

AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL EN MÉXICO

E. ABARCA, A. CENTENO & A. MENDOZA
Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte,
Instituto Mexicano del Transporte, México
eabarca@imt.mx, acenteno@imt.mx, mendoza@imt.mx,

RESUMEN

Mejorar sustancialmente la seguridad vial en carreteras es una de las principales preocupaciones de los operadores de infraestructura vial en los diferentes países.

Una estrategia que se ha venido desarrollando en México en los últimos años, para tratar de reducir la accidentalidad y sus consecuencias asociadas, ha sido la aplicación de medidas correctivas. Uno de los principales esfuerzos dirigidos a este fin ha sido el desarrollo e implantación del proceso de auditorías de seguridad vial.

En los últimos años, el Centro Nacional para la Prevención de Accidentes (CENAPRA) y el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), han llevado a cabo cursos de formación de auditores de seguridad vial, donde uno de los objetivos es realizar inspecciones de seguridad.

En 2008, a solicitud de una concesionaria preocupada por mejorar los niveles de seguridad de las autopistas que opera, solicitó al IMT realizar auditorías de seguridad vial a una red propia de 800 kilómetros, para ello, el IMT basado en la metodología tradicional de auditorías, desarrolló un proceso adecuado para este tipo de carreteras, que de manera general se resume en los siguientes pasos: (I) Recopilación de información base (planos de localización, trazo, accidentes, tránsito, etc.); (II) Revisión y evaluación de la información base, ubicando sitios potencialmente peligrosos y ponerles especial atención al momento de la inspección; (III) Inspección de campo, mediante recorridos diurnos y nocturnos en ambos sentidos, levantado con GPS el trazo carretero, ubicando con el Indicador de Velocidad de Curva Segura, aquellas curvas que requieren atención, grabación en video del tramo en estudio, así como un registro fotográfico de atributos de la autopista que representaran un riesgo a la seguridad del usuario. Mediante las listas de chequeo se verificaron los atributos como señalamiento horizontal y vertical, sección transversal, zonas laterales, etc. Otra actividad adicional, fue el levantamiento de velocidades de punto en distintos lugares de las autopistas, para conocer, la velocidad de operación de los vehículos al momento de la inspección por medio del percentil 85; (IV) Análisis de la información obtenida producto de la inspección, determinar las observaciones y preocupaciones, así como hacer las recomendaciones necesarias para cada situación que representara un riesgo para el usuario, un breve análisis de accidentes del tramo; y (V) Realizar el reporte de auditoría.

El presente trabajo describe la metodología aplicada para la realización de estas auditorías describiendo cada una de las actividades finalizando con los resultados más importantes del proceso.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de implementación de una mejora vial (tramo nuevo o mejora a un tramo existente) consiste en varias etapas, incluyendo generalmente las siguientes: diseño preliminar o anteproyecto, proyecto ejecutivo, construcción y operación.

Los procedimientos más comunes de realización de auditorías suelen considerar la ejecución de una auditoría sobre el producto resultante de cada una de las etapas anteriores, con el fin de identificar posibles fallas en materia de seguridad vial [1].

Así, se le denomina como auditoría de etapa 1 a aquella que se ordena para identificar deficiencias en el anteproyecto que pudiesen generar inseguridad vial y accidentes. Suele representar la última oportunidad para considerar los requerimientos de la seguridad en la gestión de recursos (p. ej. para la adquisición de derecho de vía).

En la auditoría de etapa 2, dirigida a identificar deficiencias en el proyecto ejecutivo, la auditoría se centra en aspectos de mayor detalle de la mejora, considerando la geometría de los entronques, la posición de las señales verticales, el señalamiento horizontal, la iluminación artificial, etc. La auditoría de etapa 2 debe identificar deficiencias identificadas en la auditoría de etapa 1 que no hubiesen sido atendidas, y reiterarlas en el reporte de esta etapa.

