



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**ACCIONES DE MEJORA PROPUESTAS PARA REDUCIR LA
ACCIDENTABILIDAD PRESENTADA EN EL CUERPO "A" DE LA
AUTOPISTA FEDERAL DE CUOTA ACATZINGO-CD. MENDOZA DEL
KM 217+500 AL KM 252+000.**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES

PRESENTA:

ING. SIMON MOISES MADARIAGA RIVERA

DIRECTOR DE TESINA: **ING. OSCAR E. MARTÍNEZ JURADO**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

ABRIL 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A mi familia por nunca haberme abandonado a lo largo de todo este camino
y por siempre haberme apoyado.*

*A mis amigos, la mayoría de ellos ingenieros y otros próximos a serlos: Plata, Agustín,
Zenón, Mariel, Gabriela, Enrique. A los buenos amigos que hice en la Especialidad en
especial a Miguel, Daniel y Javier. Y a los muchos otros amigos que hice a lo largo de este
camino en especial a los virtuosos Claudio y Julián.*

*Al Ing. José Antonio Aguilar Pérez jefe del departamento de Evaluación Técnica y
Económica, por haberme hecho partícipe en el caso práctico que se muestran en esta
tesina, así como al Ing. Hugo, Ing. Hilda, Ing. Mariana, Ing. Rubí, Ing. Fernando, Lic. Rocío
, Ing. Eric, Ing. Adrián, Ing. Javier, pertenecientes a la DGST de la SCT.*

*Un agradecimiento especial a la M. en I. Alba Beatriz Vázquez González por su gran
ayuda en los obstáculos que superé para poder presentar este trabajo en tiempo y forma.*

*A mi director de tesina el Ing. Oscar E. Martínez Jurado, por su invaluable apoyo y guía en
la realización de este trabajo, por sus sinceros y acertados consejos o comentarios como
profesor y tutor que me hicieron crecer como persona y profesionalista.*

*A mi amada Universidad, la que me ha cobijado desde mis estudios en bachillerato y a la
cual le tendré un agradecimiento eterno por permitirme vivir y experimentar tantas cosas
dentro de sus aulas. Por último, al pueblo mexicano que me ha proveído de mi educación
y por quién siempre buscaré lo mejor para mi país.*



Ilustración 1. "Movimiento". Pintura realizada por Agustín Sánchez Moreno.

“Sólo en el movimiento, por doloroso que sea, está la vida”

Jacob Burckhardt

“El interés compuesto es la octava maravilla del mundo...”

Albert Einstein

Índice de Tablas

Página
|| iv

Tabla 1. Accidentalidad en la RCF de 1996 a 2018.....	28
Tabla 2. Consecuencias de los accidentes en la carretera Acatzingo - Ciudad Mendoza. Fuente: Policía Federal.....	31
Tabla 3. Simbología presentada en el perfil horizontal de la carretera	39
Tabla 4. Simbología presentada en el perfil vertical de la carretera.....	39
Tabla 5. Pendientes descendentes en los subtramos del cuerpo "A"	39
Tabla 6. Ubicación de rampas de emergencia para frenado con base a la velocidad.	40
Tabla 7. Accidentes fatales en 2016 en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza	41
Tabla 8. Accidentes fatales en 2017 en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza	41
Tabla 9. Ubicación de las rampas de emergencia para frenado prioritarias	42

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. "Movimiento". Pintura realizada por Agustín Sánchez Moreno	ii
Ilustración 2. Relaciones en los sistemas.	5
Ilustración 3. El sistema conducente.....	6
Ilustración 4. El sistema planeación.	9
Ilustración 5. El subsistema planeación.	15
Ilustración 6. Falla en el pavimento de la Autopista Arco Norte. Fuente: propia.....	19
Ilustración 7. Accidentalidad en la RCF de 1996 a 2018. Elaboración propia con datos de Anuarios estadísticos de accidentes y publicaciones técnicas del IMT.....	27
Ilustración 8. Participación de las causas de los accidentes en los daños materiales.	31
Ilustración 9. Lugar de ocurrencia de accidentes fatales por fallas en el sistema de frenado.	33
Ilustración 10. Longitud de un posible libramiento como alternativa.	36
Ilustración 11. Ubicación de las rampas de emergencia para frenado prioritarias.	42
Ilustración 12. Ubicación de accidentes en el perfil vertical y horizontal de la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza.....	44

ÍNDICE

	Página
Índice de tablas	iv
Índice de ilustraciones	iv
Objetivo	vi
Objetivo específico.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo I. La planeación con un enfoque de sistemas	3
Enfoque de sistemas	4
La planeación como sistema.....	6
El subsistema planeación	10
Capítulo II. La seguridad vial.....	16
Factores que afectan la seguridad vial	18
Acciones para propiciar la seguridad vial en México	24
Capítulo III. Diagnóstico de la Autopista Federal de Cuota Acatzingo - Cd. Mendoza	29
Capítulo IV. Prescripción para la accidentabilidad analizada	34
Alternativas	34
Selección	37
Capítulo V. La Instrumentación de la solución	45
CONCLUSIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA	51

OBJETIVO

Mostrar la planeación con enfoque de sistemas, describiendo su estructura y organización, con el propósito de que el lector razone la importancia de su implementación en cualquier situación vista como un problema y la cual se desee mejorar.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Poder analizar un caso aplicable de vías terrestres desde el punto de vista de la planeación como un subsistema que forma parte de un sistema conducente. Todo lo anterior con el fin de coadyuvar al Estado en la prevención de accidentes en su Red Nacional de Caminos.

