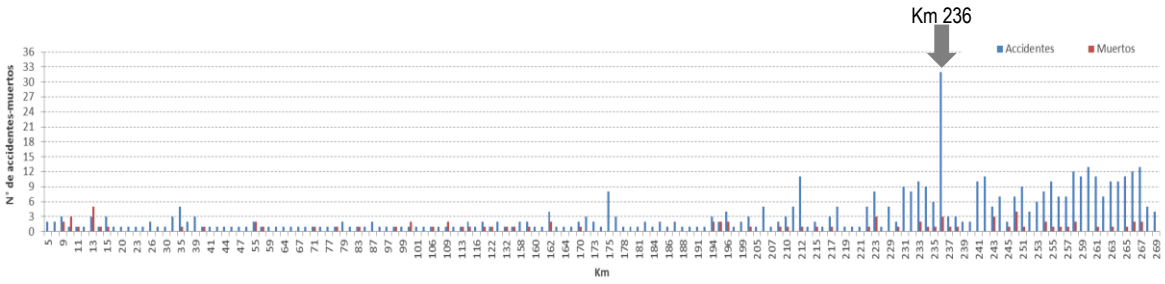


Figura A2.13 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Ciudad Victoria- Monterrey

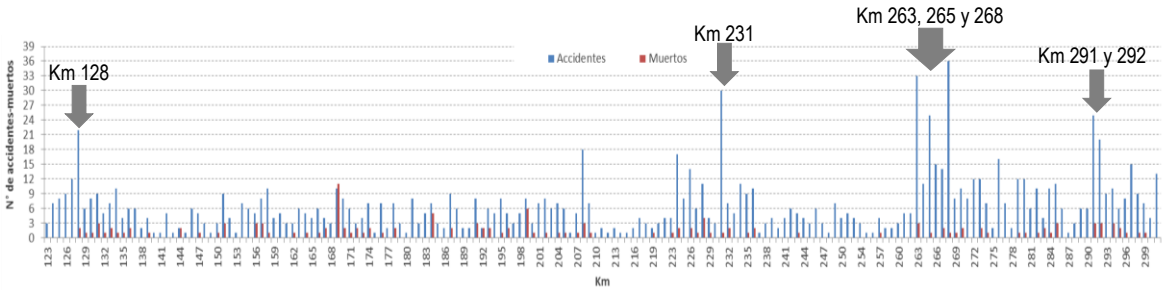


Figura A2.14 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la autopista Puebla-Córdoba

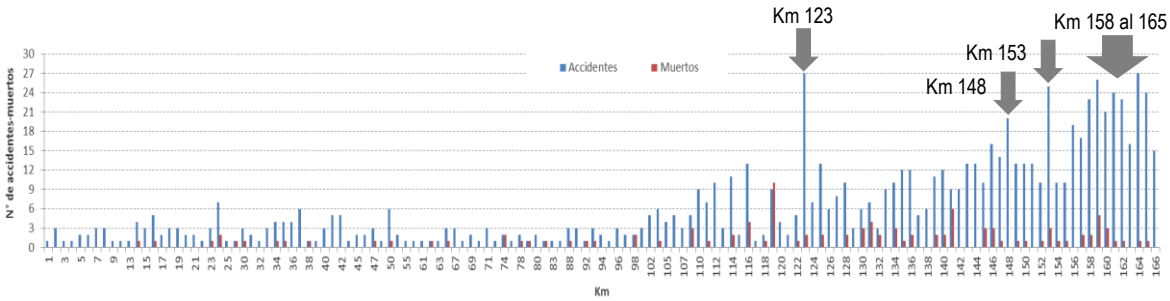


Figura A2.15 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa

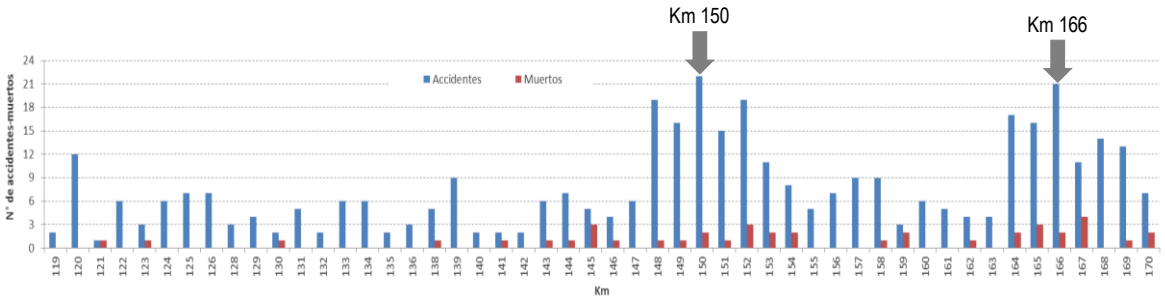


Figura A2.16 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Irapuato-León

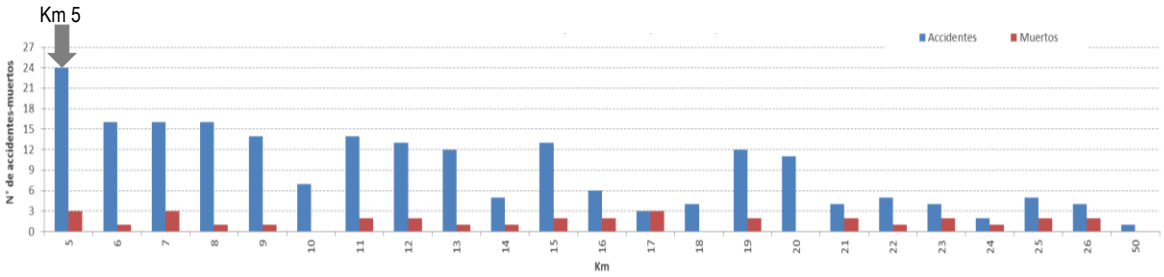


Figura A2.17 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Guadalajara-Entronque Jocotepec

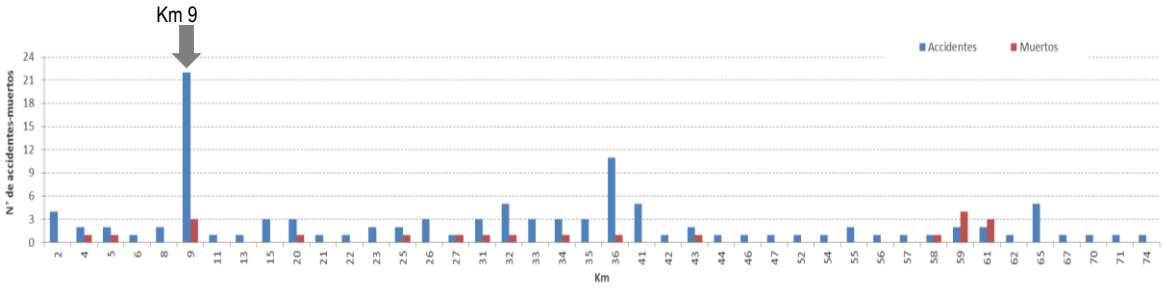


Figura A2.18 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera San Salvador El Seco-Azumbilla

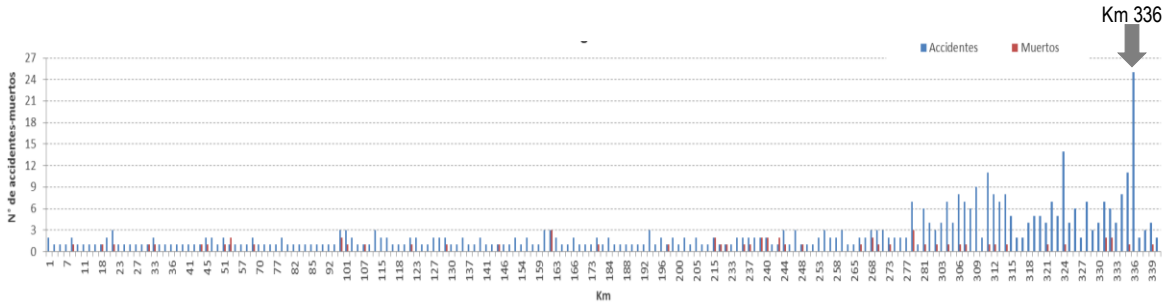


Figura A2.19 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera Reforma Agraria-Puerto Juárez

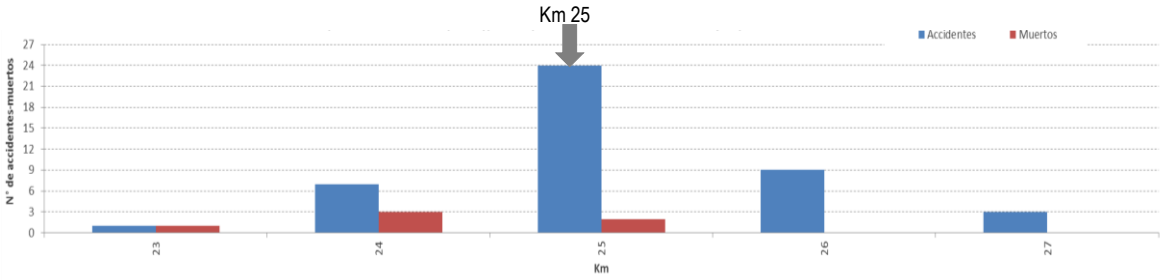


Figura A2.20 Siniestralidad (accidentes y muertos) por kilómetro a causa de velocidad excesiva en la carretera T.C. (México-Pachuca (L))-T.C. (San Pedro Barrientos- Ecatepec)

Anexos

Anexo 3. Aspectos de las tecnologías de control de velocidad, peso y dimensiones

Los tecnologías existentes instaladas en las vialidades para registrar la velocidad de los vehículos e identificarlos son: el láser infrarrojo activo, el detector infrarrojo pasivo, el radar a hiperfrecuencia, el radar a efecto Doppler, el detector ultrasónico, el detector de imagen para generación de lazos inductivos virtuales, el detector de video de uso general, entre otros. Generalmente estas tecnologías se pueden adaptar a la aplicación particular que se requiera, a través del desarrollo de un software específico.

Por ejemplo el radar para medir la velocidad de vehículos se desarrolló en Estados Unidos a finales de los años cincuenta y enseguida encontraron notables aplicaciones prácticas, aunque todavía era muy inseguro por la baja frecuencia en la que trabajaba y la tecnología electrónica analógica. El radar consiste en un emisor de micro-ondas enviadas a la carretera que chocan con cualquier cuerpo que encuentran y regresan entrando en el mismo instrumento que emitió las ondas. Si el cuerpo con el que chocan es estacionario las ondas se reflejan con la misma frecuencia con la que fueron emitidas, pero si el cuerpo está en movimiento, la onda reflejada regresa con una frecuencia ligeramente diferente de la emitida (Efecto Doppler: la frecuencia se hace menor cuando el cuerpo se aleja y mayor cuando se acerca). Comparando las dos frecuencias se puede determinar la velocidad de movimiento del cuerpo que ha reflejado la onda radar.

Estos sistemas permiten determinar, sin necesidad de ranurar el pavimento, el aforo vehicular, las velocidades medias o de cada vehículo, clasificación en función de la longitud o altura del vehículo, determinar las dimensiones (alto, largo, ancho) de los vehículos en circulación, registrar el número de la placa. También pueden combinar la detección de algunas magnitudes con otras, por ejemplo capturar el número de placa del vehículo que se pasa un semáforo en rojo o que excede la velocidad límite o que tiene un exceso en sus dimensiones (p. ej. los vehículos articulados de carga que circulan por carreteras no autorizadas).

La tecnología Doppler es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles como aeronaves, barcos, vehículos motorizados, formaciones meteorológicas y el propio terreno. Su funcionamiento se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información. El radar

Doppler, que se utiliza a menudo para medir la velocidad de los vehículos, se transmite con una frecuencia constante.

En cambio la tecnología láser obtiene la velocidad a través de una pistola que emite una ráfaga de pulsos de luz infrarroja hacia el vehículo objetivo. Los pulsos de luz se reflejan en el vehículo y vuelven de vuelta a la pistola. La pistola calcula el tiempo que tardan esos sucesivos rebotes en regresar a la pistola. Como la velocidad de la luz es constante, la pistola puede calcular la distancia a la que se produjo cada rebote. A medida que le vehículo se acerca a la pistola, esa distancia se va reduciendo y calculando la diferencia de la distancia de los sucesivo rebotes, la pistola puede determinar la velocidad a la que se aproxima el vehículo Si el vehículo se está alejando, el principio también es el mismo.

El reconocimiento automático del número de placa (Automatic number plate recognition, ANPR) es un método de vigilancia en masa que utiliza reconocimiento óptico de caracteres en imágenes para leer las matrículas de los vehículos. En 2005, los sistemas podían escanear las matrículas con una frecuencia aproximada de una por segundo en vehículos circulando a velocidades de hasta 160 km/h. Estos lectores pueden utilizar el circuito cerrado de televisión existente; son utilizadas por las diversas fuerzas de policía y como método de recaudación electrónica de cobro en las autopistas de pago, y para vigilar la actividad del tránsito, como el cruce vehicular cuando el semáforo está en rojo en una intersección. También se utiliza el ANPR para almacenar las imágenes capturadas por las cámaras fotográficas, así como el texto de la placa del vehículo y algunas se pueden configurar para almacenar una fotografía del conductor. Estos sistemas a menudo utilizan iluminación infrarroja para hacer posible que la cámara pueda tomar fotografías en cualquier momento del día. En al menos una versión de cámara fotográfica para la supervisión de intersecciones se incluye un flash de gran alcance, que sirve para iluminar la escena y hacer que el infractor se dé cuenta de su error.

La tecnología ANPR tiende a ser específica para una región, debido a la variación entre matrículas de un lugar a otro. ANPR utiliza el reconocimiento óptico de caracteres (Optical Character Recognition, OCR) en las imágenes tomadas por las cámaras fotográficas. Los algoritmos principales que el software necesita para identificar una matrícula son: (I) Localización de la matrícula - responsable de encontrar y aislar la matrícula en la imagen, (II) Orientación y tamaño de la matrícula - compensa los ángulos que hacen que la matrícula parezca "torcida" y ajusta las dimensiones al tamaño requerido, (III) Normalización - ajusta el brillo y el contraste de la imagen (IV) Segmentación de los caracteres - encuentra los distintos caracteres presentes en la matrícula, (V) Reconocimiento óptico de caracteres y, (VI) Análisis sintáctico y geométrico - comprueba los caracteres encontrados y sus posiciones con las reglas específicas del país al que pertenece la matrícula.

Para el desarrollo del proyecto es necesario contar con una cámara adecuada para el reconocimiento de placas y la toma de fotografías a alta velocidad, por lo

cual es necesario que la cámara se ajuste a las especificaciones y necesidades listadas en el lector de velocidad y el sistema ANPR. Tomando en cuenta que debe ser una cámara de alto desempeño con los parámetros necesarios para un óptimo funcionamiento del sistema de manera integral (resolución, calidad, alcance, iluminación mínima, lentes, salidas y entradas, así como niveles de protección y margen de funcionamiento en intemperie), el integrador debe tomar las medidas necesarias de enmascaramiento de zonas privadas al tomar la fotografía, así como la consideración de tomar la placa trasera de ser posible.

Para determinar el peso de los vehículos el subsistema de sensores obtiene la detección de vehículos que violen la normativa de peso en carreteras, dicha detección puede darse aún en vehículos a alta velocidad. Este subsistema debe contar con opciones de inserción de texto hacia el sistema de transmisión o de fotografía, conformando los datos: peso, tipo, velocidad, hora, fecha, ubicación de vehículo. Adicionalmente el sistema cuenta con un sistema ANPR.

Los sensores deben ser instalados de manera permanente en carreteras de concreto. Es necesario que el sistema se ajuste al perfil de la carretera, considerando que el corte necesario para su instalación debe minimizar el daño sobre la carretera.

Se debe contar con un sistema que recopile los datos con la finalidad de grabar la información recabada por el sensor y arrojarla en un formato RS232 (es la forma mas comúnmente usada para realizar transmisiones de datos entre computadoras) a un adaptador Ethernet o directamente en algún puerto Ethernet para ser transmitida por el sistema de comunicaciones.

El sensor piezoeléctrico mide el peso del vehículo, la velocidad de los ejes y el espaciamiento entre ellos. El lazo inductivo detecta la presencia de vehículos y mide su longitud. Si se emplea un cierto sensor piezoeléctrico, el peso por eje también puede ser obtenido. El sistema puede usarse como un dispositivo estático recolector de datos, y grabar el patrón de carga vehicular en la carretera. Sin embargo su principal funcionamiento será como un puente-báscula para detectar vehículos con sobrepeso y proveer la información necesaria para la transmisión de parámetros, que conformarán la multa. El sistema debe ser capaz de clasificar los vehículos que detecte con exceso de peso.

El sitio adecuado para la instalación de un sistema de pesaje en movimiento (Weight-In-Motion, WIM) debe cumplir determinados requerimientos en cuanto al diseño geométrico y a las condiciones del pavimento. El diseño geométrico es un factor importante debido a la influencia longitudinal y transversal que las desviaciones tienen sobre el desempeño del vehículo. Las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), establecen principios para el grado de curvatura en el alineamiento horizontal, la pendiente longitudinal, la sobreelevación o bombeo transversal y la anchura del tramo.