La auditoría de etapa 3 debe realizarse cuando la construcción ha sido terminada substancialmente y preferentemente antes de su apertura a los usuarios. Los auditores deben examinar la mejora desde el punto de vista de los usuarios, y pueden caminar, conducir un vehículo o una bicicleta por ella con el fin de evaluar que los usuarios la entiendan. La auditoría de etapa 3 debe identificar deficiencias identificadas en la auditoría de etapa 2 que no hubiesen sido atendidas, y reiterarlas en el reporte de esta etapa.

La auditoría de etapa 4, también denominada inspección, se realiza cuando la carretera ya está en operación. En esta auditoría debe realizarse una verificación del número de accidentes con víctimas (lesionados y fallecidos) que ocurren, con el fin de identificar problemas serios y efectuar rápidamente las correcciones pertinentes. El reporte de esta auditoría debe señalar los problemas de seguridad identificados a partir del análisis de los datos de accidentes así como de las observaciones realizadas durante visitas de campo.

Por tratarse de carreteras ya en operación, el alcance de este trabajo corresponde a las auditorías de etapa 4.

2. METODOLOGÍA APLICADA PARA LAS AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL (ASV).

Para la realización del proceso de auditorías, se desarrolló la siguiente metodología que involucró los siguientes pasos:

1. Recopilación de información base (planos de localización y trazo de la carretera, normatividad, datos viales, información de accidentes, etc.).
2. Análisis de la información base de cada una de las carreteras. El propósito principal es revisar el cumplimiento de la normativa, la identificación y localización de sitios con una concentración elevada de accidentes (“puntos negros”) y otros puntos que

requieran un análisis detallado, tales como intersecciones, enlaces y puntos singulares.

3. Inspección de campo o "in situ". Se realizan recorridos en campo diurnos y nocturnos en ambos sentidos. En este punto el objetivo es analizar las condiciones de operación de cada una de las carreteras en diferentes condiciones de visibilidad, identificar y localizar mediante GPS y del sistema mapa-móvil, aquellos elementos que pudieran representar un riesgo potencial para la seguridad (tanto los relacionados con la operación de la carretera, como los que se refieren a la infraestructura, la señalización y el entorno de la misma). En la inspección "in situ", se registran en listas de verificación las deficiencias detectadas en el señalamiento horizontal y vertical, la sección transversal, el sistema de drenaje, el alineamiento de la carretera, los dispositivos de contención, la conexión entre sistemas de contención, los ramales, las zonas laterales, etc. También se lleva a cabo un levantamiento de datos mediante "indicadores de velocidad segura en curvas", grabación en video y registro fotográfico.
4. Análisis en gabinete de toda la información obtenida.
5. Elaboración de un informe final de la auditoría, que incluye las recomendaciones para la problemática identificada así como soluciones específicas para la autopista auditada

2.1. Recopilación de la información base

Se le solicitó a la concesionaria proporcionar toda la información disponible de las carreteras a auditar para iniciar con el diagnóstico del lugar, y que esto diera lugar a programar la metodología a emplear en las inspecciones de campo antes de iniciar la auditoría. La información solicitada fue la siguiente:

- Planos y material gráfico de las autopistas (localización, alineamiento horizontal y vertical)
- Planos del señalamiento
- Aforos vehiculares
- Información de accidentes

De forma adicional a la información proporcionada, se recopiló la siguiente información de cada una de las carreteras:

- Imágenes satelitales
- Aforos y configuraciones vehiculares en Datos Viales 2007 [2].
- Condiciones climatológicas.

2.2. Análisis de la Información

2.2.1 Planos y material gráfico

Los planos fueron revisados por el equipo auditor verificando que todos los elementos de la carretera cumplieran con valores mayores al mínimo establecidos en la normativa de diseño de geométrico de carreteras vigente [3], ubicando los sitios más restrictivos (radios de curvatura limitados, tangentes de corta longitud, pendientes sostenidas de gran longitud, mala combinación de alineamientos, etc.) que pudieran presentar algún problema de seguridad. En los casos donde no se cumplió con alguna normativa, en

función de la carretera, se identificó en papel y posteriormente se corroboró con la inspección de campo.

2.2.2 Informes de accidentes

El análisis de los informes de accidentes se utiliza como una ayuda a los auditores en la determinación de áreas con potenciales problemas de seguridad. Esto hace a la auditoría proactiva.