INTRODUCCIÓN

Considerando que el desarrollo de infraestructura representa una gran inversión económica, es imprescindible que previo a su desarrollo se lleve a cabo una íntegra etapa de planeación, que permita aplicar los recursos de forma eficiente, y a los proyectos de mayor rentabilidad; así como, aplicar metodologías como la “BIM” (por sus siglas en inglés Building Information Modelling), la cual se ha estado aplicando en países como Francia, Países Bajos, Reino Unido, Alemania, Finlandia, Lituania, entre otros¹, desde hace algunos años, con el fin de optimizar los recursos de cada nación.

Para lo cual, en la presente tesina se muestra la planeación desde un enfoque de sistemas, para resaltar los efectos de su aplicación en el desarrollo de las vías terrestres, como a continuación se describe en un caso práctico en México:

Ubicación de una rampa de emergencia para frenado en la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza, haciendo uso de los resultados de la auscultación² de la Red Carretera Federal (presencia de pendientes descendentes prolongadas) y la información contenida en los registros de accidentabilidad publicados por la Dirección General de Servicios Técnicos, (presencia de accidentes de tránsito por fallas en el sistema de frenado).

La información recolectada referente a los estudios de caso cuenta con el respaldo bibliográfico de la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como de la Policía Federal e Instituto Mexicano del Transporte, lo anterior, en cuanto al registro de accidentes de tránsito, volúmenes históricos del tránsito, clasificación vehicular y criterios técnicos de análisis en materia de seguridad vial.

¹ Publicado por el Observatorio del Sector de la Construcción Europea en donde se indica la obligatoriedad en el uso de la metodología BIM para proyectos gubernamentales en Estados Unidos desde 2008, para Reino Unido desde 2017 y Chile para 2020

European Construction Sector Observatory. (2019). Building Information Modelling in the EU construction sector. Julio de 2019, de European Commission Sitio web: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/34518/attachments/1/translations/en/renditions/native>

² Es un trabajo en el cual se reporta el índice internacional de rugosidad (IRI) en una carretera a cada 20 metros. SMMR

Con este trabajo se pretende enseñar al lector la importancia de una correcta planeación al desarrollar proyectos, considerando siempre, entre muchas otras cosas, un horizonte de planeación adecuado, para así mitigar los muy probables trabajos futuros de corrección o mejoramiento que se necesiten realizar. Página 2

El contenido del presente trabajo se estructura de la siguiente forma:

Buscando mostrar las etapas de la planeación, en el capítulo I se presenta su estructura vista desde el enfoque de sistemas y como esta se encuentra ligada con otros subsistemas.

En el capítulo II se muestra lo que es la seguridad vial, algunos factores que influyen en esta, así como datos importantes reportados por organizaciones internacionales acerca de este tema alrededor del mundo. Por último, se presentan acciones realizadas en México con el fin de coadyuvar en el esfuerzo mundial por disminuir los accidentes viales y los reportados en la Red Carretera Federal.

Los capítulos III, IV y V son la aplicación directa de lo presentado en forma teórica en el primer capítulo, estructurado como el diagnóstico, prescripción e instrumentación de la solución respectivamente, para el estudio de caso de la Autopista Federal de Cuota Acatzingo – Cd. Mendoza.

CAPÍTULO I

Capítulo I. La planeación con un enfoque de sistemas

Tal como lo comenta el Dr. Felipe Ochoa³, el resolver un problema de infraestructura suele tornarse un poco complicado, haciéndose necesaria una colaboración multidisciplinaria para lograr una interrelación entre el comportamiento humano, la naturaleza y el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología, consecuencia de todo esto, es la creación de nuevas ramas en diversas disciplinas y la expansión de las áreas de estudio ya existentes, de ahí la necesidad de especializarse, estudiar y prepararse mejor cada día.

La Ingeniería Civil es una carrera tan integral, la cual busca comprender cada vez mejor el comportamiento de la naturaleza, por lo que no es coincidencia que estudiemos hidráulica, geotécnica, análisis estructural, impacto ambiental entre muchas otras asignaturas que son áreas enfocadas al entendimiento de los efectos del agua, el suelo, los sismos y el viento con el fin de buscar que las obras en las que colaboramos, convivan con ella.

Si nos enfocamos un momento y analizamos todo lo descrito anteriormente, el Ingeniero tiene como formación intrínseca el poder observar y analizar estados complejos, que como bien lo menciona el Dr. Felipe Rosso, complejo no debe ser sinónimo de casi imposible, sino que simplemente existe una interrelación entre varios componentes, así pues, somos capaces de llevar a cabo tareas complejas como lo pueden ser el diseño o construcción de un edificio, una presa, una carretera, un puerto, etc.

Es el motivo de este capítulo, mostrar al lector la importancia de tener en la mente que un problema puede ser descompuesto en conjuntos como los que hemos aprendido a través de los Diagramas de Euler, los cuales son regiones que sirven para facilitar el entendimiento de su contenido y su relación con otras.

Por lo anterior, el Ingeniero Civil debe considerar en cualquier tipo de proyecto que desarrolle, la planeación para la toma de decisiones. Así se trate de una obra grande o pequeña, las acciones que se realicen en ella deben planearse y cumplir con el objetivo de ser rentables y eficientes.

³ Ochoa, F. (1997). Método de los Sistemas. (2a ed.). México: UNAM.
SMMR

De no considerar lo antes descrito, se corre el riesgo de realizar inversiones innecesarias o superiores, ocasionadas por falta de visión.