Por lo que es necesario que el integrador se apegue a los valores, detalles y parámetros indicados en la norma ASTM E 1318-09, Standard Specification for

Highway Weight-In-Motion Systems with User Requirements and Test Methods y considerando lo estipulado en las normas y recomendaciones OIML (Organización Internacional de Metrología Legal), particularmente en la OIML 111.

El alcance de la norma ASTM E 1318-09, se divide en:

- Esta especificación describe el pesaje dinámico (WIM), como el proceso de medición de las fuerzas dinámicas del neumático de un vehículo en movimiento y la estimación de las cargas de los neumáticos correspondientes al vehículo estático. Define el peso bruto vehicular (PBV) de un vehículo circulando como la fuerza de gravedad que actúa sobre el pavimento, compuesto por todos los componentes del vehículo, la cual se distribuye entre los neumáticos del vehículo a través de conectores tales como resortes, amortiguadores de movimiento y las bisagras. El sistema WIM es capaz de estimar el PBV, así como la parte de este peso que se realiza por cada eje o grupo de ejes de los neumáticos del vehículo.

- Otros datos auxiliares relativos a la velocidad, carril de circulación, la fecha y la hora del registro, el número y separación de los ejes, y la clasificación (de acuerdo a la disposición del eje) de cada vehículo que se pesa en movimiento. Es factible para un sistema WIM medir o calcular estos parámetros de tránsito y para procesar, resumir, almacenar, visualizar, grabar, en papel y transmitir los datos resultantes. Además, las diferencias en los parámetros medidos o calculados, en comparación con los criterios de control seleccionados se pueden detectar y señalar para ayudar a la aplicación.

- El sistema WIM estándar generalmente tienen tres aplicaciones: la recopilación de datos estadísticos del tránsito, la aplicación y cumplimiento de la ley. Hay cuatro tipos de sistemas WIM en función de su aplicación y sus respectivos detalles funcionales, de rendimiento y las necesidades del usuario. Excepciones y opciones a la especificación se pueden incluir por el usuario como parte del proceso de adquisición de equipos o servicios WIM.

- Los valores indicados en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Los valores entre paréntesis son conversiones matemáticas al Sistema Internacional de Unidades (SI) que se proporcionan a título indicativo y no son consideradas como estándares.

- La advertencia de precaución se aplica sólo a la parte del método de ensayo, (sección 7 de esta norma). Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad asociadas con su uso. Es la responsabilidad del usuario de la norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicación de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

Por otra parte la OIML es el forum internacional de la reglamentación metrológica obligatoria y es una organización internacional intergubernamental establecida en

1955 para promover una harmonización global de los procedimientos de metrología legal.

La OIML está compuesta por países miembros, los cuales participan activamente en las actividades técnicas que se desarrollan en la organización. La metrología legal es el conjunto de procedimientos legislativos, administrativos y técnicos establecidos por las autoridades públicas, o por referencia a ellos, para especificar y asegurar, de acuerdo con los contratos o las regulaciones establecidas, la apropiada calidad y credibilidad de las mediciones realizadas en controles oficiales, en el comercio, la salud, la seguridad y el medioambiente.

Desde su nacimiento, la OIML ha desarrollado una estructura mundial que provee a sus miembros de guías y procedimientos de metrología para el establecimiento de requisitos nacionales y regionales en la fabricación y uso de instrumentos de medida en aplicaciones de metrología legal. También ha establecido un programa de certificación de Sistemas de Instrumentos de Medición, el cual permite a cualquier fabricante solicitar la obtención de un certificado expedido por la OIML y un informe conforme a que un instrumento dado cumple con los requisitos establecidos en las recomendaciones internacionales de la OIML.

Las recomendaciones internacionales de la OIML son reglamentos modelo sobre una base acordada internacionalmente. Debido a la gran variedad existente de instrumentos de medición, la OIML desarrolla recomendaciones orientadas a los instrumentos las cuales especifican los requerimientos de desempeño y los métodos de prueba para instrumentos específicos, así como recomendaciones orientadas a resultados que se ocupan de la evaluación de los resultados de mediciones.

Por ejemplo la recomendación R-111 establece las características y cualidades metrológicas de las medidas de masa, las pesas. Asimismo, establece los errores máximos permisibles que están referidos a la "masa convencional". Según la recomendación R 111, las pesas usadas en operaciones comerciales deben estar sujetas a los controles metrológicos del estado. Estos controles pueden, dependiendo de la legislación nacional, comprender uno o más de la aprobación de modelo, calibración o verificación inicial, calibración o verificación posterior. Es responsabilidad del fabricante de estas pesas o a su representante autorizado someter un modelo al servicio de metrología legal, a fin de que este servicio determine su conformidad con los requisitos obligatorios.

Generalmente los sistemas para detectar la velocidad y/o el peso y dimensiones de los vehículos, están montados en una estructura sólida galvanizada (pórticos) o en pasos elevados o puentes, o como alternativa, en un poste al borde de la carretera: identificando el carril y el tipo de vehículo, al instante de presentarse cualquiera de estas violaciones al reglamento, registrará la velocidad y/o el peso, lo integrará a un archivo junto con una fotografía de la placa del vehículo indicando la fecha, hora y ubicación y se envía al centro de monitoreo.

El centro de monitoreo debe contar con el equipo y software necesario para almacenar las evidencias (la fotografía al momento de ser detectado y el registro de velocidad y/o peso medido por los sensores en sitio), el enlace y realizar la búsqueda para identificar al propietario del vehículo, generar la multa con línea de captura, impresión y poner en sobre para envío por correo certificado.

Se recomienda que las cámaras, sensores de velocidad y las básculas de pesaje dinámico utilicen el protocolo de comunicación NTCIP (National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol), el cual es por normativa de la SCT el protocolo a utilizar en todos los dispositivos de las carreteras federales.

Para la operación de este tipo de estaciones automatizadas del control de velocidad y/o peso, deben estar integrados tres elementos, el de captura de la información en la carretera, el centro de monitoreo y el sistema transmisión de información. Por ejemplo, un pórtico en la carretera debe contener el detector de velocidad y/o peso y dimensiones, el lector de placas, las cámaras día/noche, el panel solar, las baterías, sistema de telecomunicaciones.

Otros sistemas como el control de velocidad variable que ya se encuentra instalado en muchos países, y su número va en aumento a un ritmo acelerado. Generalmente funcionan monitoreando las condiciones climáticas y detectando las velocidades, la densidad y la distancia entre vehículos en el tránsito. Si las condiciones lo exigen, se establecen los límites de velocidad adecuados de forma automática. Un sistema de estas características ayuda a reducir el riesgo de accidentes y maximiza el flujo del tránsito.

Además de los algoritmos de software utilizados para implementar el control de velocidad variable, las empresas también proporcionan el hardware necesario, como detectores de bucles para medir el flujo del tránsito, estaciones remotas de control de tránsito y señales de control de velocidad y de carriles de alta visibilidad con LED.

Los proveedores de paneles de mensaje variable (LED) de alta calidad con fines de guiar el tránsito y de información ofrecen la mejor calidad óptica en señalización y se utilizan en todo el mundo para la gestión del tránsito dinámico en carreteras, para guiar el tránsito en zonas urbanas, para el control de carriles al inicio de túneles y para la asignación de carriles dentro de ellos. Otras aplicaciones de estos paneles son la guía en los espacios de estacionamiento, participación del tránsito, aumentar la seguridad, advertir sobre peligros y puntos ciegos en la carretera y para peajes.

La mayoría de los paneles de mensaje variable están certificados por los requisitos de la Comunidad Europea o los Estados Unidos y proporcionan una brillante lectura, un uso eficiente de la energía y una excelente relación de luminancia. Existe la tecnología en lentes que permite el ajuste del lente óptico directamente en la placa matriz, no es necesaria una pantalla frontal de distorsión, lo anterior evita problemas asociados con las reflexiones. Derivados de las

necesidades y aplicaciones existen distintos tipos de paneles de mensaje variable que pueden clasificarse en: (I) panel de mensaje variable programable limitado con una cantidad predefinida de caracteres; opcionalmente se puede combinar con luces intermitentes y secciones de texto alfanumérico; (II) panel de mensaje variable libremente programable con gráficos LED completos; (III) paneles de información de rutas dinámicas (DRIP), que utiliza matriz monocromática, multicolor o RGB (rojo, verde, azul) libremente programable; (IV) señales de control de carriles y (V) señales combinadas.

Las aplicaciones típicas en carreteras para la gestión del tránsito son el panel de mensaje variable limitado (p. ej. indicar velocidad, advertencias generales, etc.) y el panel de mensaje variable libremente programable combinado (p. ej. información de rutas y desvíos, advertencias, etc.). En las zonas de peaje se tienen el panel de mensaje variable limitado (p. ej. tipo de vehículos, advertencias generales, etc.), la señal de control de carriles (p. ej. indicar carriles), las líneas de texto libremente programables (p. ej. costo del peaje, información especial). Para los túneles se utilizan el panel de mensaje variable limitado (p. ej. indicador de velocidad, advertencias generales, límites de altura, etc.), la señal de control de carriles (p. ej. indicar carriles), las señales informativas gráficas libremente programables a la entrada de túneles (p. ej. advertencias, información, etc.). En los puentes se utiliza el panel de mensaje variable limitado (p. ej. tipo de vehículo, límites de peso y altura, velocidad, advertencias de clima y de viento, advertencias generales, etc.), la señal de control de carriles (p. ej. indicar carriles) y las líneas de texto libremente programables (p. ej. información especial).

Los detectores de tránsito recopilan información que es utilizada por diversos tipos de sistemas de gestión de tránsito, tales como las soluciones para el transporte urbano, interurbano, público y estacionamiento. El cumplimiento de las normas de tránsito, como los límites de velocidad, es muy importante para la seguridad vial. Por lo tanto, la supervisión constante y también la aplicación de la ley por las autoridades competentes son necesarias para garantizar que los conductores cumplan con dichas normas.

En el mercado existe una serie de empresas que ofrecen equipo de alta tecnología para el reconocimiento de placas, monitoreo de infracciones de luz roja en semáforos y monitoreo de velocidad con equipos fijos.

Los detectores están diseñados específicamente para una variedad de aplicaciones de recopilación de datos y control del tránsito requiriéndose un bajo consumo de energía: conteo de vehículos, velocidad de vehículos individualizado, clasificación de vehículos y detección de presencia.

Los detectores de tránsito emplean múltiples zonas de detección con el infrarrojo pasivo. Una combinación de canales de detección estáticos y dinámicos forma un total de cinco zonas de detección. El contraste de radiación térmica de un vehículo que se aproxima o atraviesa una zona de detección, en comparación con la radiación de fondo de la superficie de la carretera, se correlaciona con el cruce o la presencia de un vehículo. El sofisticado procesamiento de señales transforma

los datos analógicos de los sensores en información digital para cada evento, sin la necesidad de un equipo de computación externo.

La detección con infrarrojo pasivo multicanal, la compensación total de temperatura a lo largo de todo el rango de temperatura y los algoritmos sofisticados que anulan el impacto de los cambios ambientales, son aspectos que aumentan el rendimiento y la confiabilidad de la información.

Anexos

Anexo 4. Un sistema de control de peso y dimensiones estudio realizado para la DGAF

Hace unos 15 años se realizó un estudio para la DGAF de la SCT titulado *Estudio del Sistema de Control de Peso y Dimensiones de los Vehículos que transitan por las Carreteras de México,* en el cual proponían los sitios de estaciones automatizadas para el control de peso y dimensiones de los vehículos que circulan por las carreteras federales, también incluye un análisis y propuesta de la tecnología a utilizar, el sistema de estaciones de control y el análisis financiero [*SCT-INFINSA, 1997*].

En la primera parte del estudio se definían los criterios de selección de los sitios para ubicar las estaciones de control de peso y dimensiones de los vehículos que circulan por las carreteras federales. Esta definición se basó en una serie de elementos que se enlistan a continuación:

(I) Datos de origen-destino del movimiento de los vehículos de carga a nivel nacional. Se obtuvo una relación del número de estaciones instaladas contra el porcentaje de carga captada, hizo una representación de flujos diarios de toneladas y vehículos de carga.

(II) Aforos y composición vehicular. Se obtuvo el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de los principales tramos carreteros (Ejes Troncales) incluyendo la red operada por CAPUFE.

(III) Generación de carga en el entorno de puertos fronterizos y marítimos, así como en centros importantes de producción industrial. Se ubicaron las principales instalaciones portuarias, refinerías, plantas acereras y cementeras.

(IV) Cobertura de peso y dimensiones en los 10 principales ejes carreteros del país. Se identificaron los principales tramos carreteros y sitios (puertos importantes del Pacífico y del Golfo, pasos fronterizos, cementeras, acereras, etc.) por los que transita y se genera carga (incluye composición vehicular de los principales vehículos de carga)

(V) Seguridad nacional.

(VI) Sitios estratégicos de comunicación regional.

(VII) Experiencias de otros países.

En la Tabla A4.1 se muestran los tramos en donde se propusieron ubicar 50 estaciones de control de peso y dimensiones de los vehículos de carga que circulan por las carreteras federales. Estos sitios están jerarquizados en función del número de vehículos excedidos en peso y/o dimensiones que circulan por cada tramo carretero.

Tabla A4.1 Identificación de los tramos propuestos para instalar las estaciones de control de peso y dimensiones jerarquizados en total de excedidos en peso y/o dimensiones

No. de Est.	Tramo Carretero	Vehículos Excedidos	No. de Est.	Tramo Carretero	Vehículos Excedidos
1	San Juan del Río - Palmillas	2,870	26	Lázaro Cárdenas - La Mira	363
2	Chalco - Santa Martha	1,305	27	Mazatlán - Villa Unión	360
3	Guadalajara - Ameca	939	28	Mexicali - S L Río Colorado	349
4	Saltillo - Monterrey	927	29	Morelia - Moroleón	339
5	México - Toluca	888	30	Hermosillo - Guaymas	322
6	Ocotlán - Vista Hermosa	862	31	Ocotoxco - Chiautempan	313
7	Cárdenas - Villahermosa	755	32	Tecate - Mexicali	305
8	Amozoc - Puebla	741	33	Tizayuca - Colonia	297
9	Apaseo El Grande - Celaya	728	34	Ciudad Valles - Tampico	279
10	León - Purísima de Bustos	707	35	Tampico - Altamira	276
11	Acayucan - Jáltipan	659	36	La Joya - La Pera	257
12	Veracruz - Córdoba	634	37	Tecomán - Colima	247
13	Tuxpan - Poza Rica	603	38	Reynosa - China	242
14	Los Infantes - Irapuato	599	39	I. de Matamoros - Puebla	238
15	La Tinaja - Ciudad Alemán	582	40	Piedras Negras - Nava	225
16	Matamoros - Reynosa	549	41	Torreón- Pedriceña	220
17	Sn Luis Potosí - Matehuala	533	42	Torreón - Matamoros	188
18	Ciudad Obregón - Navojoa	486	43	San Luis Potosí - Ojuelos	181
19	Zacatecas - Morelos	483	44	Chetumal - Insurgentes	164
20	Nuevo Laredo - Monterrey	476	45	Tijuana - Ensenada	158
21	Ent. Tulancingo - Tulancingo	474	46	Guadalajara - Acatlán	113
22	Sayula de A. - Juchitán	465	47	Monclova - Castaños	70
23	Delicias - Chihuahua	420	48	Axixintla - Taxco	66
24	Ciudad Juárez - Janos	401	49	Nuevo Laredo - Cd. Mier	28
25	Mérida - Uman	383	50	Cd. Hidalgo - Tapachula	25

Fuente: elaboración propia, a partir de la referencia SCT-INFINSA, 1997

Posteriormente, el estudio desglosa para cada uno de los tramos información de la participación de los vehículos sobrecargados y excedidos en dimensiones destacando los tramos San Juan del Río - Palmillas, Chalco - Santa Martha y Guadalajara - Ameca con 2,870, 1,305 y 939 vehículos excedidos diariamente (peso y/o dimensiones), respectivamente. En segundo orden de importancia están los tramos Saltillo - Monterrey, México - Toluca, Ocotlán - Vista Hermosa, Cárdenas - Villahermosa, Amozoc - Puebla, Apaseo El Grande - Celaya y León - Purísima de Bustos con 927, 888, 862, 755, 741, 728 y 707 vehículos excedidos, respectivamente. Estas primeras diez estaciones captarían del orden de once mil vehículos con sobrecarga y/o dimensiones diariamente. El total de vehículos excedidos en estas 50 estaciones es de 24,094.

En la segunda parte del estudio referente al análisis y propuesta de tecnología a utilizar, se mencionan las condiciones de selección del equipo, las cuales se basaron en: (I) costo; (II) capacidad de crecimiento y actualización de la tecnología; (III) tecnologías compatibles para intercambio de equipos entre diferentes estaciones; (IV) software incluyendo a todos los drivers, las verificaciones de acuerdo al reglamento, la protección de la base de datos contra modificaciones del operador, módulo impresión de infracciones, utilerías de respaldo y calibración; (V) capacitación y manuales en español; (VI) que permita hacer efectivo el cumplimiento al Reglamento de Pesos y Dimensiones; (VII) facilidad de adquisición y mantenimiento del equipo; (VIII) adecuación a las necesidades del sistema de control de peso y dimensiones y; (IX) requerimientos mínimos de infraestructura y personal. Y los tipos de equipos de pesaje que se evaluaron fueron el hilo piezoeléctrico, la báscula de placa flexible, la báscula de celda hidráulica, la báscula para pesaje completo, la báscula tándem, la báscula por ejes; para la medición de dimensiones el video con congelación de imagen, la cámara (sensor a láser infrarroja activa y pasiva); del equipo de cómputo y sistemas, las computadoras e impresoras de talones, emisor automático de infracciones, el lector de tarjetas inteligentes, lector de placas, identificación automática de vehículos y los equipos de intercomunicación.