Se realizó un análisis detallado de los informes de accidentes de todas las carreteras auditadas para los años en los que se tenían registros, destacando la cantidad de accidentes por año y su evolución mensual, tipo y causa del accidente, fallecidos y lesionados, tipo de vehículo, condición climatológica y localización del accidente.

La localización del accidente asociado con la causa, clase y condición meteorológica durante el suceso, nos ayuda a determinar los sitios potenciales en los que puede haber una de alta incidencia de accidentes (“puntos negros”), lugares donde ya se presentan problemas de seguridad y en donde el equipo auditor tiene que hacer principal énfasis durante las visitas de campo. Con estos datos se puede generar un gráfico en dos dimensiones que muestre, sin escala la longitud total de la carretera, cadenamientos, cuerpos, sentidos de circulación y carriles indicando con un punto la ubicación de cada accidente registrado. A este gráfico se le conoce como “Larguillo de Accidentes”. La Figura 1 muestra un “Larguillo de Accidentes” de una autopista con los registros de accidentes del 2007 al 2008.

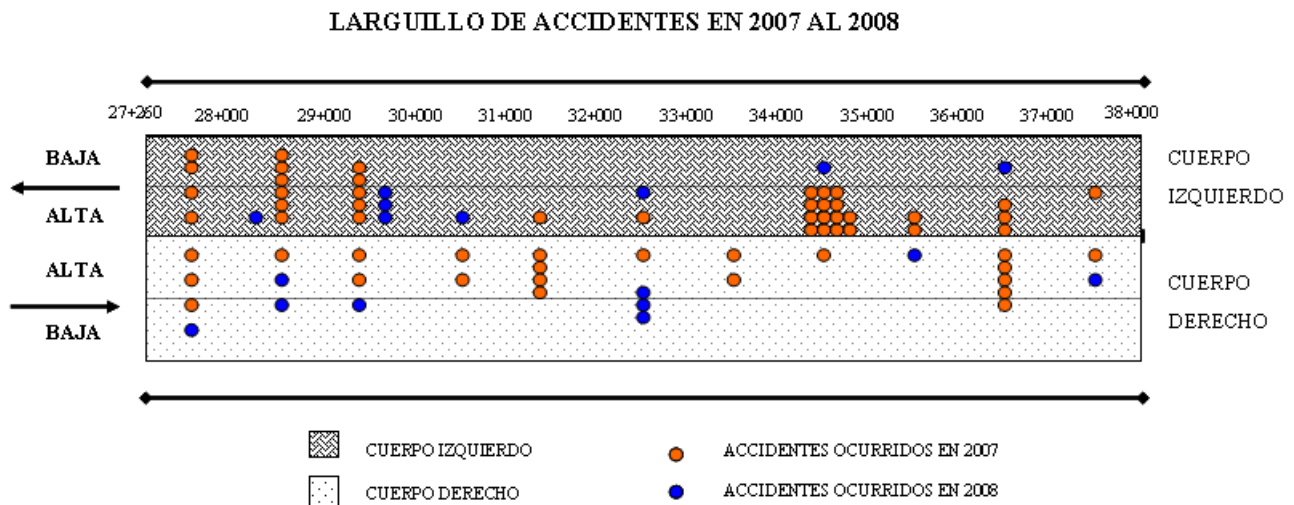


Figura 1 - Larguillo de Accidentes

Como se puede apreciar en la Figura 1, esta autopista registra una incidencia de accidentes entre los pares kilómetros 27-28, 28-29, 29-30, 34-35 y 36-37. El sitio con mayor incidencia se encuentra en el par 34-35 con 16 accidentes, ocurriendo la mayoría de ellos en el cuerpo izquierdo, en el sentido contrario al cadenamiento, sobre el carril de alta para el año 2007.

Localizados algunos sitios potenciales con alta concentración de accidentes, el equipo auditor verificó en los planos de construcción que los elementos geométricos de la vía no tengan ninguna restricción o que al menos cumplan con los estándares mínimos de diseño, de tal manera que permita visualizar la problemática antes de llevar a cabo la inspección de campo al sitio.