Enfoque de sistemas

La aplicación del enfoque de sistemas aplicado a problemas de ingeniería civil, parte de la existencia de problemas complejos, descritos anteriormente, en los cuales está inmiscuido entre otros muchos factores el componente humano, por lo que estudiar las soluciones a estos problemas a través del método científico resulta muy complicado puesto que en este método se realizan y ajustan modelos o teorías hasta que se puedan acercar los resultados a lo que se presenta en la realidad, lo cual es muy difícil de realizar por lo difícil de prever el comportamiento de una persona y aún más de un grupo de personas.

Entonces, el objetivo de aplicar un enfoque de sistemas a cualquier problema es el de poder ver y analizar el todo a partir de sus componentes en conjunto con sus relaciones, las cuales son internas y externas, de las cuales existen tres tipos: las existentes entre un componente y otro (subsistemas), las relacionadas con un componente y el sistema y las que se presenta entre todo el sistema y el medio que lo rodea o con el que interactúa.

Una analogía en donde se presentan los tres tipos de relaciones, podría ser el comportamiento de una nación como un subsistema que constantemente interactúa con otros subsistemas en nuestro planeta Tierra, el cual sería nuestro sistema en donde vivimos, con todos los demás cuerpos celestes con los que convive día a día.

Como bien lo puede empezar a pensar, este enfoque puede ser visto desde muchos puntos de vista, ya que el comportamiento de una nación por sí sola es compleja con los sistemas económicos, políticos, sociales entre muchos otros más que existen, de igual forma el sistema planetario es igual o más complejo y también se relaciona con otras galaxias. Entonces para resolver un problema debemos de encontrar el punto de vista adecuado y que no se aleje demasiado de donde puede surgir la solución, ese será el trabajo del encargado de solucionar los problemas, en nuestro caso del Ingeniero Civil.

Una vez dicho lo anterior podemos comenzar a pensar en un camino para encontrar una solución a cualquier problema, que para nuestro caso lo definiremos simplemente como

aquel estado existente diferente al deseado y el cual buscamos cambiar, que si bien es una definición muy breve también es muy válida.

Se puede concebir un sistema desde el punto de vista en donde se conoce el mismo funcionando y se tiene conocimiento de sus partes y la forma en que se interrelacionan entre ellas, entonces, se puede analizar este sistema por medio de la descomposición de sus partes, es decir de un todo iremos viendo la forma en que funciona el mecanismo completo, tanto internamente como su relación con el medio que lo rodea (suprasistema), se tratarán de construir grupos interrelacionados con el fin de poder encontrar y anotar sus funciones y propiedades dentro del sistema.

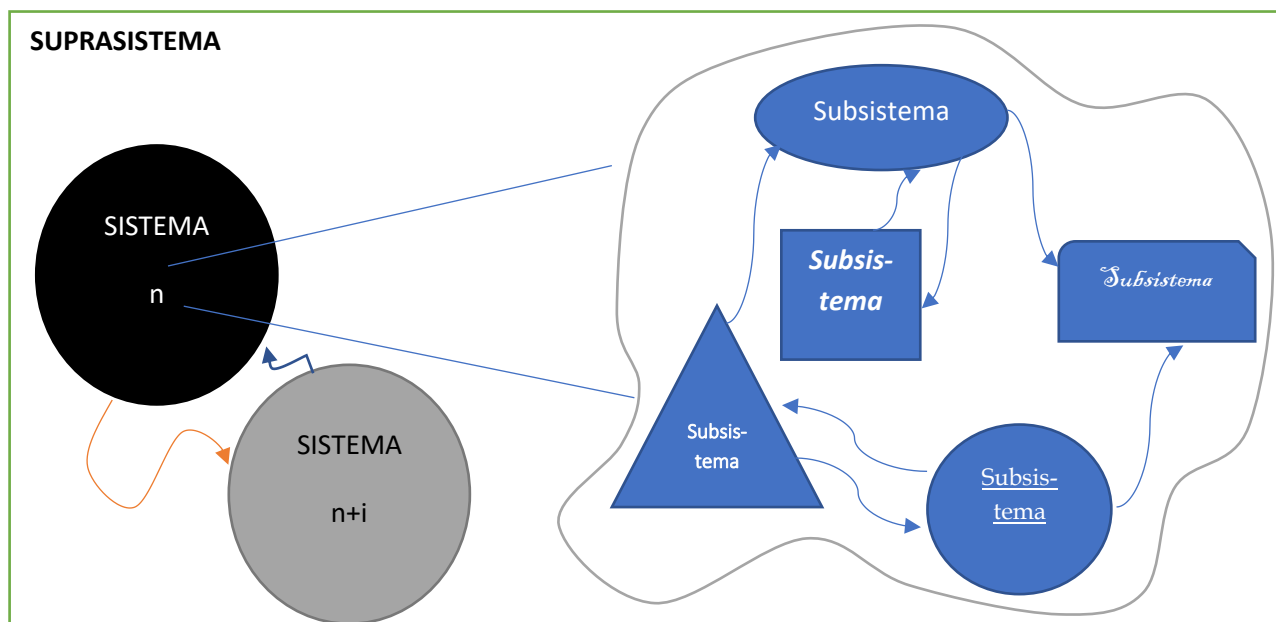


Ilustración 2. Relaciones en los sistemas.