Para el caso de la propuesta de sistema de estaciones de control, en el estudio se establecen los requerimientos para la ubicación precisa de las estaciones de control de peso y dimensiones, los cuales son:

(I) *Volumen de tránsito de los vehículos de carga*. Éste constituye un factor determinante para definir el sitio, el tamaño y el tipo de estación (fija, semifija o móvil). Con la presencia de volúmenes importantes de vehículos sobrecargados (mayor a 300 vehículos diarios), se recomiendan estaciones fijas o semifijas que contemplan áreas de maniobras que eviten el congestionamiento vial sobre la carretera, cuando es menos, es práctico utilizar estaciones móviles ya que éstas requieren menor infraestructura.

(II) *Datos de Origen-Destino*. Con la información del origen y destino de los viajes de carga es posible minimizar en lo posible la duplicación de infracciones. Lo anterior tiene la finalidad de contar con una operación continua de la estación.

(III) *Potenciales evasiones*. Se debe procurar en la medida de lo posible instalar estaciones (fijas o móviles) que puedan ser evadidas por los infractores. El uso de las estaciones móviles es una ayuda eficaz para captar a los evasores.

(IV) *Disponibilidad del uso de suelo.* Se debe contar con un terreno suficiente para que una estación fija pueda atender la demanda de las inspecciones tanto presentes como a mediano y largo plazo.

(V) *Disponibilidad de servicios.* Para una estación fija es necesario contar con un predio donde exista energía eléctrica, línea telefónica, agua potable y alcantarillado.

(VI) *Proximidad con oficinas de la Policía*. La ubicación de cualquier tipo de estación debe estar a no más de 30 minutos en vehículo de una comisaría.

(VII) *Costo de construcción, mantenimiento y operación*. Se debe garantizar la mejor alternativa económica de eficiencia en la operación y construcción de la estación.

(VIII) *Clima*. Evitar en la medida de lo posible que el clima sea un factor para causar interrupciones en la operación de la estación.

(IX) *Coordinación*. La selección, diseño, asesoría y programas operacionales de la estación deben estar coordinados con otras autoridades competentes.

(X) *Sitios generadores de carga*. En donde se generan importantes volúmenes de carga (puertos marítimos y fronterizos, refinerías, cementeras, etc.) se deben considerar para la ubicación de las estaciones.

En función de cada uno de los requerimientos antes mencionados se determinó el tipo de estación para cada uno de los 50 sitios propuestos. Las áreas que integran una estación fija son: inspección, patio de maniobras, ajuste de la carga, estacionamiento para vehículos de carga, almacenaje, caseta principal, carriles de aceleración y deceleración. Y las áreas de una estación móvil sólo incluyen: carriles de aceleración y deceleración, pesadora estática móvil, un centro móvil de operación (puede ser el vehículo que lleva el equipo) y estacionamiento para vehículos de carga.

El estudio incluye los prototipos de estación, (en planta), de cada uno de los diferentes tipos de estación, es decir móvil, semifija, fija y punto de medición. En las Figuras A4.1 y A4.2 se muestran unos ejemplos.

Asimismo, se ubicaron 7 centros de coordinación regional de las estaciones de control de peso y dimensiones vehiculares (región noroeste en el Centro SCT de Sonora, noreste en el Centro SCT de Nuevo León, occidente en el Centro SCT de Jalisco, bajío en el Centro SCT de Querétaro, centro en oficinas centrales de la SCT, sur en Coatzacoalcos y sureste en el Centro SCT de Yucatán).

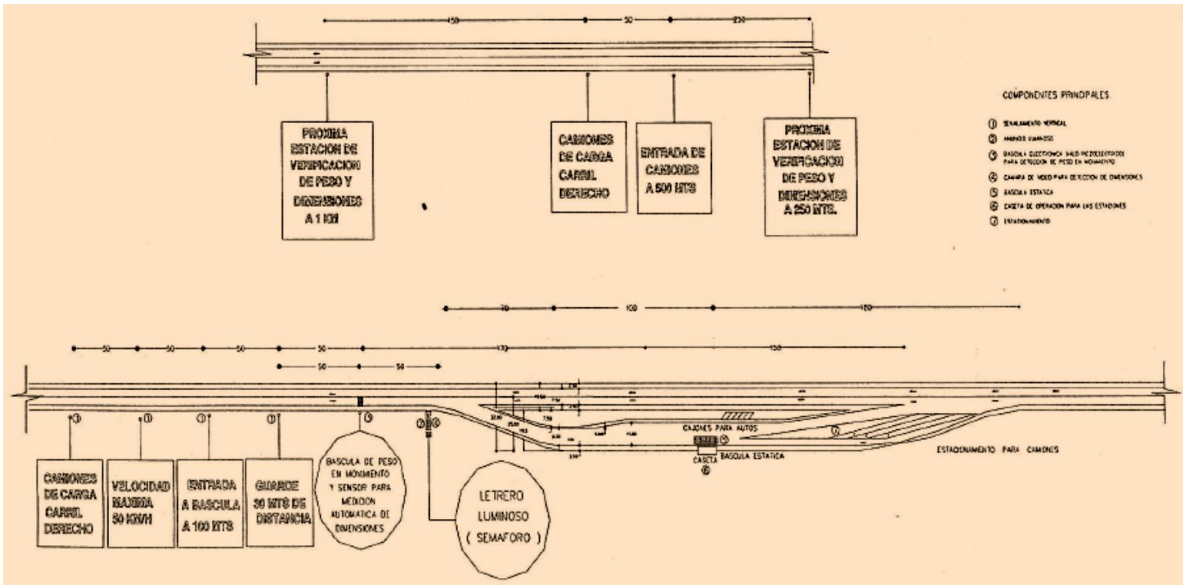


Figura A4.1 Prototipo de Estación Móvil, tipo M-4 para el control de peso y dimensiones de los vehículos de carga

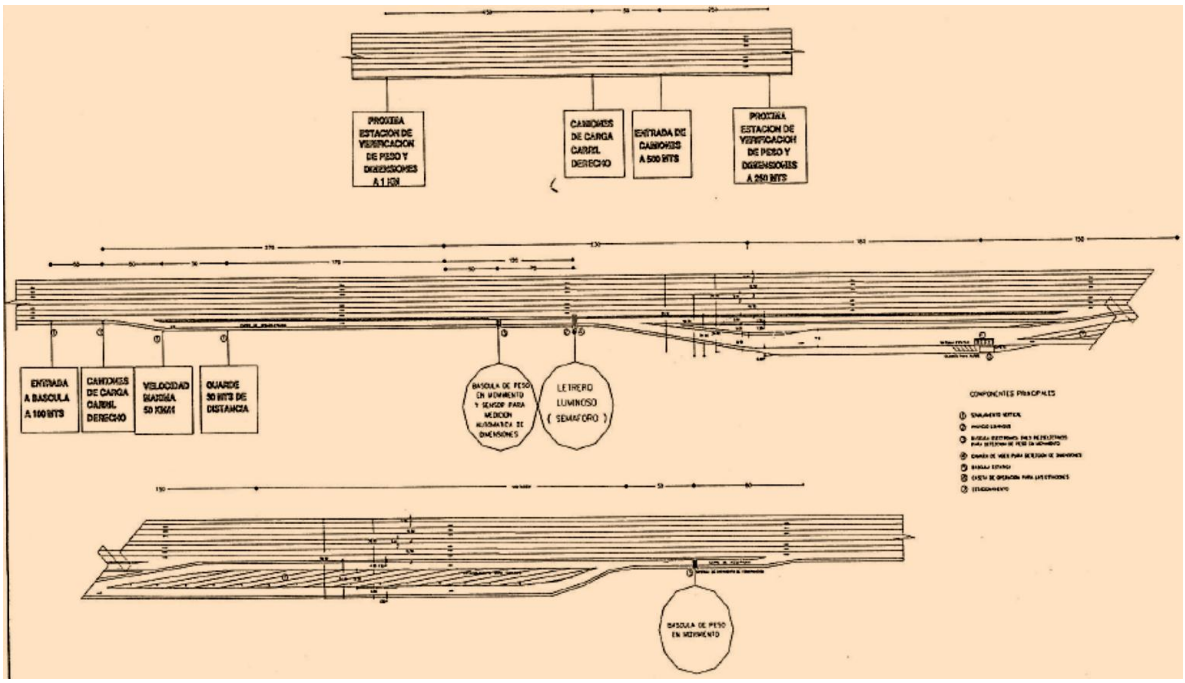


Figura A4.2 Prototipo de Estación Fija, tipo F-12 para el control de peso y dimensiones de los vehículos de carga

Por último, el estudio presenta un análisis financiero mostrando los criterios y resultados obtenidos del estudio de selección de sitios, de la tecnología y sistema de estaciones, en los cuales se basó el análisis financiero, las estrategias y los programas del sistema propuesto para realizar el control de peso y dimensiones vehiculares. Los escenarios fueron el tipo de participación pública (directa de la SCT, por contrato de servicios o fideicomiso) o privada (por concesión); las

acciones propuestas fueron el refuerzo institucional para el caso de la SCT, el convenio de la SCT con SHCP para el caso de contrato por servicios y el contrato, organización y administración para el fideicomiso; para el caso de la privada por concesión se adecuó la legislación y/o convenio entre la SCT y SHCP para el pago al concesionario y se realizó previamente la licitación y adjudicación de la concesión. Para el caso del escenario público todos los ingresos estarían destinados al gobierno federal y para el privado a la contraprestación a SCT y pago al concesionario.

En las premisas para calcular los costos (infraestructura, equipo y operación de la estación) se fijó un horizonte del proyecto a 20 años; porcentajes de los costos de oficinas centrales, materiales de consumo, mantenimiento; impuestos y; escenarios de financiamiento del gobierno federal o participación privada con sus variantes como contraprestación del gobierno federal, ingresos del concesionario, aportación del gobierno federal, créditos, intereses, etc.

En la Figura A4.3 se muestra un resumen de los ingresos, egresos y utilidad neta por cada escenario de participación con una Tasa Interna de Retorno de 43 para la pública y 33 para la privada.

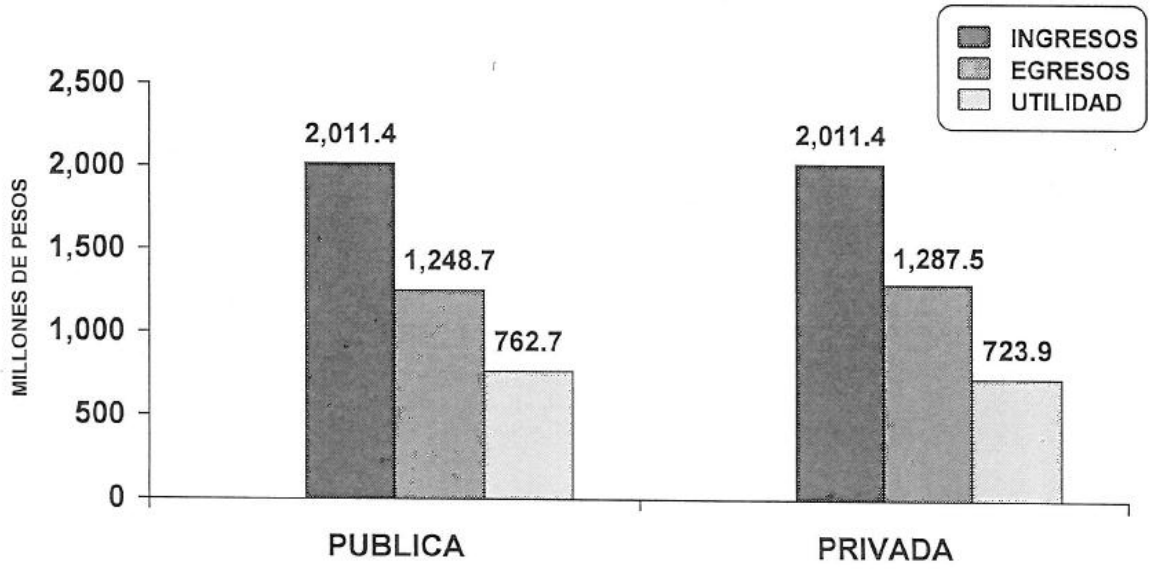


Figura A4.3 Resumen de los ingresos, egresos y utilidad neta por cada escenario de participación (público o privado)

Se analizaron las opciones de financiamiento para la construcción, operación, equipamiento, mantenimiento y financiamiento de todo el sistema de estaciones, las opciones fueron (I) todo financiado y operado por el gobierno federal, (II) financiado por el gobierno federal y parcialmente por el Banco Mundial, pero operado por el gobierno federal, (III) financiado por el gobierno federal y parcialmente por el Banco Mundial, pero operado por terceros y,(IV) financiado por el gobierno federal, sector privado y la Banca comercial y operado por el sector privado. Los resultados se observan en la Figura A4.4.

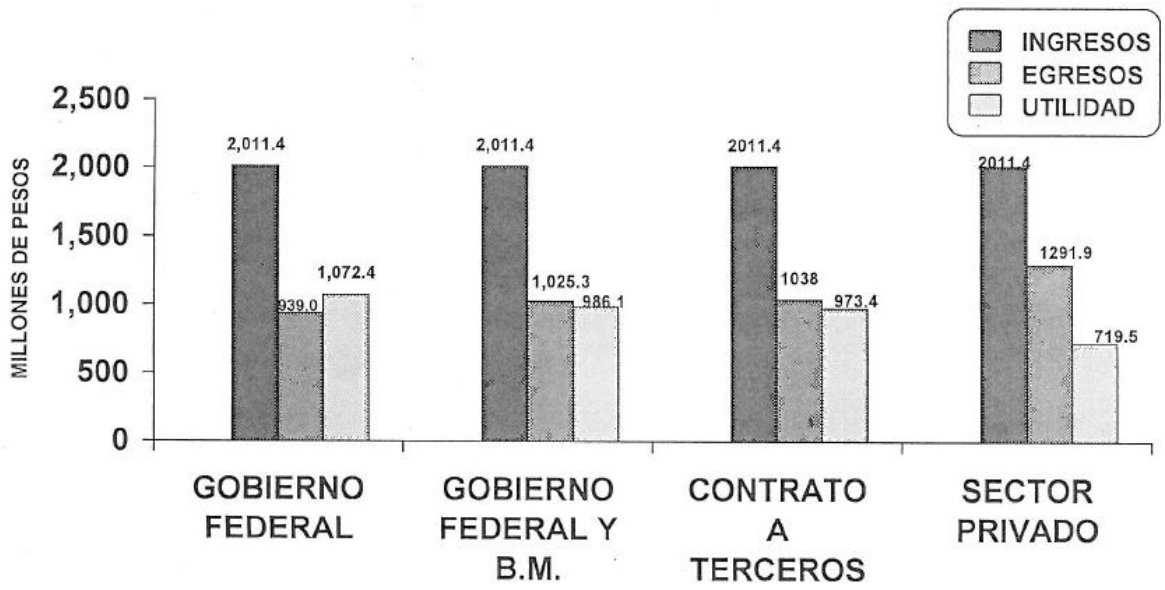


Figura A4.4 Resumen de los ingresos, egresos y utilidad neta consolidada cada opción de financiamiento

En resumen el estudio identificó ejes carreteros con mayor aforo vehicular de vehículos sobrecargados y excedidos en dimensiones.

Los 50 sitios seleccionados tienen un cobertura de 15 mil 500 km de las carreteras principales; teniendo 27 tramos que captarían el 75% de la carga a nivel nacional y los 23 tramos restantes se utilizarían como puntos de medición y de apoyo para la obtención de información para planeación. Con lo anterior se estaría cubriendo los principales sitios generadores de carga (cementeras, acereras, refinerías y puertos marítimos y fronterizos), así como el tránsito de los vehículos de carga hacia las principales zonas metropolitanas del país.

Se realizó una selección de la tecnología de acuerdo a una investigación realizada a países que han adquirido experiencia en la selección de este tipo de equipo, de su costo, capacidad de crecimiento y actualización de la tecnología, software, capacitación, especificaciones para hacer efectivo el cumplimiento al reglamento, facilidad de adquisición y mantenimiento del equipo, eficiencia y eficacia para detectar vehículos con sobrepeso y exceso de dimensiones y requerimientos mínimos de infraestructura y personal. Para definir el tipo y el tamaño de las estaciones se analizó la demanda de los vehículos sobrecargados y excedidos en dimensiones contra la oferta de la capacidad del equipo tecnológico a instalar; también se realizó una proyección de la demanda. Según los estudios indican que al aplicar el control de peso y dimensiones al cabo de 2-4 años se lograría disminuir el porcentaje de excedidos del 20-15% en torno al 1%.

Para cada tipo de estación (móvil, semifija, fija y punto de medición) se estimó el factor para determinar la participación de los vehículos sobrecargados con respecto al total de vehículos de carga.

La parte final del documento ofrece opciones de la instrumentación jurídica del sistema de estaciones propuesto que permita la rentabilidad del sistema (recuperación de las inversiones, garantizar la conservación y mantenimiento de las estaciones, la disposición de los ingresos por concepto de multas).