2.3. Inspección de campo o “in situ”

La Inspección de campo, es de vital importancia ya que provee al equipo auditor un conocimiento de las condiciones existentes. Previo a ello, el equipo debe familiarizarse con las “Listas de chequeo” para asegurar una exploración productiva y con ello recoger aspectos relevantes.

Las “Listas de verificación” es un formato que se utiliza para registrar las deficiencias detectadas.

2.3.1 *Lista de chequeo y verificación*

El uso de las listas de chequeo es un apoyo para asegurarse de que se tratan todos los aspectos relevantes relacionados con la seguridad y en ningún caso substituyen el juicio, conocimiento y experiencia del auditor. Los aspectos de seguridad considerados en estas listas se enumeran a continuación:

1. Alineamiento y sección transversal. Los aspectos considerados fueron: distancia de visibilidad, velocidad de proyecto, límite de velocidad, legibilidad para conductores, amplitud de carriles, acotamientos, sobreelevación, taludes, drenaje.
2. Carriles auxiliares. En esta parte se evaluó: carriles de aceleración y deceleración, retornos.
3. Intersecciones. Los aspectos considerados fueron: localización de la intersección, visibilidad, señalamiento horizontal y diseño.
4. Iluminación.
5. Señalamiento vertical. Los elementos considerados fueron: aspectos generales del señalamiento vertical, legibilidad y soporte del señalamiento.
6. Señalamiento horizontal. Los elementos considerados fueron: aspectos generales del señalamiento horizontal, rayas, delineadores y retroreflectantes, advertencia y delineación de curvas
7. Barreras de contención y zonas de despeje lateral. Los elementos considerados fueron: despeje lateral, barreras de contención, terminales y visibilidad de barreras
8. Peatones y ciclistas.
9. Puentes y alcantarillas.
10. Pavimentos. Los aspectos considerados fueron: defectos en el pavimento, resistencia al deslizamiento, encharcamientos, piedras y/o material suelto.
11. Provisión para los vehículos pesados
12. Cauces de agua e inundaciones. Los elementos considerados fueron: acumulación de agua y seguridad al borde de la vía.

13. Otros. Aquí se abarca aquellos elementos adicionales que el auditor considera un riesgo, tales como: entorno a la vía, trabajos temporales, problemas de encandilamiento, actividades al borde de la vía, otros asuntos de seguridad y animales.

Las Listas de Verificación es un formato que utiliza el equipo auditor durante la inspección de campo en donde se registran las deficiencias encontradas en donde se anotan el kilómetro en donde se observó la deficiencia, el número de la fotografía que se tomó en el sitio y una breve descripción del problema y una posible sugerencia para mitigarla. Cada grupo auditor registra todas las deficiencias encontradas en la autopista en las listas de verificación.

2.3.2 Recorridos de campo

Posteriormente se efectuó el recorrido de campo en cada autopista, en donde se efectuó lo siguiente:

- 1 Levantamiento con GPS de los alineamientos de la carretera y registro videográfico, mediante recorrido diurno en automóvil en ambos sentidos.

Con el video diurno se puede observar el trazado que va recorre la autopista desde el punto de vista del conductor, con una narración de hechos referentes al alineamiento, al señalamiento, a las condiciones físicas y operativas, etc.

La información registrada en el GPS es procesada y visualizada en AutoCAD, generándose un dibujo para cada autopista. El programa Autocad permite verificar con mucha precisión cada elemento de la carretera, como la longitud total, distancia entre curvas, grado y radio de curvatura, pendientes, etc. La Figura 2 muestra como la información obtenida por un GPS se puede exportar a Autocad.