La construcción por medio de la descomposición, es útil para el análisis de un sistema ya que este se encuentra ya constituido, por lo que al comenzar a funcionar, significa que sus componentes han encontrado la forma de trabajar en conjunto, de buena o mala manera, pero han podido comenzar, ahora sólo se tiene que observar la forma en que se están comunicando los miembros del sistema con los otros miembros, los grupos con otros grupos de miembros o el sistema con sus alrededores y describir las relaciones con el objetivo de encontrar posibles problemas u optimizaciones.

Por otro lado, si se quisiera construir el sistema por medio de la composición de sus partes, en sentido contrario que la descomposición, se corre el riesgo de perder de vista algunas

formas de interrelación, más de las que pudiesen ser perdidas por falta de información por medio de la descomposición, lo cual repercutirá en el resultado final del análisis del sistema. Página

Una vez conocido el sistema, aún de forma macro, aunque no lo pareciese, entonces nuestro objeto de estudio podrá seguir su camino hacia la determinación de un camino que podemos diseñar como solución al problema.

La planeación como sistema

Como hemos visto, el enfoque de sistemas nos permite conducir una situación (sistema) hacia un estado deseado de forma controlada. Dentro de este trayecto a seguir, se requiere naturalmente en el mayor de los casos, de diversas actividades interrelacionadas entre ellas. Por lo tanto, es necesario la existencia de la administración, control, gerencia, regulación etc.

Relacionado con nuestro objeto conducido, se encuentra el sistema conducente que como lo nota el sufijo *-nte* será *el que conduce* o sea, el encargado de entre otras cosas, de tomar las decisiones que considere necesarias para llevar por el camino correcto al objeto conducido.

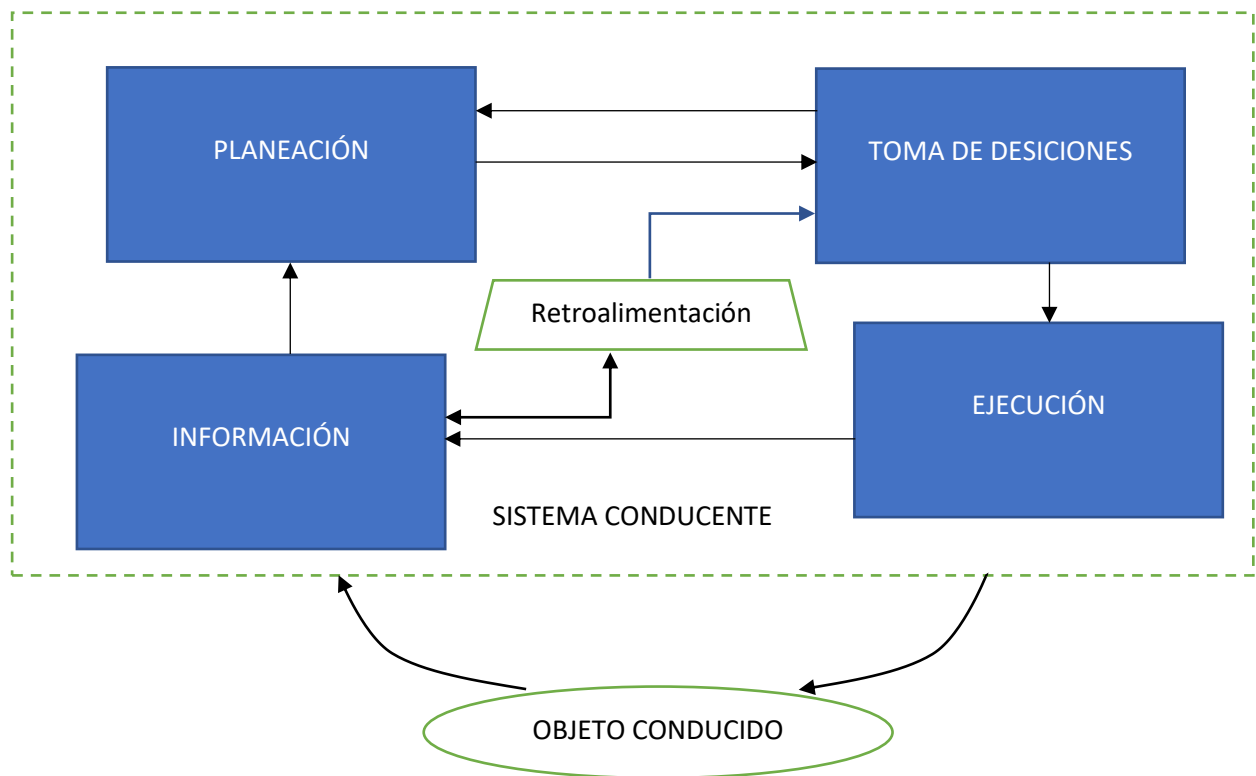


Ilustración 3. El sistema conducente.

En el proceso del sistema conducente, la información permitirá que en la planeación se tengan suficientes bases para comenzar a idear una propuesta para llegar a nuestro sistema deseado, de la misma forma, la información será importante para la toma de decisiones o resoluciones que se necesiten tomar en el momento adecuado. Página 7

La información podrá provenir tanto del mismo objeto conducido, como de los sistemas relacionados al mismo, puesto que las decisiones tomadas muchas veces trascenderán más allá del objeto conducido.

La retroalimentación puede verse como un subsistema de la información, ya que aquí se almacenarán experiencias provenientes de información de proyectos similares anteriores, además de que esta misma retroalimentación servirá para la toma de decisiones debido a la importancia de tener conocimiento de antecedentes con el fin de corregir o mejorar en esta etapa.