Anexos

Anexo 5. Propuesta de ubicación de estaciones control automatizado de peso y dimensiones

Cabe aclarar que para determinar los patrones de movilidad se utilizaron dos fuentes de información: si la estación analizada había sido colocada antes del año 2000 se emplearon los resultados de estudios realizados por el IMT que muestran el listado de los 30 principales O/D (origen/destino) [*Gutiérrez, Mendoza, et al, 2012*]; mientras que, para estaciones instaladas del 2000 en adelante se utilizó información de estudios publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT [*SCT-DGST, 2011*] que aunque no muestra la totalidad de los movimientos no se limita a los 30 principales O/D.

Utilizando de las referencias antes mencionadas se generó una base de datos que contiene entre otros campos: el año del estudio, el número y nombre de la estación, el número y la distribución vehicular de los vehículos encuestados y el porcentaje para cada tipo de vehículo que reportaron un peso excedido. Adicionalmente se le asignó la clave de carretera en la cual fue instalada la estación, el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) reportado en 2012 y la configuración de los vehículos de carga más representativos (C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4). Una vez conformada la base de datos se calculó un número de vehículos que potencialmente estarían excediendo el peso, para ello se consideró el TDPA de 2012, el porcentaje que representa cada vehículo representativo y el porcentaje de excedidos. Por ejemplo, en la estación 263 “Plaza de cobro Sánchez Magallanes” ubicada en el km 73+200 de la autopista Ent. Agua Dulce-Cárdenas, reportó un TDPA de 13,763 vehículos de los cuales el 6.8% son T3S2R4 es decir 936 (13,763*6.8%) vehículos doble articulados y según el estudio realizado en 2010 el 44% de estos vehículos excedieron el peso máximo de tal forma que se esperaría que actualmente 412 (936*44%) de estos vehículos circularan con un peso mayor al permitido y así para cada uno de los vehículos de carga más importantes, de tal manera que la sumatoria permitiría identificar los puntos en los cuales existe un mayor potencial de violaciones respecto al peso máximo. Esta información fue generada para las 302 estaciones instaladas desde 1991 hasta 2012.

Posteriormente, 231 de las 302 estaciones fueron ubicadas en el Google Earth con una etiqueta que identifica el número de la estación y entre paréntesis el número de vehículos que potencialmente están excedidos en peso (véase Figura A5.1), la decisión de no representar algunas de las estaciones obedece a diversas

causas (p. ej. que existiera una estación en el mismo punto o muy cercano con fecha más reciente o que carecían de información).

Figura A5.1 Vista de las estaciones ubicadas en el Google Earth

Se analizaron las 50 estaciones con el mayor número de vehículos que potencialmente están circulando excedidos en peso, y a continuación se muestran los resultados de estos análisis y que aparecen en función de los cuadrantes carreteros establecidos por la Comisión Nacional de Seguridad de la Secretaría de Gobernación (véase Figura A5.2).

Figura A5.2 Distribución de los cuadrantes carreteros

Región Noroeste

De las 231 estaciones analizadas 45 se encuentran en la Región Noroeste distribuidas de la siguiente manera: 11 en Baja California, 4 en Baja California Sur, 6 en Chihuahua, 8 en Sinaloa y 16 en Sonora. La Tabla A5.1 muestra los datos más relevantes como son el TDPA y la configuración vehicular registrados en 2012 y la expectativa del número de vehículos que estarían circulando con exceso de peso.

Tabla A5.1. Distribución de estaciones para la Región Noroeste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Baja California											
1995	52	FLORIDO	02082	155.3	20,302	4.3	1.8	3.2	0.2	0.3	236
1997	94	EJIDO MICHOACAN	02096	14.5	18,206	8.3	1.7	2.9	1	0.2	76
2001	131	TECATE	02082	145.5	20,302	4.3	1.8	3.2	0.2	0.3	37
2001	132	CASETA TIJUANA	02011	147	5,247	7.1	2.9	9.4	0.4	2.3	46
2001	135	EJIDO MONTERREY	00081	26	13,697	5.8	1.8	7.4	1	1.4	81
2006	202	SANTO TOMAS	02098	48.8	4,670	19.4	1.2	13.9	2.4	0.6	43
2010	245	POPOTLA	02099	33.7	13,564	5	0.6	1.6	0.9	0.2	100
2010	246	PC PLAYAS DE TIJUANA	02100	11	9,788	0.5	0.4	0.6	0	0	23
2010	248	EL HONGO	02082	97.8	4,681	8.9	1	12	2.4	1.2	146
2010	250	PC LA RUMOROSA	02011	61.75	6,746	4.4	1.5	7	1.1	2.7	154
2010	253	LA PUERTA	02096	32.5	7,208	6.4	2.1	4.8	1.6	0.4	177
Baja California Sur											
2006	196	EL CENTENARIO	03101	28.25	2,593	10	3.4	8.5	2.4	1.2	27
2006	197	LOS DIVISADEROS	03102	181.5	6,613	6.6	1.4	2.9	1.1	0.4	35
2006	199	LA PAZ	03230	10.5	1,586	8	4.8	2.9	4.2	1.3	23
2008	220	MICROONDAS	03095	86.5	1,008	13.7	2.4	15.5	2.3	0.5	32
Chihuahua											
1997	93	LOS CHARCOS	00488	362.5	1,193	16.1	1.7	4.9	2.5	0.1	32
1994	26	LAS CAROLINAS	08419	16	3,868	9.4	2	18.5	3.1	1.7	195
2001	123	COYAME	08042	141	388	17	3.7	1.5	0.3	0	2
2006	204	PC CUAUHTEMOC	08038	70.1	8,057	12.5	1.3	4.8	0.8	0.2	34
2010	257	SAMALAYUCA III	08420	327.3	7,332	10.9	1.7	14.8	1.8	1.9	218
2010	258	AERODROMO	08042	33	1,034	12.8	0.5	1.3	0.7	0	13
Sinaloa											
1994	32	VILLA UNION	00500	266.4	16,523	6.3	2.6	9.5	3	2	764
1995	49	CULIACAN	25503	1.9	5,104	10.1	3.9	12.5	2.9	6.7	235
2005	190	LA GRANJA I	00083	291.3	3,940	11.9	2.8	11.9	2.1	0.3	21
2005	191	PC MARMOL	25045	26.4	5,228	10.9	2.9	17.1	3.3	5.9	79
2008	221	AEROPUERTO	25032	11	6,583	5.9	3	2.7	1.1	0.7	82
2008	225	LOS ZAPOTES	25501	22.9	3,872	9.8	4.1	8.9	4	0.6	79
2009	232	LA CAMPANA	25502	28	7,554	7.5	2	8.9	1.4	1.2	213
2009	233	CAIMANERO	25503	36	5,924	13.1	3.9	13.3	2.5	6.2	440

(continuación)

Tabla A5.1. Distribución de estaciones para la Región Noroeste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Sonora											
1995	56	MAGDALENA	26445	178	11,571	10.4	1.1	15.2	2	3.3	237
2001	126	ENT. MOCTEZUMA	26079	2.3	4,252	11.7	2.1	13.1	4.8	3.4	128
2001	136	EL 21	26445	257	15,526	8.9	2.8	7.5	0.9	0.7	101
2006	193	CEMENTERA	26251	16.2	10,460	8.7	3.3	3.9	2.5	1	49
2006	203	PC SANTA ANA	26080	39.5	7,415	10.8	1.5	14.7	2.6	2.9	60
2008	223	SAN FRANCISCO	26444	220	9,452	5.5	2.1	10.2	2.1	4.7	308
2008	226	BENJAMIL HILL	26445	125.5	10,295	11	1.9	18.5	2.6	4.4	397
2008	227	CAMPO DE TIRO	26109	23	12,020	7.1	3	2.2	1	0.6	117
2010	247	SONOITA III	26232	7.2	1,822	3.7	1.3	1.5	0.9	0.2	10
2010	249	LAS VIGUITAS	26445	214	10,376	6.3	1	9.3	1.7	2	416
2010	251	IMURIS II	26079	161	2,990	8	1.7	20.1	5.4	5.9	303
2010	252	CORRALON DE AGUA PRIETA	26027	192.5	3,793	13.6	3.1	3.8	1.6	1.4	126
2010	254	FITOSANITARIA II	57400	176.6	3,502	6.4	4.1	25.1	3.5	5.1	274
2010	255	INFONAVIT	00220	153	2,515	7.7	2.3	21.9	4.7	7.6	207
2010	256	SONOITA II	26080	251	3,181	7.8	4	16.3	3.8	4.9	211
2010	259	EL VALIENTE	26444	139	6,624	7.6	2.4	7.1	2.2	1.5	185

Se identificaron seis estaciones con una expectativa mayor a 300 vehículos diarios con exceso de peso y una estación, que aunque la expectativa es menor a este valor, por su ubicación en la zona fronteriza sería importante considerarla. A continuación se hace el desglose de cada una de ellas.

Estación N° 32 “Villa Unión”

Como se observa la estación N° 32 “Villa Unión” tiene una expectativa de 764 vehículos diarios que podrían exceder el peso máximo, sin embargo, dicha estación fue instalada en 1994 y en ese año aún no se construían las carreteras de cuota de Tepic - Mazatlán y Durango - Villa Unión, por lo tanto las condiciones de operación han cambiado y se sugiere tomar con prudencia este valor, es por ello que en este análisis no se recomienda la instalación de una estación fija en este punto. Lo ideal sería que la SCT considerará colocar estaciones temporales en esta zona para trazar los flujos de carga y calcular la expectativa bajo las condiciones actuales de movilidad. Dado el importante flujo de carga se contemplarán las estaciones 219 y 222 ubicadas en el lado poniente de la zona conurbada de Guadalajara y serán analizadas dentro de la Región Occidente.

Estación N° 233 “Caimanero”

La estación fue instalada en 2009 y tiene una expectativa de 440 vehículos diarios que probablemente excederían el límite de peso. Originalmente la estación fue ubicada en el km 36 de la autopista Culiacán - Las Brisas, en el mismo año se colocó la estación 232 “La Campana” sobre el km 28 de la carretera libre Culiacán - Los Mochis. Con el fin de captar el mayor número de vehículos excedidos se recomienda una estación fija en el tramo de Las Brisas - Guasave ya que a partir de Las Brisas las carreteras libre y de cuota se unen. También se analizó la opción de instalar la estación después de Los Mochis, sin embargo por los datos de Origen/Destino (O/D) de los vehículos encuestados se esperaría una mayor captación de vehículos, sí la estación se coloca entre Las Brisas y Guasave.

En la estación se contabilizaron 5,731 vehículos de carga, durante el periodo de cuatro días que permaneció la estación, de los cuales el 23% circulaban con exceso de peso. Analizando los O/D de los flujos se determinó que el 96% de los movimientos serían captados en la nueva propuesta de ubicación y aproximadamente 424 vehículos circularían con exceso de peso; es importante mencionar que cerca del 40% de estos serían susceptibles de revisión en otros puntos; por ejemplo, los viajes con el par O/D Guadalajara/Los Mochis serían fiscalizados en la Estación 32 (analizada en la Región Occidente).

Dado que en la ubicación propuesta también se captaría el flujo de la carretera libre Culiacán - Los Mochis se analizaron los datos de la estación 232 “La Campana”, resultando lo siguiente: durante el periodo de estudio (también de cuatro días) se encuestaron 4,054 vehículos analizando los pares O/D se calcula que sólo el 53% serán captados en la nueva ubicación, lo anterior debido a que sobre la carretera libre se mueve un flujo importante de tránsito de corto itinerario entre Culiacán y las poblaciones cercanas. Se esperaría captar 113 vehículos con exceso de peso de los cuales 17% serían susceptibles de revisión en otros puntos.

En conclusión ubicando la estación en el tramo Las Brisas – Guasave se esperaría captar aproximadamente 540 vehículos con exceso de peso y, de estos, alrededor de 190 sería susceptibles de revisión en otro punto además de éste.

Estación N° 223 “San Francisco”

Analizando los pares O/D de los 8,412 vehículos encuestados durante el estudio de cuatro días, se detectó que el 53% del flujo es susceptible de revisión en otros puntos y para el 47% que no estaría sometido a ningún tipo de revisión siete de cada 10 son viajes con recorridos de corto itinerario dentro del estado de Sonora. Establecido lo anterior no se considera necesaria la colocación de una estación en este punto.

Estaciones N° 249 “Las Viguitas”, 226 “Benjamín Hill” y 251 “Imuris II”

El análisis de estas estaciones se realizó en conjunto dada la proximidad entre ellas (véase Figura A5.3). Analizando los O/D de los vehículos encuestados se propone una sola estación ubicada en el tramo de Magdalena - Imuris (km 195 al 208).

Figura A5.3. Ubicación en el Google Earth de las estaciones N° 249 "Las Viguitas", 226 "Benjamín Hill" y 251 "Imuris II"

Por la ubicación, se consideró la estación 226 como punto de partida; determinando por los O/D de los vehículos encuestados que en la nueva ubicación el 15% no se revisarían, pero ya habrían sido sujetos de revisión en otros puntos; el 6% estarían sujetos a más de una revisión; el 48% serían revisados por primera vez y; el 31% no estarían sujetos a ninguna revisión. No obstante, que este último porcentaje podría considerarse elevado y que en cifras representa según el estudio, alrededor de 2,300 vehículos encuestados, los O/D corresponden a la parte Noroeste de Sonora y al estado de Baja California. Bajo este panorama se analizaron los datos de la estación N° 254 "Fitosanitaria II" ubicada en las cercanías de San Luis Río Colorado, resultando que el 60% de los vehículos serían sujetos a revisión en otras estaciones y el 40% restante no estaría sujeto a revisión alguna y la mayoría de estos flujos obedecen a trayectorias de corto itinerario.

Por otra parte, el análisis de los flujos de las estaciones 249 y 251 se descartaron los flujos con O/D considerados en la estación 226, por ejemplo: para la estación 249, se descartó el flujo con O/D Hermosillo/Nogales y para la 251 Hermosillo/Agua Prieta, resultando que, de los vehículos encuestados en la estación 249, el 6% no serían sujetos de revisión y el 20% serían revisados por única vez, mientras que en la estación 251 estas proporciones sería de 10 y 39%, respectivamente.

Conjuntando estos porcentajes y el número esperado de vehículos excedidos en peso de cada estación se estima que se podrían detectar alrededor de 395 vehículos al día con exceso de peso.

Estación N° 257 “Samalayuca III”

La estación se ubica en la carretera El Sueco - Ciudad Juárez, la cual ha sido instalada en 1994, 2001 y 2010 observándose un incremento en el porcentaje de vehículos encuestados con sobrepeso registrando 6, 6.6 y 9.4%, respectivamente. Analizando los datos de O/D del último año se obtuvo que el 85% de los vehículos sólo fueron susceptibles de revisión en este punto, el 15% restante podrían fiscalizados en otras estaciones, de tal forma que se detectarían diariamente alrededor de 190 vehículos con sobrepeso. Por lo anterior se recomienda la instalación de una estación fija en este punto.

Conclusión para la Región Noroeste

Se recomienda la instalación de tres estaciones fijas, descritas en la Tabla A5.2 y ubicadas en la Figura A5.4.

Tabla A5.2 Propuesta de estaciones para la Región Noroeste

Nombre de la estación	Ubicación	Pronóstico de vehículos con exceso de peso
Samalayuca (N° 257)	Carretera: El Sueco - Ciudad Juárez Tramo: Villa Ahumada - Samalayuca	190 vehículos (1)
Caimanero (N° 233)	Carretera: Culiacán – Los Mochis Tramo: Las Brisas – Guasave	350 vehículos (1) Estación reubicada
Las Viguitas (N° 249)	Carretera: Hermosillo – Nogales Tramo: Magdalena – Imuris	395 vehículos (1) Estación reubicada

(1) Expectativa para el flujo vehicular que sólo podría ser revisado en este punto

Figura A5.4 Ubicación en el Google Earth de las estaciones propuestas para la Región Noroeste

Región Noreste

De las 231 estaciones analizadas 46 se encuentran en la Región Noreste distribuidas de la siguiente manera: 10 en Coahuila, 6 en Durango, 11 en Nuevo León, 8 en San Luis Potosí y 11 en Tamaulipas. La Tabla A5.3 muestra los datos más relevantes como son el TDPA y la configuración vehicular registrados en 2012 y la expectativa del número de vehículos que estarían circulando con exceso de peso.