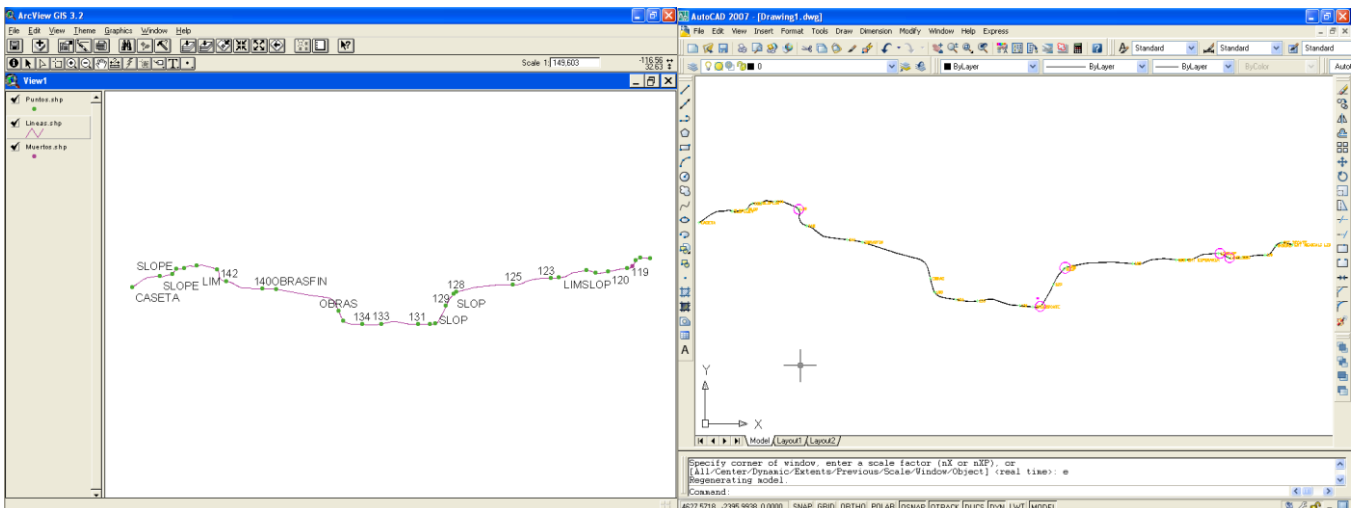


Figura 2 - Información registrada en el GPS posteriormente procesada en AutoCAD

2. Identificación de sitios con elevado riesgo a volcadura o salida del camino a la velocidad límite, mediante el levantamiento con "indicadores de velocidad segura en curvas" en automóvil en ambos sentidos.

El "Safe Curve Speed Indicator" o "indicador de velocidad de segura en curvas" es un instrumento que mide la aceleración lateral (en grados) de un vehículo que circula a cierta

velocidad durante una curva horizontal. Dependiendo del radio y la sobreelevación (peralte) de la curva, el “indicador de velocidad segura en curvas” puede mostrar si la velocidad con la que se tomó la curva no representa algún riesgo de volcadura o pérdida del control del vehículo. Este aparato consiste en una pequeña bola de acero dentro de un tubo de cristal lleno de agua montado sobre una placa metálica graduada que se fija dentro del automóvil. La Figura 3 muestra un “indicador de velocidad segura en curvas”.



Figura 3 - Indicador de velocidad segura en curvas

La zona color rojo (de 10 a 28 grados), indica que la velocidad con la que se circuló la curva puede representa algún riesgo de volcadura o salida del camino, mientras que la zona media en negro (de 0 a 10 grados), indica que la velocidad con la que se transitó en la curva es segura.

El procedimiento por medio del cual se utilizó este instrumento durante los recorridos de campo fue la siguiente:

Se llevo a cabo un primer recorrido completo (de ida y vuelta) a lo largo de toda la autopista a la velocidad máxima permitida. Durante el recorrido, una persona del equipo auditor fue tomando lectura de los grados marcados en el instrumento al pasar por cada curva. Si la lectura registrada por la bola de metal en el instrumento se encontraba dentro del rango de la zona roja, dicha lectura se registraba y anotaba, mientras que otra persona del equipo auditor levantaba el sitio con un punto en el GPS señalando la lectura obtenida. De esta manera se podía ubicar en gabinete la curva que potencialmente podría tener problemas de volcadura o salida del camino.

3. Recorridos diurnos en ambos sentidos de la carretera, registrando las deficiencias observadas en las listas de verificación y registro fotográfico de esas deficiencias.