Puesto que el objetivo de esta obra es mostrar la importancia de la planeación, con el fin de presentar una propuesta al Estado para atender los accidentes ocurridos en su Red Carretera Nacional, a continuación, sólo se desglosarán y tratarán las etapas concernientes al subsistema planeación, ya que en realidad la toma de decisiones, así como la ejecución de propuestas supera las actuales capacidades del autor, debido a que el cumplimiento de estas etapas son realizadas, en este caso, por los funcionarios de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, mientras que la propuesta de acciones, bien las puede hacer la iniciativa privada.

Retomando una definición citada por la Facultad de Ingeniería de la UNAM, el Ingeniero Civil es:

"el profesional capacitado con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, etc., donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas".

Con base en la definición anterior, podemos ver que la palabra planeación también se encuentra inmiscuida dentro de las actividades que el Ingeniero Civil realiza, ocupando esta toda una etapa fundamental dentro de una obra. Página
|| 8

Siguiendo el procedimiento de descomposición, el sistema planeación se puede subdividir en 4 partes:

Planeación

En esta parte se producen los distintos planes que contienen objetivos, visión, políticas, programas, etc. Por ejemplo, aquí surgiría el Plan Nacional de Desarrollo de México, del cual se desprendería un objetivo, como ser un país más competitivo, mejorar posiciones en la OCDE, etc., esto a través de estrategias como alfabetización total de la población, equidad de género en los roles profesionales, inclusión de pueblos indígenas o cualquiera que puedan ser planteadas y fundamentadas con programas que se encarguen de llevar a cabo el cumplimiento de estas estrategias realizando diversas actividades o tareas en los distintos niveles sociales, políticos, económicos, etc.

En el caso de México es de vital importancia la planeación debido a lo estipulado en nuestra Carta Magna en su artículo 134 constitucional:

*“Los recursos económicos de que dispongan la Federación, las entidades federativas, los Municipios y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, se administrarán con **eficiencia, eficacia, economía**, transparencia y honradez para satisfacer los objetivos a los que estén destinados.”*

La forma de disponer de los recursos económicos, la mayoría de las veces provenientes del erario obliga en este caso al Ingeniero Civil a no cometer errores predecibles, planeando la mejor forma de disponer de ellos, evitando su derroche o incorrecta utilización.

Planeación de la implementación

Si lo pensamos detenidamente, buscamos hacer un plan para resolver algún problema, entonces, si nunca llevamos a cabo las acciones del plan, así hubiésemos hecho un plan infalible, no tuvo ningún sentido realizar dicho plan, por lo que planear la forma de implementar el plan tendrá que ser considerada otra tarea en la planeación. De hecho, el

Ing. Esteban Figueroa⁴, catedrático de la Facultad de Ingeniería, UNAM, menciona en su libro la importancia de contar con planes contingentes, puesto que es muy probable que se presenten dificultades en la implementación de las distintas tareas.

Evaluación

Como su nombre lo indica, en este subsistema se deben valorar los efectos o resultados que sean producto de la ejecución de nuestro plan de acción, a través de índices cualitativos o cuantitativos.

Adaptación

Con base a los resultados obtenidos en la etapa de evaluación se tendrán que tomar acciones pertinentes y de esta forma poder ajustar, cambiar y mejorar el proceso completo de planeación.

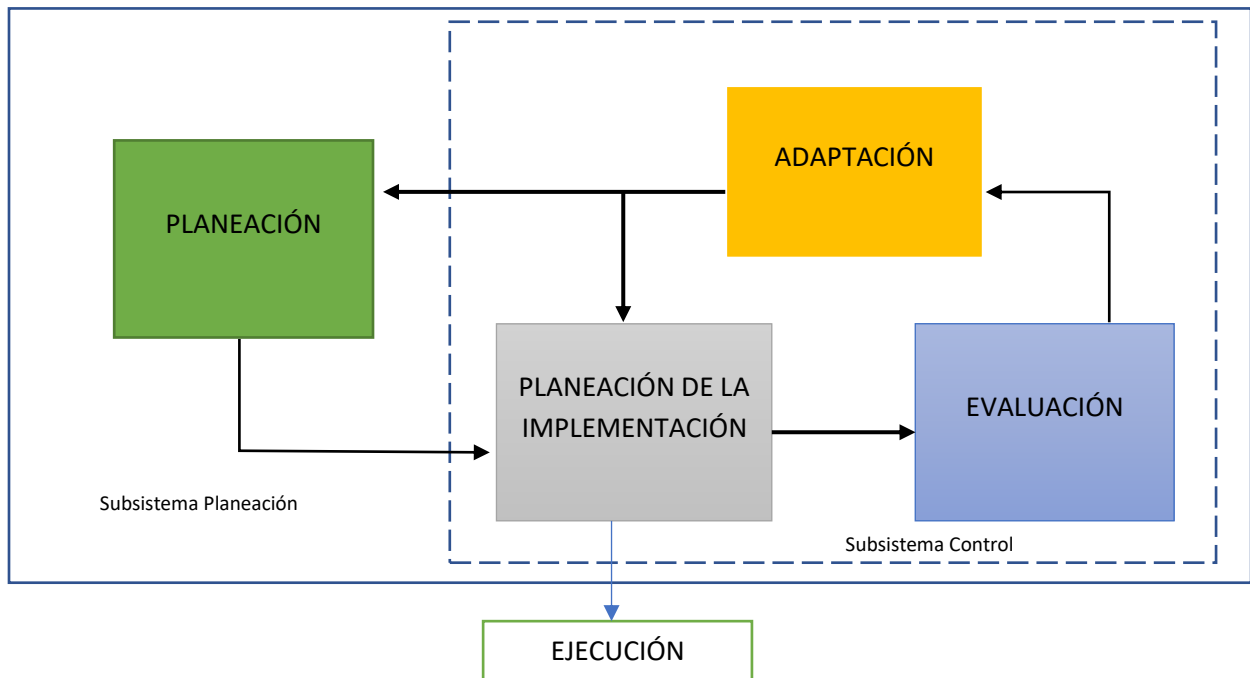


Ilustración 4. El sistema planeación.