Tabla A5.3 Distribución de estaciones para la Región Noreste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Coahuila											
1994	31	CONASUPO	00405	221	13,490	7.1	4.7	38.1	4.1	5.3	1,267
1995	57	ALTO DEL MULATO	05086	13.1	8,419	17.6	2.3	3.1	0.8	0.7	89
1997	91	CASA BLANCA	05407	178.5	4,606	12.4	1.9	13	6.4	3.1	226
1998	109	LA ANGOSTURA	00149	343.5	10,474	6	2.1	3	1.2	0.3	125
2001	138	LA MURALLA	05029	79	1,538	21.4	1.6	7.6	1	0.9	30
2001	139	ADUANA	05407	229	11,714	16	1.7	6.7	3	1.3	174
2005	178	LA COLORADA	00149	338	10,474	6	2.1	3	1.2	0.3	23
2006	205	LA ROSA	05086	47.75	3,442	15.1	2.6	16.1	7.2	3.7	40
2007	206	HERMANAS	05407	43.5	5,445	18.3	2.9	9	2.5	4	152
2007	207	SANTA TERESA	05406	132	3,007	3.7	3.1	4	3	1.5	71
Durango											
1994	29	CUENCAME	10003	144.5	1,288	4.6	3.3	8.9	1.8	3	17
1994	30	PEDRICEÑAS	00085	162.3	4,589	10.3	8	20.1	7.8	4	569
1994	34	TAPIAS	00083	9.5	2,312	10.7	6.2	9.1	4.1	0.4	70
2005	167	GUADALUPE VICTORIA	00085	80	4,678	8.8	2.1	9	3.1	1	25
2005	180	CASETA YERBANIZ	10003	112.1	1,282	4.9	3.4	9.7	1.6	3.1	22
2005	185	CASA BLANCA	00006	43	3,643	8.5	5.2	26	7	3.6	80
Nuevo León											
1994	35	CASETA LAREDO	19086	100	10,492	1.4	0.8	50.7	0.6	1.4	300
1994	36	LAS PALOMAS	00463	86	4,933	9.7	3.5	27.4	2.6	1.4	155
1995	55	LOS RAMONES	00088	88	2,676	18.2	4.1	15.1	3.9	2.4	132
1993	17	LAS LAJAS	00088	115.5	4,419	16.4	2.8	10.7	3.5	2.3	239
2000	121	MONTERREY	00087	54	29,913	9.6	2.9	25.7	4.1	3.9	839
2001	141	CASETA GENERAL BRAVO	19002	120	4,396	2.5	0.9	14.6	1.3	4.9	173
2001	142	GENERAL BRAVO	00088	124	4,419	16.4	2.8	10.7	3.5	2.3	166
2007	208	PERICO 4	00462	147.2	6,905	12.5	2.9	10.4	3.3	8.7	213
2007	209	ESPINAZO	00128	92	3,377	9.5	1.6	8.8	5.7	5.9	72
2007	211	ALLENDE	19009	33	4,300	10.4	4	6.7	2.5	4	32
2007	215	SAN RAFAEL	00405	180	14,367	12.8	2.3	23.7	3.3	3.6	444

(continuación)

Tabla A5.3 Distribución de estaciones para la Región Noreste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
San Luis Potosí											
1995	53	VENTURA	24508	33.4	23,553	9.2	3	18.1	5.2	4.6	1,518
1995	66	EL PRIETO	00138	29	5,900	8.6	5	6.2	2.5	1.8	175
1993	15	EL ABRA	00138	10	9,121	9.3	5.9	5.3	2.4	0.9	470
2005	182	TEPETATE	00133	43	3,772	11.8	4.2	9.8	3.3	1.2	70
2005	186	SANTO DOMINGO	24135	239.3	3,877	10.4	4.3	4.4	2.2	0.4	54
2011	270	ESCALERILLA	00133	14.3	8,221	4	2.2	6.3	3.1	1.1	288
2011	273	RODEO	00134	14.5	16,519	8.1	1.3	4.7	1.7	2.1	563
2011	274	EL CERRITO	00165	149.5	18,385	5.7	4.4	13.5	4.6	2.5	1,187
Tamaulipas											
1994	33	LA JOYA	28139	180	4,909	7.5	3.5	16.1	4.1	6	247
1994	40	RIO CORONA	00462	23.8	6,639	8.2	2.6	5	5.7	4.8	355
1997	79	SAN FRANCISCO	00509	196.6	2,374	6.2	1.9	1.8	0.9	0.2	12
1997	90	ANZALDUAS	28076	12	6,335	12.9	2.6	18.6	4.3	1.6	539
1999	118	NUEVO LAREDO	00463	185.8	15,454	9.2	3.7	23.2	2.9	2	184
2001	140	EL OASIS	00463	197	15,454	9.2	3.7	23.2	2.9	2	382
2001	143	ADUANA CAPOTE	28077	22.1	5,880	8.4	1.2	3.4	1.4	1.4	81
2005	168	CIUDAD MIER	00127	151.1	2,247	5.8	4.6	8.1	4	21.8	232
2005	171	HERRADURA	00503	15.8	8,169	5.7	11.1	34.5	1.3	1.2	100
2005	174	NAVAL	28139	297	4,643	9.8	2	6.2	2	2.7	34
2007	210	MANUEL	28163	70.7	2,467	7.5	2.7	4.7	1.4	3.5	16

Para el análisis de esta región se identificaron nueve estaciones con una expectativa mayor a 400 vehículos excedidos y de la misma manera que la Región Noroeste, una estación que aunque la expectativa es menor a este valor por su ubicación en la zona fronteriza sería importante considerarla. A continuación se hace el desglose de cada una de ellas.

Estación N° 53 “Ventura”

La estación N° 53 “Ventura” instalada en 1995 en la carretera San Luis Potosí - Matehuala reporta una expectativa de vehículos excedidos mayor a 1,500. Dado que forma parte del eje troncal México - Nuevo Laredo sus flujos de carga son muy similares a los reportados en las estaciones N° 31 y 215 que serán analizadas a continuación, y por lo tanto no se considera necesario la instalación de una estación fija en este punto.

Estaciones N° 31 “Conasupo” y N° 215 “San Rafael”

En Coahuila se observa la estación N° 31 “Conasupo” instalada en la carretera Matehuala - Saltillo en 1994, con una expectativa de 1,267 vehículos excedidos. Esta información no fue considerada, ya que en esa misma carretera pero en 2007

se instaló la estación N° 215 “San Rafael” y con datos más recientes se tiene una expectativa de 444 vehículos excedidos. Ahora bien, analizando los O/D reportados en la estación 215 se determinó que el 52% de los vehículos serán susceptibles de revisión en la estación de “Calamanda” considerada en la Región Occidente; el 31% (19% con O/D Monterrey y 12% con O/D en Nuevo Laredo) serían revisados en la estación 121 ubicada en la carretera Saltillo - Monterrey y aunque algunos vehículos podrían evadir esta revisión si utilizarán la autopista, aquellos cuyo O/D sea Nuevo Laredo, serían revisados en la estación 140, el análisis de ambas estaciones se incluye más adelante. Finalmente, el 10% de los vehículos serían susceptibles de revisión en otras estaciones distintas a las ya mencionadas y tan sólo el 7% restante de los vehículos tienen un O/D que les permitiría evadir cualquiera de las estaciones propuestas para esta región. En conclusión no se recomienda la instalación de una estación fija en este punto, ya que más del 70% de los vehículos que circulan por este lugar serían posiblemente revisados en otras estaciones.

Estación N° 121 “Monterrey”

En el año 2000 se instaló la estación, con estos datos se tendría una expectativa de captar alrededor de 840 vehículos con exceso de peso. Instalar una estación fija en este punto es importante ya que captaría los flujos con O/D provenientes de la zona del Bajío, así como los vehículos que circulan por el eje troncal Mazatlán - Matamoros. También se debe considerar que en el 2000 aún no existía la autopista Monterrey - Saltillo, de tal forma que habría un flujo vehicular que podría evadir la revisión, si optara circular por la vía de cuota. Revisando los datos de aforo y configuración vehicular durante 2012, circularon por la carretera libre más de 13 mil vehículos de carga y en la autopista solamente se registraron 2500 unidades. Mientras que no exista una restricción que obligue a los vehículos de carga a circular por la autopista, la estación ubicada en la vía libre sigue siendo la mejor opción para la revisión del peso.

Para el análisis se utilizó la información de los 30 principales pares O/D y que conjuntan el 65% de los vehículos encuestados. Con estos datos se determinó que para el 32% de los vehículos, éste representaría el único punto de revisión, y para el 33% restante, además de este punto, se encontrarían con revisiones en otros puntos de su trayectoria. En conclusión, aunque se recomienda instalar una estación fija, se considerará necesario un estudio piloto que ofrezca datos recientes de las condiciones de movilidad del transporte de carga en este punto.

Estación N° 273 “Rodeo”

La estación se colocó en el 2011, en la carretera San Luis Potosí - Ent. Arcinas con una expectativa de captar 563 vehículos con exceso de peso. Según el análisis de O/D, el 45% de los vehículos se revisarían en “Calamanda”, el 3% en otras estaciones y el 52% restante sólo podrían ser revisados en este punto; por lo tanto, la expectativa de vehículos con sobre peso se reduce a 296 unidades. Con estos resultados este punto podría considerarse para una estación fija, en el entendido que el 47% de los vehículos podrían ser sujetos a más de una revisión.

Estación N° 274 “Cerrito”

La estación también fue instalada en 2011, en la carretera Querétaro - San Luis Potosí con la expectativa de 1,187 vehículos con sobrepeso. Analizando el O/D de más de 36 mil vehículos encuestados en dicha estación, encontramos que el 66% es susceptible de revisión en “Calamanda” y el 15% en otras estaciones, de tal forma que para el 19% restante éste sería el único punto de revisión y, de estos, la mitad tienen O/D en Querétaro, de tal forma que son viajes de corto itinerario. Por lo anterior, no se recomienda una estación fija en este punto.

Estación N° 15 “El Abra”

En la carretera Cd Valles - Tampico en 1993 se colocó la estación y con los datos recopilados en ese año, la expectativa de vehículos excedidos es de 470, sin embargo en 1995 en la misma carretera a 19 km se instaló la estación N° 66 “El Prieto” y con estos datos la expectativa es menor (175 vehículos); tanto por la antigüedad de las estaciones como por la diferencia de resultados se considera que se necesitarían datos más recientes para proponer una estación fija.

Estación N° 30 “Pedriceñas”

La estación “Pedriceñas” se instaló en 1994, en la carretera Durango - Torreón y con los datos recopilados la expectativa de vehículos excedidos es de 568. De la misma manera que el caso anterior se considera que estos datos no tienen sustento actual, ya que en 2005 fue instalada sobre la misma carretera la estación N° 167 “Guadalupe Victoria” y en la autopista Durango - Gómez Palacio la N° 180 “Plaza de Cobro Yerbanís”, en las cuales la expectativa de vehículos con sobrepeso no es mayor a 25 unidades. Ahora bien, el punto donde fue instalada la estación N° 30 es posterior al entronque de la carretera Ent. La Chicharrona - Cuencamé y sobre esta vía circula el flujo con O/D en las ciudades de Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí hacía o desde el norte del país, sin embargo este flujo sería captado para revisión en las estaciones N° 273 analizada para esta región anteriormente, y en la estación N° 299 que será estudiada dentro de la Región Occidente. Por lo tanto no se considera necesaria la instalación de una estación fija en este punto.

Estación N° 90 “Anzalduas”

La estación N° 90 “Anzalduas” fue instalada en 1997 en la carretera Reynosa - Ent. Carretera (Monterrey - Nuevo Laredo) según estos datos la expectativa de vehículos con sobrepeso es superior a las 500 unidades. Dado que no se tienen datos más reciente se recomienda que antes de instalar una estación fija se coloque una de carácter temporal para evaluar las condiciones actuales en cuanto a O/D y peso de la carga transportada.

Estación N° 140 “El Oasis”

La estación N° 140 se colocó en 2001 en la carretera Monterrey - Nuevo Laredo con una expectativa de vehículos con sobrepeso de 380 unidades. Al revisar los O/D se calcula que el 53% de los vehículos sólo podrían ser revisados en este

punto y de estos el 98% tienen como O/D el estado de Nuevo León, es decir, se trata de un flujo de corto itinerario. Por otra parte el 47% restante a parte de esta revisión estarían sujetos a la inspección en otras estaciones; entre ellas la la estación N° 121, que podría omitirse al circular por la autopista Saltillo - Monterrey.

Bajo estas condiciones se recomienda la colocación de una báscula en las instalaciones de la Garita "kilómetro 26" (ubicada en la carretera Monterrey - Nuevo Laredo) y canalizar el flujo de carga con destino a Nuevo León para la revisión del peso. En caso de que se desee captar el flujo cuyo punto de revisión adicional a éste sea en la estación N° 121 y que como se había comentado pudiera esquivarse, se recomienda revisar los flujos con destino a los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Querétaro y Guanajuato.

Conclusión para la Región Noreste

Se recomienda la instalación de cuatro estaciones fijas, descritas en la Tabla A5.4 y ubicadas en la Figura A5.5.

Tabla A5.4 Propuesta de estaciones para la Región Noreste

Nombre de la estación	Ubicación	Pronóstico de vehículos con exceso de peso
Monterrey (N° 121)	Carretera: Saltillo - Monterrey Tramo: Lím. de Edos - Entronque Libramiento Noroeste de Monterrey	260 vehículos (1)
El Rodeo (N° 273)	Carretera: San Luis Potosí - Ent. Arcina Tramo: Entronque Periférico de San Luis Potosí - Mexquitic	290 vehículos (1)
Anzalduas (N° 90)	Carretera: Reynosa – Ent. Carretera (Monterrey – Nuevo Laredo) Tramo: Entronque Libramiento de Reynosa – Gustavo Díaz Ordaz	420 vehículos, se sugiere un estudio para evaluar las condiciones actuales.
El Oasis (N° 140)	Carretera: Monterrey – Nuevo Laredo Tramo: Garita km 26	200 vehículos revisando únicamente los de O/D en el estado de Nuevo León y 275 vehículos ampliando la revisión a los O/D en los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Querétaro y Guanajuato.

(1) Expectativa para el flujo vehicular que sólo podría ser revisado en este punto

Figura A5.5 Ubicación en el Google Earth de las estaciones propuestas para la Región Noreste

Región Occidente

De las 231 estaciones analizadas 48 se encuentran en la Región Occidente distribuidas de la siguiente manera: 3 en Aguascalientes, 4 en Colima, 4 en Guanajuato, 17 en Jalisco, 10 en Michoacán, 2 en Nayarit, 2 en Querétaro y 6 en Zacatecas. La Tabla A5.5 muestra los datos más relevantes como son el TDPA y la configuración vehicular registrados en 2012 y la expectativa del número de vehículos que estarían circulando con exceso de peso.

Tabla A5.5 Distribución de estaciones para la Región Occidente

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Aguascalientes											
1994	39	YOROSU	00524	19	37,191	6.3	2.5	4.1	1.5	1.6	823
2005	181	CS PALO ALTO	00094	61.8	5,340	10.3	2.5	5.2	1.5	1.2	65
2012	299	SALITRILLO	00524	34.6	19,919	7.4	2.3	5.1	1.6	2.2	643
Colima											
1994	21	GLORIETA	06119	39	21,027	7.7	2.2	4.1	3.1	3.1	735
2009	228	SAN FELIPE	00495	283.8	5,602	7.4	4.1	11.5	9	0.2	347
2009	229	PC CUYUTLAN	06585	61.35	5,796	2.4	3.6	5.4	2.2	13	405
2009	230	AERODROMO	00495	238	5,513	8.1	2	5.9	5.8	0.2	312
Guanajuato											
1994	42	LA FORTUNA	11123	141	43,790	7.3	2.1	4.7	1.4	1.5	1,200
1999	113	APASEO	00154	30.5	28,859	7.5	3.4	8.2	2.8	1.5	510
2005	175	TEQUISQUIAPAN	11109	72.3	6,158	5.6	1.8	3.6	2.3	1	41
2009	243	PC LA CINTA	86760	44.6	3,456	1.8	1.1	4.1	1	6.9	200

(continuación)
Tabla A5.5 Distribución de estaciones para la Región Occidente

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Jalisco											
1995	47	ACATLAN	00118	1.2	8,467	3.8	3.9	4.7	2.1	8	596
1995	48	LOS POZOS	00117	167.3	7,642	10.1	3.2	6	3	1.9	247
1994	24	CASETA	14114	21	30,645	4.7	4.4	7.8	1.5	4.4	2,120
1994	25	ZAPOTLANEJO	14115	155	22,663	3.8	2.2	4.5	2.6	0.7	684
1998	104	OJUELOS	00094	0	3,646	13.3	2.5	7.4	2.1	1.8	8
2005	169	LAGOS DE MORENO	00167	34.5	12,080	9.5	2	6.5	1.4	0.5	173
2006	192	UNION DE TULA	14118	121	4,793	6.7	2.6	3.6	1.2	0.3	45
2006	194	JALUCO	00070	56.2	7,786	8.8	2	3.5	1	0.7	67
2008	218	GRANJA ROMO	00584	7.5	16,557	7	1.3	7.5	1.5	0.5	157
2008	219	LO DE GUEVARA	00031	72.5	6,655	12.2	2.4	5.7	1.8	0.4	88
2008	222	PC EL ARENAL	00033	10.96	10,337	2.6	3.7	10.2	1.8	3.9	295
2008	224	TEPATITLAN	14116	40.76	10,869	4.4	4.4	13	2.1	7.8	434
2009	231	PC ENCARNACION DE	00013	88.74	6,000	4.8	3.6	8.9	2	9.5	397
2012	287	CUATRO CAMINOS	00117	67.5	4,493	9.6	2.8	3.5	1.5	0.2	99
2012	291	CORRAL GRANDE	14007	64	9,493	6.5	4.2	7.8	2	0.7	316
2012	295	SAN JOAQUIN	00114	212.3	10,938	5.9	1.8	2.5	2.3	0.8	201
2012	297	LOS PLANES	14115	71.7	6,505	7.3	5	9.8	3.7	0.9	293
Michoacán											
1995	58	LA PIEDAD	00114	79.4	20,006	6.4	4.8	12.6	2.9	3.4	1,016
1995	60	PUEBLITO	16029	96	3,834	9.8	3.7	2.6	1.1	0.3	88
1994	22	JIQUILPAN	00429	2.2	19,662	3	0.9	1.5	0.7	0.1	179
1998	102	CECYTEM	00121	113	31,668	2.9	0.7	0.1	0.1	0	37
2007	212	TARIMBARO	00124	11	30,406	7.4	2.6	2.7	1	1.9	249
2007	213	AEROPUERTO MORELIA	00417	49	5,582	10.1	1.1	2.5	0.8	0.2	74
2009	240	PC PANINDICUARO	00018	307	6,122	4.4	3.2	4.8	1.2	2.7	199
2009	242	PC TARETN	00032	100.7	6,424	4	3.2	3.6	1.8	5.8	329
2012	293	ARROYO DOMINGO	00114	92	25,186	7.2	3	7.8	2.6	2	1,122
2012	302	HUANCITO	16029	113.7	12,134	5.6	2.3	3.8	1.9	1	293
Nayarit											
1999	114	EL MONTEON	00068	100.35	8,965	8.2	1.5	2	1.1	0.6	51
2012	288	PC COMPOSTELA	18004	31.7	4,487	4.1	3.4	3.3	0.9	0.2	93
Querétaro											
2003	157	EL REFUGIO	00194	67	8,523	6.8	3.7	7.5	3.4	3	305
2005	172	SANTA ROSA	00165	22.5	42,406	8.3	1.5	4.1	0.9	1.1	468
Zacatecas											
1994	37	NUEVO DIA	00544	45.8	17,132	7.3	2.1	6.7	2.2	2.3	926
1998	105	MALPASO	00150	283.75	3,802	9.2	2.1	3.3	1.1	0.1	21
2006	195	MOYAHUA	00150	106	3,167	13.9	3.8	5.8	1.9	0.2	46
2006	198	EL MORAL	00584	279.3	5,455	6	1.2	3.5	0.9	0.1	55
2006	200	S. JOSE EL SALADILLO	00134	132.3	6,183	5.2	3.2	11.1	4	6.6	242
2009	236	PC ZACATECAS	32558	90.2	6,807	5	4.5	12.5	3.2	1.5	390

Para el análisis de esta región se identificaron once estaciones con una expectativa mayor a 500 vehículos excedidos, y dos estaciones que cubren parte del flujo de carga que contempla la estación N° 32 de la Región Noroeste. A continuación se hace el desglose de cada una de ellas.