Este trabajo fue realizado por dos equipos independientes de auditores, cada uno compuesto de dos auditores recorriendo la carretera en un vehículo distinto. Cada equipo auditor circulaba sobre el acotamiento a una velocidad moderada (no más de 20 km/h) en donde observaban las deficiencias en seguridad de todos los elementos de la vía, deteniéndose en cada sitio, registrando la deficiencia y observaciones en las listas de verificación así como el registro fotográfico para vincularla.

4. Registro de velocidad de punto por tipo de vehículo, en diferentes sitios por cada sentido de circulación.

En esta actividad se registraron velocidades de punto en diferentes sitios de las autopistas, con el objeto de determinar las variaciones en velocidad de operación con la que circulan

los distintos vehículos sobre los carriles de circulación. Se determinaron los puntos más idóneos para la toma de velocidades. De acuerdo al sitio, también se registraron velocidades a la salida del camino principal y/o incorporaciones al mismo. Para el caso de vehículos circulando en pelotón, sólo se registraron la velocidad del primer vehículo. Se registró al menos una muestra de 120 velocidades por sitio. Este estudio de campo tiene gran utilidad para determinar la velocidad deseada de los conductores y los niveles de violación a las velocidades máximas permitidas en el tramo. Esta etapa de trabajo se realizó con la ayuda de equipo de medición de velocidades consistentes en dos dispositivos de tipo pistola: una radar y otra tipo láser.

5. Registro de las condiciones de circulación nocturna, mediante toma de video en recorrido nocturno en automóvil en ambos sentidos.

Con el video nocturno es posible observar el adecuado funcionamiento de los dispositivos de iluminación y señalamiento de la autopista desde el punto de vista del conductor, con una narración de hechos referentes al grado de retroreflectividad de: vialetas o botones, rayas y marcas sobre el pavimento, pintura sobre las estructuras, señalamiento vertical, iluminación, visibilidad de plazas de cobro, etc.

Con el video nocturno se pueden detectar elementos en la zona lateral que de día se pueden observar sin dificultad, pero que en condiciones de poca luz requieren algún dispositivo retroreflectivo que ayude a su visibilidad. En la Figura 4, la imagen de la izquierda se muestra la pila de un puente peatonal en la zona lateral, que durante el día se observa sin problemas, sin embargo por la noche, la imagen de la derecha que corresponde a la misma pila del puente, su visibilidad es muy poca.



Figura 4 - Comparativa de visibilidad de una estructura durante el día y en condiciones nocturnas.

2.4. Trabajo de gabinete

El análisis en gabinete, para cada autopista consistió de manera breve en lo siguiente:

1. Dibujo georreferenciado de la autopista y mapa de ubicación geográfica de la misma en el país, incluyendo datos generales como: nomenclatura dentro del sistema de clasificación de las Carreteras Federales de la SCT, cadenamios inicial y final, longitud, límite de velocidad, sección transversal por sentido, tránsito diario promedio anual (TDPA), superficie de rodamiento, etc.

2. Distribución acumulada de frecuencias de las velocidades de punto, medidas en cada sitio por tipo de vehículo e identificación de factores de riesgo, relacionados con el régimen de velocidades a lo largo de la autopista.

De las velocidades de punto que se tomaron en los diferentes sitios de las autopistas auditadas, fue posible obtener las velocidades media, mínima y máxima por tipo de vehículo, así como la obtención del percentil 85 (velocidad de operación) a partir de la acumulada de frecuencias de las velocidades registradas para todos los vehículos explorados.

3. Identificación de sitios inseguros a partir de los levantamientos con los "indicadores de velocidad segura en curvas" y generación de recomendaciones de mejoramiento para esos sitios (p. ej. reducción de la velocidad límite, medidas de control de las velocidades, etc.).

Como se mencionó anteriormente, durante los recorridos con los "indicadores de velocidad segura en curvas", se levantaban puntos con el GPS cuando el indicador del instrumento se posicionaba en la zona en rojo (mayor a 10 grados), esto significa que la combinación entre el radio y la sobreelevación en esas curvas aún circulando a la velocidad máxima permitida existe la posibilidad de que los vehículos puedan presentar problemas de volcaduras o salida del camino.