Como se pudo ver, el sistema planeación requiere de una fase de ejecución ya que, de no realizarse un plan, este no tendría motivo de ser. Por otra parte, este mismo sistema se

⁴ Figueroa, E. (2017). Planeación de proyectos de infraestructura: un enfoque social: Teoría y aplicaciones. México: Limusa.

puede subdividir en dos subsistemas, un subsistema de planeación y otro subsistema de control encargado de tratar de no cometer los mismos errores, así como de prevenir otros.

El subsistema planeación

Con todo lo visto anteriormente, la Planeación puede ser considerada como un grupo de actividades ordenadas y estructuradas que llevan al cumplimiento de un objetivo previamente establecido, siempre buscando que esta pueda aplicarse.

Algunos autores identifican a la planeación como:

“el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación, y la definición y ordenamiento de los actos que conducen a ese mejoramiento.”

Ernesto René Mendoza Sánchez

“La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo y la determinación de tiempo y números necesarios para su realización”

Agustín Reyes Ponce

“Planeación es la aplicación racional de la mente humana en la toma de decisiones anticipatoria, con base en el conocimiento previo de la realidad, para controlar las acciones presentes y prever sus consecuencias futuras, encausadas al logro de un objetivo plenamente deseado satisfactorio.”

José Antonio Kuri Abdala

En general el proceso de la planeación consiste en obtener información acerca de un estado actual que este representando un problema para nosotros, plantear y descartar alternativas o cursos de acción para alcanzar el objetivo planteado para finalmente, construir el plan de acción, con el objetivo definido, las estrategias y acciones a realizar. El qué hacer y cómo hacerlo.

Dentro de este subsistema, de forma similar a como se ha presentado anteriormente, se tienen distintas partes, las cuales se explicarán a continuación:

SMMR

Diagnóstico

Se presenta al encontrar discrepancias entre lo que queremos que ocurra, pero, sin embargo, no ocurre. En esta etapa surge la necesidad de comenzar el proceso de la planeación para definir y plantear (ya que previamente hemos detectado) el problema o conjunto de problemas (problemática) que se encuentran en el sistema conducido.

El diagnóstico es un proceso mediante el cual se analiza la información necesaria que describa la situación actual, así como su comportamiento anterior a esta. Gracias a esta información podrán realizarse posible relaciones causa-efecto que estén influyendo en el problema.

Es importante mencionar que no se debe llegar a un extremo de recolectar información innecesaria, puesto que esto puede llevar al planeador a desviar su atención a un punto el cual no sea necesario revisar, se debe tener plena conciencia de las relaciones del sistema conducido, para obtener buena información.

Por otro lado, esta información, deberá de tener los siguientes atributos según lo establece el Ing. Figueroa: ser *confiable, relevante y oportuna*.

De nada nos servirá información con datos no reales puesto que esto naturalmente nos llevará a resultados falsos. Como se comentó anteriormente, necesitamos información que valga la pena tener y contar con ella de forma rápida, no con aquella que no esté relacionada con nuestro problema. Y por último necesitamos la información en el momento que estamos llevando a cabo la construcción del plan.

En el diagnóstico podemos encontrar tres tipos de problemas principales:

- | | | |
|----------|---|--|
| Interno | { | - Relacionado con el sistema conducente y el objeto conducido |
| Externos | { | <ul style="list-style-type: none"> - Entre el sistema conducido y su suprasistema (subsistemas y otros objetos) - Entre el sistema conducente con otros sistemas conducentes |

Prescripción

En esta etapa se buscarán distintos caminos que sirvan de solución para el problema planteado en la etapa de diagnóstico.

Es importante plantear en las alternativas de solución sus limitantes o restricciones de cada una de ellas, muchas veces estas están relacionadas con el dinero, la disponibilidad de espacio físico, el impacto al medio ambiente y la aceptación social.

La **creatividad** es de suma importancia en esta fase de la planeación, es por lo que conviene contar con el apoyo de un grupo de personas dedicadas a la planeación, exponiendo las distintas ideas de posibles soluciones con el fin de aceptar las mejores.

Es también en la prescripción, cuando se requiere de la evaluación de las alternativas, buscando en la mayoría de los casos la que menor costo económico y sociopolítico conlleve.

Como se puede pensar, el poder ver los efectos de conlleven la realización de una u otra alternativa, así como probables puntos de quiebre⁵ que puedan ocurrir es una tarea de gran importancia y muy difícil de realizar, por lo que es importante emplear suficientes esfuerzos en la realización de la evaluación, sin que esto signifique el seguir demostrando algo que no es viable, perdiendo tiempo y recursos en alguna alternativa pudiendo emplearlos de mejor manera en el desarrollo de otras.

Instrumentación de la solución

Una vez elegida la solución, esta se tiene que aplicar más allá de lo físico o superficial, su implementación tiene que trascender o permear a todos los niveles, a tal grado de que toda persona involucrada en el proyecto conozca la razón de ser del mismo, el por qué es importante que realice un buen trabajo y siga realizando la parte que le corresponde.