Estaciones N° 39 “Yorosu”, N° 299 “Salitrillo” y N° 231 “Caseta Encarnación de Díaz”

En 1994 se instaló la estación N° 39 “Yorosu” y en el año 2012 la N° 299 “Salitrillo” ambas sobre la carretera Aguascalientes - Zacatecas; según los datos la expectativa de vehículos excedidos en peso es de 823 y 643 unidades, respectivamente. Dado que los datos de la estación N° 299 son los más recientes estos fueron considerados para el presente análisis, sin embargo la ubicación geográfica de la estación N° 39 es mejor desde el punto de vista de captación de vehículos, ya que por su ubicación la estación N° 299 pudiese ser evadida. Revisando el O/D de más de 11 mil de los 14 mil vehículos encuestados en el 2012, se encontró que para el 54%, este lugar representaría su único punto de revisión, para el 33% además de este lugar podrían ser revisados en otra estación y el 13% restante pasarían por más de dos estaciones. Para este 54% se espera detectar alrededor de 300 unidades con sobrepeso y siete de cada 10 tendrían un O/D de corto itinerario, es decir movimientos dentro del estado de Aguascalientes o Zacatecas.

Cabe mencionar que se valoró la opción de colocar la estación en la parte sur del estado de Aguascalientes para aprovechar el punto de revisión militar instalado en el km 106 de la carretera León - Aguascalientes. Para ello se analizaron los flujos de las estaciones N° 231 instalada en 2009 en la Plaza de cobro “Encarnación de Díaz” de la autopista León - Aguascalientes y de la N°169 “Lagos de Moreno” que fue ubicada en la carretera libre León - Aguascalientes; resultando que la expectativa de vehículos con sobrepeso para los cuales éste fuese el único punto de revisión, es de 140 unidades.

Ante los dos escenarios expuestos se recomienda la instalación de una estación fija en el tramo de Aguascalientes - San Francisco de los Romo de la carretera Aguascalientes - Zacatecas.

Estación N° 37 “Nuevo Día”

La estación N° 37 “Nuevo Día” fue instalada en 1994 en la carretera Zacatecas - Durango y reporta una expectativa de 926 vehículos con exceso de peso. Al revisar los O/D de los vehículos encuestados (50% de los 30 principales movimientos) se observa que la mayoría estarían sujetos a revisión en la estación N° 273 “Rodeo” propuesta para la Región Noreste y en la estación N° 299 “Yorosu”, descrita anteriormente y que ha sido propuesta para esta región. Por lo tanto no se recomienda la instalación de una estación en este punto.

Estaciones N° 24 “Caseta” y N° 25 “Zapotlanejo”

Las estaciones N° 24 y 25 fueron instaladas en 1994 en la caseta de la autopista Zapotlanejo - Guadalajara y en la carretera Lagos de Moreno - Guadalajara, respectivamente. Con los datos recabados en las encuestas, la estación N° 24 tendría una expectativa de 2,120, mientras que en la N° 25 sería de 684 vehículos con sobrepeso. Dado que las encuestas se realizaron hace casi 20 años, en el presente análisis se hizo considerando los datos de las siguientes cuatro estaciones: N° 295 “San Joaquín” ubicada en la carretera Irapuato - Guadalajara (2012), N° 240 “Plaza de cobro Panindicuaro” de la autopista Atlacomulco - Zapotlanejo (2009), N° 224 “Tepatitlán” de la autopista Zapotlanejo - Lagos de Moreno (2008) y N° 297 “Los Planes” de la carretera Lagos de Moreno - Guadalajara (2012) (véase Figura A5.6).

Las estaciones N° 24 y 25 fueron instaladas en tramos en los que convergen varias carreteras es por ello que para el análisis se consideraron las cuatro estaciones antes mencionadas y aunque no tendríamos la certeza de qué camino (Zapotlanejo - Guadalajara, libre o cuota) seguirán los vehículos, sí podremos estimar el número de vehículos excedidos que circulan por las carreteras que llegan por el lado oriente de la zona metropolitana de Guadalajara.

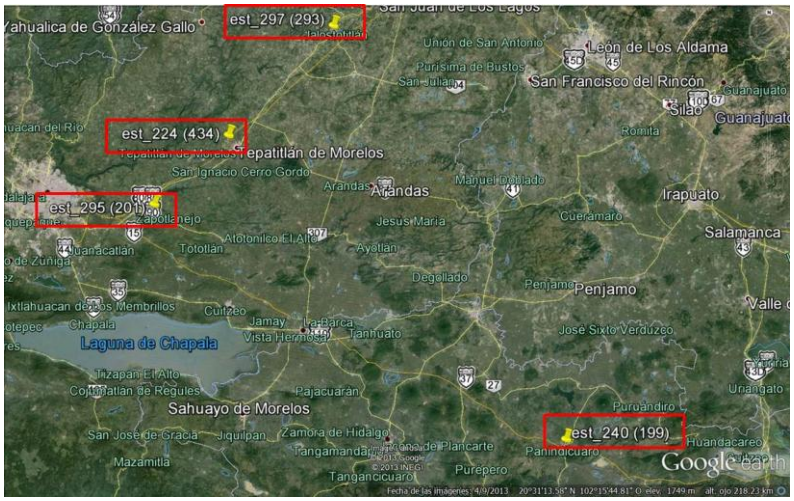


Figura A5.6 Ubicación en el Google Earth de las estaciones empleadas para el análisis de las estaciones N° 24 y 25

Ahora bien, el análisis de los O/D se hizo con la premisa de que la estación N° 25 estaría ubicada en el tramo comprendido entre el entronque Autopista Zapotlanejo - Guadalajara y La Laja; mientras que para la estación N° 24 en la caseta de peaje. De esta manera se cubren las entradas por el lado oriente a la zona metropolitana. Se había contemplado la opción de colocar una estación en el tramo “El Desperdicio - Entronque autopista León - Aguascalientes” sin embargo se desestimó ya que existe una carretera que va de El Desperdicio - Encarnación de Díaz y aunque no se tienen datos de aforo en las imágenes de Google Earth, se observa un flujo de vehículos de carga, por lo tanto una estación en este punto podría ser evadida fácilmente.

Como resultado de analizar los O/D de las estaciones, se determinó que para el 41% de los vehículos que ingresan o salen por el lado oriente de la zona metropolitana las estaciones N° 24 y 25 serían el único punto de revisión y se estima que en este flujo se logren captar alrededor de 450 vehículos con exceso de peso; obviamente, esta cifra puede ser mayor pero se trata de vehículos que estarían sujetos a revisión en otros puntos.

Estaciones N° 219 “Lo de Guevara” y N° 222 “El Arenal”

Aunque en estos puntos la expectativa del número de vehículos excedidos es menor a 500, el análisis de las estaciones N° 219 y 222 obedece al hecho de que no se recomienda la instalación de la estación N° 32 en la Región Noroeste, dado que la información carece de sustento actual y no refleja las condiciones de movilidad actuales. Las estaciones N° 219 y 222 fueron instaladas en 2008, en las carreteras libre y de cuota Guadalajara - Tepic, respectivamente.

El presente análisis considera la instalación de una sola estación que aproveche el puesto de revisión que actualmente se encuentra ubicado en el km 20+500 de la carretera libre Guadalajara - Tepic. En este punto convergen las carreteras libre y de cuota, y es por ello que se consideran las dos estaciones. Bajo esta premisa y con los datos de O/D, resulta que para el 40% del flujo vehicular la ubicación propuesta es el único punto de revisión y, se esperaría que de este flujo alrededor de 150 unidades estuvieran excedidos en peso.

Estación N° 47 “Acatlán”

En 1995 se instaló en la autopista Acatlán de Juárez - Colima la estación N° 47 con una expectativa de 595 vehículos excedidos; el mismo año también se colocó la estación N° 48 “Los Pozos” en la carretera Colima - Acatlán. Con el objetivo de captar un mayor número de vehículos se propone colocar una estación en el tramo Acatlán - Santa Cruz de las Flores de la carretera Jiquilpan - Guadalajara, en esta ubicación se captarían los flujos de las carreteras libre y de cuota. Bajo el indicio anterior se analizaron los O/D y se determinó que para el 61% del flujo de carga, la ubicación propuesta representa el único punto de revisión y se esperaría captar alrededor de 460 vehículos con sobrepeso, aunque esta cifra debe ser tomada con cautela ya que la información de las estaciones es de hace 18 años.

Estación N° 21 “La Glorieta”

La estación “La Glorieta” se instaló en 1994 en la carretera Colima - Entronque Tecomán. Por la antigüedad de los datos, para este análisis se consideró la información de las estaciones N° 228 “San Felipe” y N° 230 “Aeródromo” ubicadas en la carretera Playa Azul - Manzanillo; y N° 229 “Caseta Cuyutlán” ubicadas en la autopista Armería - Manzanillo; todas instaladas en el año 2009.

De la revisión de los O/D se obtuvo que para el 29% de los vehículos la estación N° 21 representa el único punto de revisión y tendría una expectativa de aproximadamente 300 unidades con exceso de peso. También se valoró otro escenario en el cual se proponía la estación frente a “El Ballardo” (km 265 de la

carretera Playa Azul - Manzanillo) y se obtuvo que para el 39% de los vehículos éste sería el único punto de revisión y la expectativa de unidades excedidas asciende a 400; sin embargo, no hay espacio disponible en el sentido “A” para alojar la estación ya que la zona lateral adyacente al derecho de vía está construida. Una opción sería colocar dos estaciones una en el sentido “A” de la carretera Colima - Entronque Tecomán (ubicación original de la estación N° 21) y la otra en el sentido “B” de la carretera Playa Azul - Manzanillo a la altura de “El Ballardo”.

Estaciones N° 58 “La Piedad” y N° 293 “Arroyo Domingo”

Las estaciones N° 58 “La Piedad” y N° 293 “Arroyo Domingo” se instalaron en la carretera Irapuato - Guadalajara, en 1995 y 2012, respectivamente. Ambas tienen una expectativa de vehículos con sobrepeso superior a un millar de unidades, sin embargo, por la temporalidad de los datos sólo se analizará la N° 293.

Es importante mencionar que a partir de 2013 fue abierto a la circulación el Libramiento Norte de La Piedad, de tal manera que se contemplaron dos escenarios: el primero considera colocar la estación en el tramo Pénjamo - Entronque Libramiento Norte de la Piedad resultando que tan solo para alrededor del 5% del flujo de carga éste sería el único punto de revisión; en el segundo escenario se considera la ubicación original de la estación N° 293 y en este caso la proporción sube a 11%, sin embargo cabe aclarar que se revisarían básicamente los vehículos que tienen O/D en La Piedad. En conclusión, no obstante que la expectativa de vehículos excedidos es muy alta, la mayoría del flujo de carga estaría sometido a revisiones en otros puntos de la red carretera, por lo tanto, no se recomienda una estación en este punto.

Estación N° 42 “La Fortuna”

La estación N° 42 “La Fortuna” fue instalada en la carretera Irapuato - León en el año de 1994 y tiene una expectativa de 1,200 vehículos excedidos en peso. Para la estación sólo contamos con datos de los 30 principales O/D y representan el 55% del total de vehículos encuestados; analizando estos datos se determinó que por lo menos para el 32% de los vehículos, este sitio es el único punto de revisión y se tendría una expectativa de captar alrededor de 400 vehículos con sobrepeso. No obstante que los datos corresponden a flujos de carga de hace casi 20 años, se propone una estación fija en este punto.

Estación N° 113 “Apaseo”

La estación N° 113 “Apaseo” instalada en 1999 en la carretera Querétaro - Irapuato tiene una expectativa de 510 vehículos excedidos en peso. De igual manera que la estación anterior sólo contamos con datos de los 30 principales O/D y representan el 47% del total de vehículos encuestados, analizando los mismos se determinó que para el 14% éste sería el único punto de revisión y se lograrían detectar cerca de 70 vehículos con sobrepeso, razón por la cual no se propone una estación en este punto y que además tiene el inconveniente de ser fácilmente evadido por existir la autopista.

Conclusión para la Región Occidente

Se recomienda la instalación de siete estaciones fijas, descritas en la Tabla A5.6 e ilustradas en las Figuras A5.7 y A5.8.

Tabla A5.6 Propuesta de estaciones para la Región Occidente

Nombre de la estación	Ubicación	Pronóstico de vehículos con exceso de peso
Salitrillo (N° 299)	Carretera: Aguascalientes - Zacatecas Tramo: Aguascalientes – San Fco. de los Romo	300 vehículos (1) Estación reubicada
Caseta (N° 24)	Autopista: Zapotlanejo - Guadalajara Tramo: Caseta Zapotlanejo (La Joya)	450 vehículos (1) Aunque no se logró determinar la cifra para cada estación Estación N° 25 reubicada
Zapotlanejo (N° 25)	Carretera: L. de Moreno – Guadalajara Tramo: Ent. autopista (Zapotlanejo – Guadalajara) - La Laja	
El Arenal (N° 222)	Carretera: Guadalajara – Tepic Tramo: Puesto de revisión km 20+500	150 vehículos (1) Estación reubicada
Acatlán (N°47)	Carretera: Jiquilpan - Guadalajara Tramo: Acatlán – Santa Cruz de las Flores	460 vehículos (1) Estación reubicada
La Glorieta (N°21)	Carretera: Colima – Entronque Tecomán Tramo: Ent. Caleras - Ent. Tecomán	300 vehículos (1) Hasta 400 vehículos (ver análisis)
La Fortuna (N°42)	Carretera: Irapuato – León Tramo: Entronque Guanajuato - Silao	400 vehículos (1)

(1) Expectativa para el flujo vehicular que sólo podría ser revisado en este punto

Figuras A5.7 y A5.8. Ubicación en el Google Earth de las estaciones propuestas para la Región Occidente y acercamiento a la zona metropolitana de Guadalajara

Región Centro

De las 231 estaciones analizadas 37 se encuentran en la Región Centro distribuidas de la siguiente manera: 8 en Guerrero, 9 en Hidalgo, 7 en Estado de México, 5 en Morelos, 5 en Puebla y 3 en Tlaxcala. La Tabla A5.7 muestra los datos más relevantes como son el TDPA y la configuración vehicular registrados en 2012 y la expectativa del número de vehículos que estarían circulando con exceso de peso.