4. Análisis detallado de accidentes, identificando sitios de mayor siniestralidad, tipos más comunes, causas principales, etc., y relacionándolos con las deficiencias registradas en las listas de verificación, las series fotográficas y los videos durante los recorridos diurnos y nocturnos.

El trabajo en esta parte consistió en relacionar la información levantada en campo con los sitios de alta incidencia de accidentes previamente localizados. Se revisaron a detalle las series fotográficas, videos diurnos y nocturnos de dichos sitios analizando las causas y tipos mas comunes de los accidentes, verificando si éstas estaban relacionadas con las deficiencias registradas por los auditores en las listas de verificación.

5. Puntualización a lo largo del cadenamiento en uno y otro sentido, de las deficiencias registradas en las listas de verificación, las series fotográficas, videos, y recomendaciones para corregirlas.

Esta parte consistió en revisar el informe fotográfico, foto a foto, en orden consecutivo según el cadenamiento y en cada sentido de circulación, revisando las notas de las listas de verificación con las observaciones y sugerencias de recomendación de cada grupo auditor relacionadas a cada fotografía y verificando tanto en los videos diurnos como nocturnos, en cada caso, para corroborar lo observado en las fotografías y en las listas de verificación. A partir de este análisis detallado, el grupo auditor identificó las deficiencias y/o problemas, sugirió algunas recomendaciones y sugerencias para mejorar o corregir la deficiencia de cada sitio observado.

2.5. Elaboración del reporte de auditoría

El reporte de cada auditoría fue integrado de las siguientes partes:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Presentación o portada. | 7. Análisis de accidentes. |
| 2. Equipo auditor. | 8. Indicador de velocidad segura en curvas. |
| 3. Ubicación geográfica. | 9. Recomendaciones generales. |
| 4. Descripción del tramo. | 10. Inspección de campo. |
| 5. Características de la auditoría. | 11. Sugerencias. |
| 6. Velocidades de operación. | 12. Programa de acciones masivas y prioritarias. |

3. CONCLUSIONES

La metodología empleada, tiene la bondad de aplicarse a todo tipo de carreteras, pero dada la importancia del trabajo, se enfocó a autopistas en operación.

Como resultado de la aplicación del proceso de auditoría, se puede obtener un programa de acciones prioritarias y acciones masivas enfocadas obviamente a mejorar la seguridad de la vial. En este sentido, el reporte de la auditoría contiene una serie de recomendaciones que pueden utilizarse de las siguientes dos formas:

1. Corregir una por una las deficiencias identificadas en cada sitio, lo que se puede llamar tratamiento de sitios específicos.
2. Identificar sitios con problemas comunes, es decir, aquellos donde la deficiencia sea repetitiva, y de esta forma lanzar programas por tipo de problema a lo largo de la carretera o de la red.

El lanzar un programa de acciones masivas, es necesario identificar las acciones requeridas mas frecuentes, y como se comentó, esas acciones nacen de las deficiencias repetidas a lo largo de la vía (p. ej. elementos de contención inadecuados, problemas de visibilidad en los señalamientos, zonas libres de obstáculos, etc.), que debido a su frecuente aparición en el camino representan un riesgo. Asimismo, una vez que se tienen las acciones referidas, es necesario priorizarlas para un mejor aprovechamiento de los recursos financieros y aplicarlos en sitios donde hay un riesgo potencial de que se presenten accidentes con victimas, o aquellos en las que ya se suscitaron, de manera tanto de los recursos como las acciones, sean encaminadas a eliminar y/o reducir las consecuencias del accidente.

La auditoría realizada en cada autopista permitió identificar las fallas en materia de seguridad vial y proponer las acciones para subsanarlas.

REFERENCIAS

1. AusRoads (2002). Road Safety Audit, Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities (AusRoads), Sidney, Australia, 2nd. Edition
2. DGST (2007). Datos viales 2007. Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México, D.F.
3. SCT (1970). Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), México, D.F.