La alternativa elegida como solución a nuestro problema requerirá entonces de un conjunto de acciones a realizar agrupadas en diferentes líneas de acción, las cuales serán regidas por estrategias, estas estrategias marcarán el *cómo hacer* que el conjunto de acciones a

⁵ Aquellos eventos que puedan cambiar totalmente el comportamiento de algo, según la tendencia que hasta ese momento se estaba siguiendo. Por ejemplo, el aumento en el precio del asfalto, cemento o acero para la industria de la construcción.

realizar nos lleve al cumplimiento de una visión y a su vez al cumplimiento de los objetivos preestablecidos.

Es en este punto del subsistema planeación en donde conviene tener **planes contingentes**, los cuales podrán servir como caminos alternos dentro de la solución planteada, en el muy probable caso de que ocurra algún evento o conjunto de eventos inesperados al implementar las acciones planeadas.

Ahora, es conveniente definir los siguientes conceptos:

- Plan: Conjunto de políticas, estrategias y metas a seguir, Sus pretenciones son principalmente de carácter cualitativo, como mejorar, superar, etc., sin decir más.
- Programa: Ordenación en el tiempo y en el espacio de acciones interrelacionadas dirigidas hacia un objetivo específico. Este objetivo ya presenta resultados cuantitativos que pueden ser comparables o medibles.
- Proyecto: Conjunto de acciones contenidas en un programa.
- Visión: Se construye pensando *hacia dónde se quiere ir*. Es una declaración amplia y suficiente de un estado deseado, es clara, retadora, realista y con mira al futuro.
- Misión: Muestra la razón de ser o existir y el objetivo central de la organización. Es corta, clara y motivadora, buscando que todos los niveles la conozcan para todos conocer y perseguir el mismo fin.
- Estrategia: Dirección que debe tomar un grupo para cumplir con la visión.
- Líneas estratégicas: Es un marco en el cual se deben fijar los objetivos específicos, acciones y programas que permitan cumplir con la estrategia.
- Objetivo: Es un fin establecido que se pretende alcanzar con acciones. Es medible y específico además, como la visión debe ser redactado con verbos en infinitivo.

Todos estos conceptos se pueden agrupar dentro de tres tipos de planeación⁶ que se mostrarán a continuación:

- Planeación Estratégica

Se plantea en un nivel directivo de alto nivel jerárquico, establece objetivos claros y alcanzables, además de dejar plasmada una visión a seguir en el futuro de la agrupación. Establece la efectividad, supervivencia o continuidad de la idea que los directivos quieren darle a la organización, a través de planes estratégicos a largo plazo.

Los resultados de este nivel son de carácter más cualitativo y no tan visibles en primera instancia, pero con un efecto duradero.

- Planeación Táctica

Este tipo de planeación depende directamente de los lineamientos establecidos por el nivel estratégico, como consecuencia de esto, el alcance de las metas de la planeación táctica es a mediano plazo, para de esta forma apoyar a los establecidos a largo plazo en la planeación estratégica por medio de programas propuestos.

En este nivel se tienen directivos a un nivel medio en el equipo y comienza una división para atender áreas específicas, por lo tanto, también es más visible la coordinación de los distintos recursos de los que se dispone.

- Planeación Operativa

Generalmente, los programas operativos están orientados a corto plazo, estos se encuentran en los niveles jerárquicos usualmente con mayor colaboración de un buen número de recursos humanos.

Las actividades de la planeación operativa consisten en proyectos muy detallados o bien especificados siguiendo los programas planteados por el nivel táctico. Sus resultados son de carácter cuantitativo y son fácilmente percibidos.

IDEA > PLAN > PROGRAMA > PROYECTO

⁶ CONAPO. (2011). LA PLANEACIÓN DEMOGRÁFICA. Dirección de Coordinación Interinstitucional e intergubernamental. México.
SMMR

Como se puede ver en la relación anterior, la fuente de ser de toda una organización es una idea, una idea bien fundamentada, planeada y en la que se crea genuinamente será difícil de destruir y, por el contrario, fácil de permear para todos los participantes.

Con todo lo explicado anteriormente, finalmente se puede crear una estructura de lo que sería nuestro subsistema planeación.