Tabla A5.7 Distribución de estaciones para la Región Centro

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Guerrero											
1995	62	RETORNO	00045	238	9,200	5.5	1.3	2.8	0.9	1.2	236
1997	81	PASO MORELOS	00045	178	6,849	1.4	0.8	2.4	0.6	1.3	14
1997	84	ZUMPANGO	00042	209.3	7,148	7	4.6	4.5	2.2	1.3	44
1998	100	COACOYUL	12072	235	15,228	8	0.5	1	0.5	0.1	42
2004	162	PAROTALES	12422	185	1,425	5.6	1.6	2.9	1.4	0	12
2004	164	TEOLOLAPAN	12195	61	4,177	6.3	0.8	2.3	0.8	0	27
2012	289	CRUZ GRANDE	00073	95.2	4,610	6	2.7	3.4	1	0.5	119
2012	292	PC PALO BLANCO	00045	291.6	8,527	1.7	1.1	2.6	0.8	1.3	114
Hidalgo											
1995	67	SAN JOSE	00608	40	25,388	3.7	1.4	1.5	1.1	0.3	278
2012	300	TIZAYUCA	00431	56.8	15,895	3.6	1.4	2.9	1.9	1.3	407
1999	112	EL JIADHI	13257	28.3	26,043	8.1	1	1.9	0.8	0.3	130
2003	158	SINGUILUCAN	00455	71.5	15,940	5.9	3.5	3.5	1.7	0.9	245
2011	267	HUEJUTLA	00113	217	7,913	5.7	0.9	5	1	0.3	175
2011	269	TAMAZUNCHALE	00023	190.5	4,585	12.1	1.2	2.5	0.5	0.1	71
2012	294	REFINERIA	00159	28	10,312	4.8	2.9	3.5	2.4	0.9	332
2012	296	COLONIA 20 DE NOV	00054	29.3	3,556	6.7	2.3	2.5	0.8	0.4	46
2012	298	ASUNCION	00608	61.7	14,053	4	1.6	1.6	1.3	0.5	225
Estado de México											
1996	76	ATLACOMULCO	00496	56.1	29,342	7.2	3	6.2	1.9	1.2	736
1997	86	SAN MARCOS	00450	34	30,052	6.9	3.8	5.2	0.3	1.3	420
1997	98	CASETA TEPOZOTLAN	00411	44.5	50,240	7	4.4	10.7	0.9	2.4	1589
1994	27	JAJALPA	00447	43	78,545	5.2	0.9	3	3.8	1	1900
1998	103	SAN PEDRO	00448	22.5	15,870	6.8	1.3	5.9	1.5	0.4	158
2003	159	LAS RAJAS	15056	29.8	11,299	13.4	3.2	9.5	2.1	0.5	300
2005	176	LA ESTANCIA	00496	117.2	7,932	8.5	5.3	10.8	2.2	1.3	138
Morelos											
1998	111	YAUTEPEC	17199	33	23,566	7.4	1.2	1.6	1.2	0.4	345
2004	165	AMAYUCA	00451	100.1	14,401	4.2	3.3	4.3	3.5	1.6	282
2012	285	TLAYACAPAN	00901	69	9,536	3.2	0.3	3.2	0.7	0.2	48
2012	286	TRES MARIAS	00040	52.5	6,769	3	1.8	0.7	0.8	0	23
2012	290	SABANA GRANDE	00042	44.7	7,422	5.1	1	3.6	1.2	0.2	114

(continuación)
Tabla A5.7 Distribución de estaciones para la Región Centro

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Puebla											
1992	12	ALCHICHICA	00486	81	8,201	11.8	6.4	9.1	5.6	4.8	671
1998	110	TEHUITZINGO	00049	113	4,850	7.4	1.4	3.4	1	0.5	24
2003	160	SAN MATEO	00449	81.5	12,163	10.4	1.4	1.7	0.6	0.1	86
2003	161	CASETA SAN MARTIN	00450	91	42,711	5.1	4.2	7.3	0.9	3.1	848
2011	281	EL SECO	00486	34	8,013	7.3	4.3	5.1	3.2	2.4	424
Tlaxcala											
1996	75	CALPULALPAN	00052	60.925	15,408	6.2	3.1	13.6	3.3	2.7	437
2009	237	PC CUAPIAXTLA	86790	40.44	5,489	3.3	1.9	1.6	0.4	0.9	84
2009	238	EL CARMEN TEQUEXQUITLA	00210	56.6	3,366	8.4	4.3	3.1	1.6	0.9	87

Para el análisis de esta región se identificaron nueve estaciones con una expectativa mayor a 400 vehículos excedidos. El análisis de esta región se divide en dos partes: A) se abordan las estaciones ubicadas en las carreteras de acceso a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y que por su importancia son contempladas en el Capítulo 3; y B) se incluyen las estaciones ubicadas fuera de las carreteras de acceso a la ZMCM, pero que tienen una expectativa elevada de vehículos excedidos.

A. Estaciones en las carreteras de acceso a la ZMCM

Estación N° 98 “Caseta Tepotzotlán”

En 1997 se instaló la estación N° 98 “Caseta Tepotzotlán” en la autopista México - Querétaro y con los datos recopilados la expectativa actual de vehículos excedidos asciende alrededor de 1,590 unidades. En el km 180 existe una estación de pesaje estático de la SCT (“Calamanda”) para la revisión de los vehículos de carga y aunque se realizan operativos no se cuenta con datos que permitan hacer una estimación del número de vehículos excedidos.

Actualmente, por “Calamanda” circulan más de 19 mil vehículos de carga en ambos sentidos, por lo que la estimación de 1,590 unidades excedidas sería un dato conservador ya que sólo representa el 8%. Es importante mencionar que el análisis de los O/D arrojó que por lo menos el 30% de los vehículos de carga sólo podrían ser inspeccionados en este sitio.

Estación N° 300 “Tizayuca”

La estación N° 300 “Tizayuca” instalada en 2012 sobre la carretera México - Pachuca con una expectativa de alrededor de 400 vehículos excedidos, sin embargo, si la estación se coloca después del entronque con la autopista México -

Tizayuca se incrementaría el número de vehículos revisados y por consecuencia se captaría un mayor número de unidades excedidas. Desafortunadamente no se puede hacer una estimación ya que hasta la fecha no se han hecho encuestas sobre la dicha autopista

Es muy importante la correcta colocación de la estación ya que en este análisis no se tiene contemplado ningún otro punto de revisión que cubra la parte norte del estado de Veracruz y aunque en el análisis de los O/D no tengan presencia los flujos hacía esta zona es probable que con la puesta en operación del corredor México - Tuxpan se experimenten algunos cambios en la movilidad.

Estaciones N° 86 “San Marcos” y N° 161 “San Martín”

Sobre la autopista México - Puebla se han colocado dos estaciones la N° 86 “San Marcos” y N° 161 “San Martín” durante 1997 y 2003, respectivamente.

Para efectos del presente análisis se contemplará una sola estación y será la N° 161 “San Martín” ya que por su ubicación, en ésta se captaría el flujo de carga que utiliza el Arco Norte de la Ciudad de México, siempre y cuando se coloque en la caseta actual de “San Martín” es decir en el km 97. La expectativa de vehículos con sobrepeso asciende a 848 unidades. Analizando los O/D para el 63% del flujo de carga éste sería el único punto de revisión, lo que representa alrededor de 530 unidades con exceso de peso. Por lo anterior se recomienda la instalación de una estación en este sitio.

Estación N° 27 “Jajalpa”

La estación “Jajalpa” fue colocada en 1994 en la carretera México - Toluca y tiene una expectativa de 1,900 vehículos con exceso de peso. Aunque no se tienen datos recientes de esta carretera que avalen la cifra de unidades con sobrepeso, la ubicación de una estación en este punto es de relevancia, ya que en los últimos años han acontecido accidentes de gran severidad y en los cuales la participación de los vehículos de carga ha sido un factor común.

El análisis de los O/D determinó que para el 88% del flujo de carga que pasa por este sitio, la estación en “Jajalpa” representa en único punto de revisión y se esperaría detectar alrededor de 1,050 vehículos con exceso de peso. Ante el escenario expuesto se recomienda la instalación de una estación en este punto.

Con estas cuatro estaciones se cubren todas las carreteras que dan acceso a la ZMCM excepto el acceso sur hacía Cuernavaca, sin embargo, el flujo de carga hacia o desde el sur es muy bajo en comparación con las carreteras analizadas, es por esto que no se propone ninguna estación que cubra esta ruta.

B. Estaciones en carreteras que no dan acceso a la ZMCM

Dentro de esta región existen otras cuatro estaciones con una expectativa mayor a 400 vehículos con sobrepeso, pero no se encuentran ubicadas en las carreteras de acceso a la ZMCM, mismas que se analizan a continuación:

Estación N° 76 “Atlacomulco”

La estación N° 76 “Atlacomulco” fue instalada en 1996 en la carretera Toluca - Palmillas y tiene una expectativa de 730 vehículos con exceso de peso. En el análisis de los 30 principales O/D se obtuvo que la estación en Atlacomulco representaría el único punto de revisión para tan solo el 23% del flujo de carga y la mitad de estos vehículos realizan viajes de corto itinerario teniendo como O/D Atlacomulco/Toluca. Por otra parte, la estación N° 176 “Estancia” colocada en 2005 sobre la misma carretera arroja una expectativa de 138 vehículos con sobrepeso.

El principal objetivo de la estación N° 76 sería captar el flujo que tiene como O/D el estado de Michoacán. Desafortunadamente, hasta la fecha no se han colocado estaciones sobre la carretera Atlacomulco - Morelia y la estación N° 240 colocada sobre la autopista Atlacomulco - Zapotlanejo tiene una expectativa de 200 vehículos excedidos. Los datos de aforo de los tramos cercanos a Atlacomulco de ambas carreteras señalan que durante 2012 el flujo de carga fue de 2,600 vehículos en total (1,400 por la autopista y 1,200 por la carretera libre), por lo tanto no existen argumentos en cuanto al volumen, que señalen la necesidad de un control para esta ruta.

Ahora bien, la apertura al tránsito del Arco Norte de la Ciudad de México es otro factor que no está reflejado en los datos y que seguramente tiene un efecto en la movilidad. Bajo las condiciones expuestas se recomienda colocar una estación de carácter temporal que permita evaluar las condiciones de movilidad actuales y estar en posibilidades de llegar a una conclusión.

Estación N° 75 “Calpulalpan”

La estación N° 75 “Calpulalpan” fue instalada en 1996 en la carretera Los Reyes - Zacatepec y tiene una expectativa de alrededor de 430 vehículos con exceso de peso. Analizando los 30 principales pares O/D se obtuvo que por lo menos para el 27% del flujo, este sitio representaría el único punto de revisión lo que significaría alrededor de 120 unidades con exceso de peso.

Por otra parte, el flujo de carga por la carretera Los Reyes - Zacatepec a la altura de Calpulalpan ha experimentado un incremento en más del 90% de 2007 a 2012 muy probablemente ocasionado por la apertura del Arco Norte de la Ciudad de México.

Dado que los datos de la estación ya no reflejan las condiciones actuales de movilidad y el alto crecimiento del flujo de carga, consideramos que la expectativa en el número de vehículos con exceso de peso está subestimada, por lo tanto se recomienda la instalación de una estación en este punto.

Estaciones N° 12 “Alchichica” y N° 281 “El Seco”

Las estaciones N° 12 “Alchichica” y N° 281 “El Seco” tienen una expectativa de vehículos excedidos en peso mayor a 400 unidades, ambas fueron instaladas en la carretera San Hipólito - Xalapa en 1992 y 2011, respectivamente; por la

antigüedad de los datos el presente análisis considera únicamente la información de la N° 281, aunque se recomienda que la estación se ubique después del entronque de Zacatepec, ya que según los aforos de datos viales se incrementa el número de vehículos de carga en un 25%.

El análisis de los O/D arrojó que el 73% del flujo de carga sólo podría ser revisado en este punto y la mayoría corresponde a viajes de corto itinerario dentro del estado de Puebla y algunos destinos cercanos del estado de Veracruz. Cabe aclarar que para algunos O/D la estación podría ser evadida si los vehículos utilizaran la autopista Amozoc - Perote, que actualmente tiene un flujo de carga menor al 50% del registrado en la carretera San Hipólito - Xalapa. No obstante la posible evasión se recomienda la instalación de una estación en este punto.

Conclusión para la Región Centro

Se recomienda la instalación de seis estaciones fijas, descritas en la Tabla A5.8 e ilustradas en la Figura A5.7.

Tabla A5.8 Propuesta de estaciones para la Región Centro

Nombre de la estación	Ubicación	Pronóstico de vehículos con exceso de peso
"Caseta Tepotzotlán" Calamanda (N° 98)	Autopista: México - Querétaro Tramo: Calamanda	1,590 vehículos 470 vehículos (1) Estación reubicada
Tizayuca (N° 300)	Carretera: México - Pachuca Tramo: Ent. autopista (México - Tizayuca) - Ent. Arco Norte.	400 vehículos (2) Estación reubicada
Caseta San Martín (N° 161)	Autopista: México – Puebla Tramo: Caseta San Martín	530 vehículos (1) Estación reubicada
Jajalpa (N° 27)	Carretera: México – Toluca Tramo: Ent. Huixquilucan - Ent. carretera (Amomolulco - Santiago Tianguistenco)	1,050 vehículos (1)
Calpulalpan (N° 75)	Carretera: Los Reyes – Zacatepec Tramo: Límite de estados México/Tlaxcala –Calpulalpan	115 vehículos (1) (3)
El Seco (N° 281)	Carretera: San Hipólito – Xalapa Tramo: Zacatepec – Alchichica	300 vehículos (1) Estación reubicada
Atlacomulco (N° 76)	*Carretera: Toluca – Palmillas Tramo: Ixtlahuaca de Rayón – Atlacomulco*	*Se recomienda estación temporal, para definir los patrones de flujo actual*

(1) Expectativa para el flujo vehicular que sólo podría ser revisado en este punto

(2) La expectativa es mayor sí se reubica la estación

(3) Valor subestimado

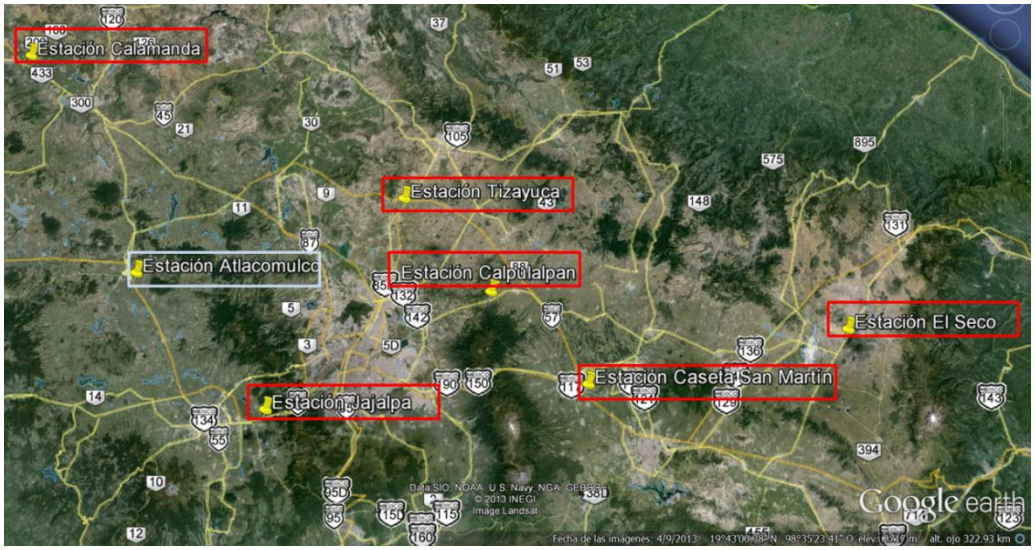


Figura A5.7 Ubicación en el Google Earth de las estaciones propuestas para la Región Centro

Región Sureste

De las 231 estaciones analizadas, 55 se encuentran en la Región Sureste distribuidas de la siguiente manera: 6 en Campeche, 2 en Chiapas, 12 en Oaxaca, 2 en Quintana Roo, 5 en Tabasco, 22 en Veracruz y 6 en Yucatán. La Tabla A5.9 muestra los datos más relevantes como son el TDPA y la configuración vehicular registrados en 2012 y la expectativa del número de vehículos que estarían circulando con exceso de peso.

Tabla A5.9 Distribución de estaciones para la Región Sureste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Campeche											
1997	85	CENTENARIO	00093	53.65	2,287	7.5	1.2	4.5	1.6	2.4	80
2005	183	SEYBAPLAYA	04065	162.5	2,894	5.5	1.3	3.8	0.4	0.1	15
2005	184	PC SEYBAPLAYA	04014	192.5	5,435	4.9	4	7.7	1.6	6.2	200
2011	277	VICENTE GUERRERO	04103	68	3,124	9	2.5	7.1	2.3	3.3	107
2011	280	VILLAMAR	04065	134	3,808	6.1	1.7	5.8	1.6	4.2	140
2011	282	FRANCISCO ESCARCEGA	00093	6.3	2,987	5.6	2.2	5.2	1.3	2.7	73
Chiapas											
2002	149	RANCHO NUEVO	07061	99.5	6,930	5.5	0.8	3	0.5	0.6	19
2007	217	CAÑITAS	00104	247	3,585	5.5	1.1	3.3	0.8	0.1	18

(continuación)
Tabla A5.9 Distribución de estaciones para la Región Sureste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Oaxaca											
1996	78	TELIXTLAHUACA	00211	200	6,187	3.3	1.1	3.3	0.6	0.1	21
1998	101	PUERO ESCONDIDO	20074	137.6	7,096	5.2	1.2	3.6	1.2	0.6	78
2002	144	MAGDALENA	20056	179	25,146	5.2	0.6	0.3	0.3	0.1	40
2002	145	HUITZO	00109	165	4,113	8.6	4.5	5	1.3	3.1	142
2002	148	MARINA	00147	292	28,723	7.1	1	4.9	2.3	4.3	923
2005	170	LAS CRUCES	20057	47	4,129	9	1.1	2.7	1.3	0.7	50
2009	234	SANTA CATARINA	20009	5.8	6,913	8.3	0.9	3	0.4	0.1	91
2009	235	OCOTLAN	20091	38	8,426	9.3	1	2.4	0.8	0.3	155
2011	271	LOS TAMARINDOS	00147	252.9	8,034	8.8	1.5	4.3	1.3	3	248
2011	272	BARRIO LIEZA	20057	248.5	6,086	6.4	1.5	1.6	1	2.5	152
2011	275	PARQUE EOLICO	20059	13.3	6,164	6.8	2.9	4.4	2.3	1.6	206
2012	301	PC SUCHIXTLAHUACA	00109	140.8	3,564	6.4	7.2	5.6	1.1	3.6	179
Quintana Roo											
2005	179	SANTA ELENA	00093	265.5	13,161	6.9	0.8	1.2	0.8	0.3	134
2011	283	BACALAR	23132	25.5	4,889	4.6	1.8	4	0.9	2.2	86
Tabasco											
2010	260	PALO MULATO	00528	78.8	4,975	7	4.1	13.5	3.8	1.2	260
2010	261	IGNACIO RAYON	00104	43.7	5,238	6.6	3.3	3.2	2	0.4	86
2010	262	MACUSPANA	00092	46	11,182	13.6	1.8	4.6	1.5	1.7	265
2010	263	PC SANCHEZ DE MAGALLANES	57080	73.2	13,763	7.9	3.7	7.9	3.3	6.8	1,070
2010	264	TABASQUILLO	00064	48.5	8,049	5.7	3.8	4.1	1.2	3.1	220
Veracruz											
1995	64	TRINIDAD	30066	25.7	11,762	4.8	4.9	9.9	2.4	10.9	321
1995	65	LA LUZ III	30525	33	7,364	6.1	3.9	4	3.2	3.8	367
1996	71	COSAMALOAPAN	30144	60.925	8,542	4.6	6.9	15.9	4.2	13.3	1,616
1996	74	EL VIEJON	30146	76	7,679	8.2	3.8	8.9	3.9	4.2	640
1992	13	ARENAL	00528	23	15,048	5	2.6	1.9	1.9	1.2	418
1998	99	LA ANTIGUA	30146	222	14,350	4.5	2.9	4.2	1.7	4.8	175
2002	151	APAXTLA	30527	126.9	6,803	8.8	0.8	3.8	0.7	0.2	46
2002	152	CASETA SAYULA	30144	188	8,542	4.6	6.9	15.9	4.2	13.3	976
2002	153	COLONIA EJIDAL	30525	88	5,828	7.2	1.1	1	2.5	1.3	56
2002	154	CANAL SARH	30066	87.3	5,775	3.9	2.2	2.3	0.4	2	71
2002	155	EL PANDO	30526	90.2	17,582	7.1	2.8	4.1	2.2	2.4	216
2003	156	CAMPO DE TIRO	30146	236.9	14,350	4.5	2.9	4.2	1.7	4.8	444
2005	177	PC LAS CHOAPAS	00077	16.3	3,169	9.9	6	10.5	3.1	10.7	199

(continuación)
Tabla A5.9 Distribución de estaciones para la Región Sureste

Año	Estación		Clave de carretera	Km	TDPA 2012	Configuración vehicular					Expectativa diaria de vehículos excedidos
	N°	Nombre				C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	
Veracruz											
2007	214	AEROPUERTO	00608	204.2	26,293	12.8	2.4	2.8	2.3	0.6	200
2007	216	NUEVO VIVERO	30007	13	15,824	6	1.1	1	0.9	0.4	41
2011	265	BUENOS AIRES	00529	11.5	6,213	10.5	2.2	2.4	0.5	0.3	112
2011	266	PECHAPAM	30527	96.1	8,532	9.2	1.6	3.1	0.9	0.5	154
2011	268	ZACATAL	00147	52	10,402	10.1	2.2	6.1	1.6	1.4	238
2011	276	PC TUXPAM	30008	257.5	3,043	4.4	1.8	1	0.4	0.6	29
2011	278	LA LIMA	00301	114.1	5,070	7.9	6.2	10.9	2.7	3.2	170
2011	279	VEGA DE ALATORRE	30146	125.9	6,150	8.9	3.2	8.9	4	4.8	362
2011	284	TIERRA BLANCA	30153	34.7	11,339	8.1	3.7	9.2	1.9	2.3	377
Yucatán											
1997	80	SAN IGNACIO	31091	25.3	13,372	3.8	1.8	4	1.4	1.6	323
2005	188	EBTUN	00067	155	4,554	6.9	1.8	2.3	0.3	0.7	45
2005	189	PC PISTE	00071	116.5	3,007	5.1	0.7	2.6	0.7	5.5	97
2009	239	KOPOMA	00066	122.5	7,955	5.2	2.5	4.5	1.3	2.7	237
2009	241	XPETEN	00164	226.9	4,161	9.2	2	0.7	4	0.5	110
2009	244	TAHMEK	00067	38.3	8,561	9	2.9	1.9	0.7	2.4	161

Para esta región se identificaron diez estaciones que reportan unas expectativas mayores a 350 vehículos con exceso de peso, mismas que se desglosan a continuación.

Estación N° 148 “Marina”

En 2002 se instaló la estación “Marina” en la carretera Coatzacoalcos - Salina Cruz arrojando una expectativa de 920 vehículos excedidos en peso, sin embargo, las estaciones N° 271, 272 y 275 instaladas durante 2011 en las carreteras de acceso a Tehuantepec y Salina Cruz reflejan una expectativa mucho menor (248, 152 y 206 vehículos, respectivamente), lo que obliga a cuestionar los patrones de movilidad actuales, ya que en 2002 aún no estaba abierta al tránsito la autopista Salina Cruz - La Ventosa (véase Figura A5.8).

Tomando la información de los aforos de 2012 se revisaron los aforos de todas las carreteras que convergen en esta zona incluida la autopista Salina Cruz – La Ventosa. El punto donde se contabilizó el mayor número de vehículos de carga es sobre la carretera Coatzacoalcos – Salina Cruz antes de llegar a Salina Cruz, por lo tanto, para el análisis se consideró la ubicación de la estación N° 148.

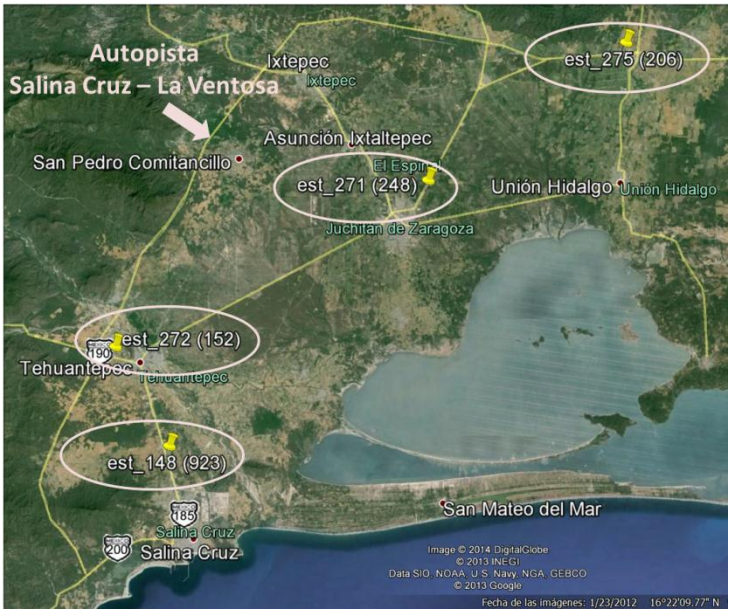


Figura A5.8 Ubicación en el Google Earth de las estaciones instaladas en las carreteras de acceso a Tehuantepec y Salina Cruz

De los O/D registrados en las estaciones N° 271, 272 y 275 se obtuvo el flujo que podría ser revisado por única vez en la estación N° 148 y la expectativa de vehículos excedidos dentro de este flujo asciende a 100 unidades. Mientras que, de la estación N° 148 sólo se consideraron los flujos con O/D de corto itinerario y aquellos que no podrían haber sido contemplados en las estaciones anteriores resultando una expectativa de 500 unidades excedidas en peso. Lo anterior señala que un alto porcentaje de los vehículos que circulan con exceso de peso realizan viajes de corto itinerario entre Salina Cruz y Tehuantepec, razón por la cual en las estaciones de 2011 que no cubrían esta ruta, no se registró un número alto de vehículos con sobrepeso.

En conclusión se recomienda la instalación de una estación en la carretera Coatzacoalcos – Salina Cruz en el tramo Tehuantepec – Salina Cruz.

Estaciones N° 74 “El Viejón”, N° 156 “Campo de tiro” y N° 279 “Vega de Alatorre”

Las estaciones N° 74 “El Viejón”, N° 156 “Campo de tiro” y N° 279 “Vega de Alatorre” fueron instaladas en la carretera Poza Rica – Veracruz en los años 1996, 2003 y 2011, respectivamente; la expectativa de vehículos excedidos se ha reducido de 639 a 443 y finalmente a 362 unidades conforme pasan los años.

Revisando los aforos de 2012 se determinó que entre las tres estaciones el punto con mayor afluencia de vehículos de carga es en la estación N° 156, la cual según el documento de la SCT [*SCT-DGST, 2011*] fue ubicada en el km 236+900, pero en el croquis de ubicación marcan el sitio del estudio en el tramo de José Cardel – Puente La Antigua; es decir, entre el cadenamiento 214 al 222, y revisando los O/D se comprueba que la estación debió estar ubicada en el tramo que se interpreta en el croquis. De hecho para incrementar el número de vehículos

revisados, se propone que la estación se ubique entre el entronque de San Julián y el entronque Colonia el Renacimiento (desviación a Recinto Portuario) y de esta manera se incrementaría en un 65% el flujo de vehículos de carga sujetos a revisión.

Bajo la consideración de colocar la estación en el sitio propuesto, según los datos de O/D de las encuestas registradas en la estación N° 156, para el 34% de los vehículos, este lugar representa el único punto de revisión y la expectativa de unidades excedidas es de 150, sin embargo, faltaría incluir el flujo que se incorporaría en el entronque de San Julián.

Estaciones N° 71 “Cosamaloapan” y N° 152 “Caseta Sayula”

La estación N° 71 “Cosamaloapan” y N° 152 “Caseta Sayula” fueron colocadas en la autopista La Tinaja - Sayula durante 1996 y 2002, respectivamente. Por la antigüedad de los datos, el presente análisis contempla únicamente la información recopilada en la estación N° 152; en la cual se tiene una expectativa de 976 vehículos con sobrepeso.

Analizando los O/D se detectó que solamente para el 14% de los vehículos, este sitio representaría su único punto de revisión, esto se traduce en la detección de alrededor de 135 unidades con exceso de peso. No obstante que este valor es bajo, se recomienda la instalación de una estación en este punto ya que un 13% del flujo podrían evadir otros puntos de revisión y el número esperado de vehículos con sobrepeso se incrementaría.

Estación N° 284 “Tierra Blanca”

La estación N° 284 “Tierra Blanca” fue instalada en 2011 en la carretera La Tinaja - Santa Cruz y tiene una expectativa de vehículos excedidos de 377 unidades. De la misma forma que la estación en la autopista La Tinaja – Sayula, instalar un punto de inspección sobre esta carretera cumple con la finalidad de revisar el flujo de carga que tiene como O/D el sureste del país.

El análisis de los O/D arroja como resultado que el 34% del flujo de carga sólo podría ser revisado en este punto, lo que permitiría detectar alrededor de 130 vehículos con sobrepeso, además existe un 10% que podrían evadir los otros puntos de revisión lo que incrementaría esta cifra.

Aún y cuando la expectativa de vehículos con sobrepeso es baja en comparación con otras estaciones analizadas, es recomendable la colocación de este punto de revisión, ya que de no ser así el flujo de carga que actualmente utiliza la autopista La Tinaja – Sayula con el fin de evadir el punto de revisión propuesto tomaría la carretera La Tinaja – Santa Cruz.

Estaciones N° 13 “El Arenal” y N° 263 “Caseta Sánchez de Magallanes”

La estación N° 13 “El Arenal” fue instalada en la carretera Coatzacoalcos – Villahermosa durante 1992 y con los datos recopilados en ese año la expectativa de vehículos excedidos es de 418 unidades. En el 2010 se colocaron las estación

N° 263 en la plaza de cobro "Sánchez Magallanes" de la autopista Entronque Agua Dulce – Cárdenas y la N° 260 "Palo Mulato" sobre la carretera Coatzacoalcos – Villahermosa, de tal forma que ambas estaciones reflejan las condiciones actuales de la estación N° 13 y en conjunto superan el valor de la expectativa de vehículos sobrecargados con 1,070 y 260 unidades, respectivamente.

Para el presente análisis se contempla la instalación de una estación en la carretera Coatzacoalcos – Villahermosa entre el entronque de la autopista Cosoleacaque – Nuevo Teapa y el entronque de Las Choapas – Ocozocuautla (cuota); por lo tanto considerando esta propuesta de ubicación, además de analizar los O/D de las estaciones N° 260 y 263, se incluyen los flujos registrados en la estación N° 177 "Plaza de cobro Las Choapas" colocada en 2005.

El resultado del análisis arrojó que el 22% del flujo sólo podría ser revisado en este punto y la expectativa de vehículos con sobrepeso asciende a 340 unidades.

Estación N° 65 "La Luz III"

La estación N° 65 "La Luz III" fue instalada en 1995 en la carretera Córdoba – Entronque Boticaria y proyecta una expectativa de 367 vehículos con sobrepeso; en el mismo año la estación N° 64 "Trinidad" instalada en la autopista Córdoba – Veracruz tiene una expectativa de 320 unidades, ambas estaciones fueron ubicadas antes del entronque de La Tinaja. En el 2002 se instalaron las estaciones N° 153 "Colonia Ejidal" y 154 "Canal SARH" sobre las mismas carreteras, pero en esta ocasión se colocaron después del entronque de La Tinaja y la expectativa de vehículos excedidos es mucho menor, 56 y 71 unidades, respectivamente (véase Figura A5.9).

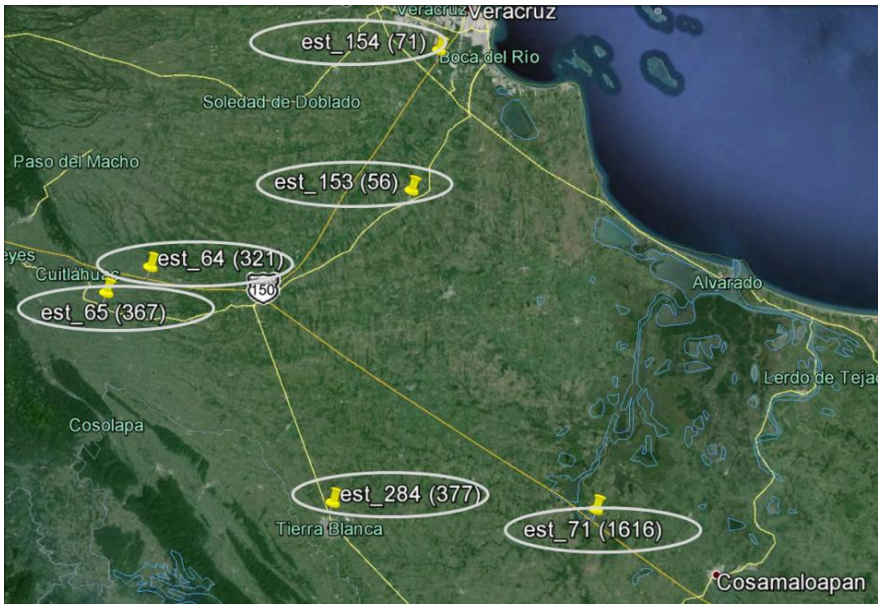


Figura A5.9 Ubicación en el Google Earth de las estaciones alrededor del entronque de La Tinaja

Lo anterior lleva a la conclusión de que las vehículos de carga con exceso de peso están circulando hacía el sur del estado de Veracruz y la ruta queda cubierta con la propuesta de las estaciones en Tierra Blanca y en la caseta de Sayula; por lo tanto no se recomienda la instalación de la estación N° 65 “La Luz III”.

Conclusión para la Región Sureste

Se recomienda la instalación de cinco estaciones fijas, descritas en la Tabla A5.10 e ilustradas en la Figura A5.10.

Tabla A5.10 Propuesta de estaciones para la Región Sureste

Nombre de la estación	Ubicación	Pronóstico de vehículos con exceso de peso
Marina (N° 148)	Carretera: Coatzacoalcos – Salina Cruz Tramo: Tehuantepec – Salina Cruz	600 (1)
Campo de tiro (N° 156)	Carretera: Poza Rica - Veracruz Tramo: Entronque San Julián – Entronque Colonia El Renacimiento (Recinto Portuario)	150 vehículos (1) (2) Estación reubicada
Caseta Sayula (N° 152)	Autopista: La Tinaja – Sayula Tramo: Caseta de cobro Sayula	135 vehículos (1)
Tierra Blanca (N°284)	Carretera: La Tinaja – Santa Cruz Tramo: La Tinaja – Tierra Blanca	130 vehículos (1)
El Arenal (N° 13)	Carretera: Coatzacoalcos – Villahermosa Tramo: Entronque autopista Cosoleacaque –Nuevo Teapa - Entronque Las Choapas –Ocozocuautla (cuota)	340 vehículos (1)

(1) Expectativa para el flujo vehicular que sólo podría ser revisado en este punto

(2) La expectativa es mayor sí se reubica la estación

Figura A5.10 Ubicación en el Google Earth de las estaciones propuestas para la Región Sureste

CIUDAD DE MÉXICO
Nueva York #115, 1 piso
Col. Nápoles
CP 03810, México, D F
Tel +52 (55) 5265 3600
Fax +52 (55) 5265 3600 ext. 4700

SANFANDILA
Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76703, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777
Fax +52 (442) 216 9671

www.imt.mx
publicaciones@imt.mx