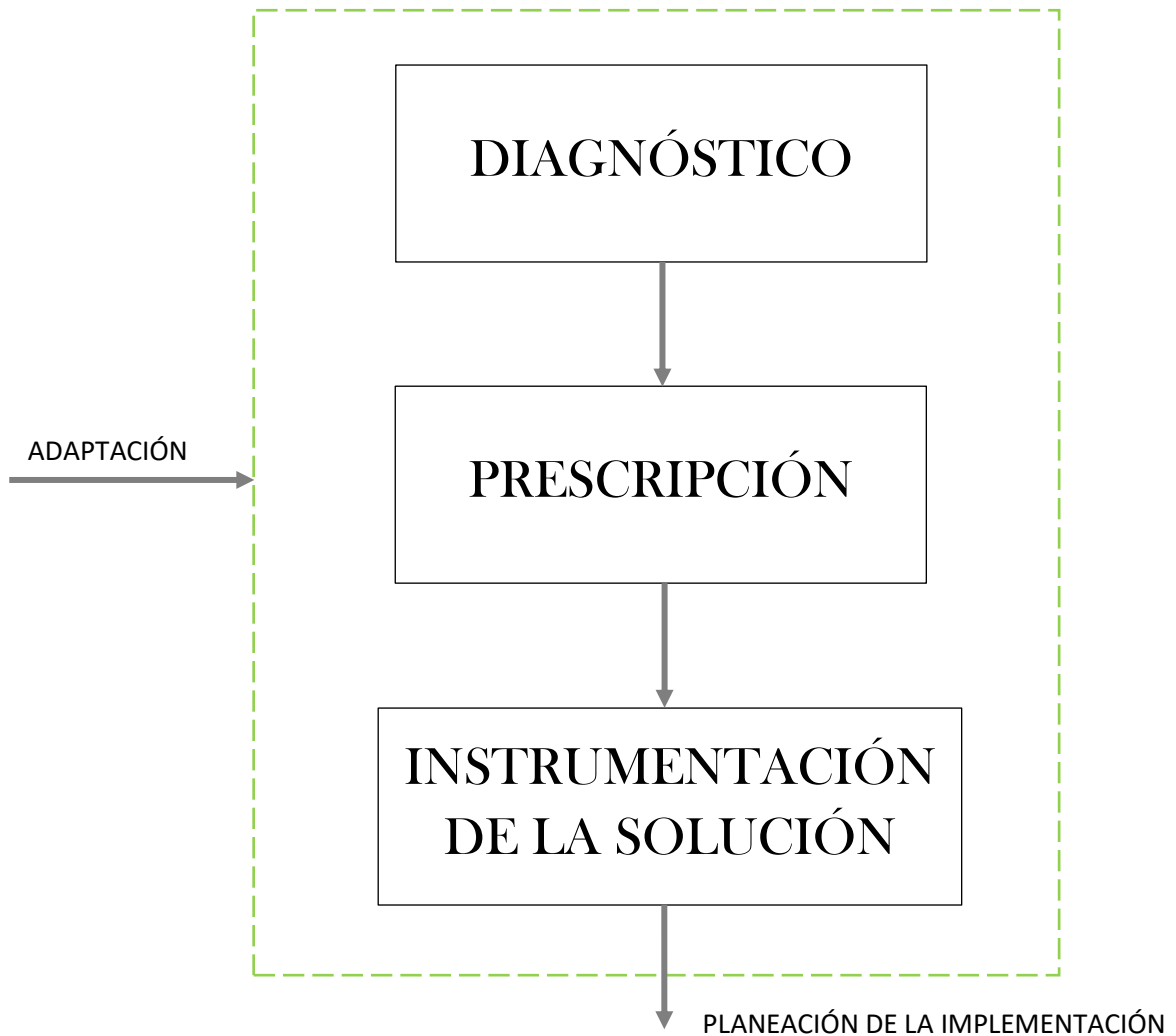


Ilustración 5. El subsistema planeación.

CAPÍTULO II

Capítulo II. La seguridad vial

Según la Organización Panamericana de la Salud, la seguridad vial se refiere a todas aquellas acciones dirigidas a mitigar el riesgo de ocurrencia de lesiones o muertes en el tránsito.

En 2009 en un informe sobre la seguridad vial a nivel mundial⁷ de la Organización de las Naciones Unidas, se indicaba que ese mismo informe era el primer estudio amplio de su tipo relacionado en ese ámbito. Comunicaba que este estudio abarcaba 178 países y se basaba en una encuesta realizada en 2008.

La información presentaba datos importantes, como que en ese año ocurrieron más de 1.2 millones de muertes en las carreteras de los países participantes, además de que entre 20 y 50 millones de personas padecían de traumatismos no mortales.

Algunos de los datos más relevantes de ese informe fueron las siguientes:

- Los países de ingresos bajos y medios presentaban las tasas de mortalidad por accidentes de tránsito más grandes (21.5 y 19.5 por 100 000 habitantes, respectivamente) que aquellos países de ingresos altos (10.3 por 100 000 habitantes).

Lo que se traducía en más del 90% de muertes en las carreteras en el mundo en países de ingresos bajos y medios, que a la vez poseían menos de la mitad del parque vehicular en ese momento.

- El 46% de las personas que fallecían como consecuencia de accidentes de tránsito eran los denominados “usuarios vulnerables de la vía pública”, término que agrupa a todos los peatones, ciclistas o usuarios de vehículos de motor de dos ruedas.

Aunque en países de ingresos medios pertenecientes a regiones de Asia sudoriental ese porcentaje era mayor al 80%

⁷ Organización Mundial de la Salud. (2009). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción. Suiza.

- Tan sólo el 15% de los países contaban con un conglomerado de leyes de tránsito que actuaban sobre los puntos de riesgo principales: conducción bajo efectos del alcohol, exceso de velocidad, uso de cascos en motociclistas, uso del cinturón de seguridad y el uso de dispositivos de retención para niños.
- Los datos tienen poca uniformidad, debido a las terminologías empleadas, por ejemplo, sólo el 80% de países consideraba muertes a causa de accidentes de tránsito a las defunciones ocurridas dentro de los 30 días posteriores a la ocurrencia del accidente o la ambigüedad entre lo que es un accidente no mortal, en cuanto a si es un traumatismo grave o leve.
- El uso de dispositivos de retención para niños puede reducir el número de muertes en niños lactantes un 70% y de un 54% a 80% en niños de corta de edad.

Sólo el 20% de países de ingreso bajo tiene legislaciones para el uso de estos sistemas.
- En promedio se reduce el riesgo de morir en un 50% si el pasajero usa el cinturón de seguridad, sin embargo, la obligatoriedad de su uso no rebasaba el 54% en países de ingresos medios.
- Si bien el 90% de los países contaban con legislaciones que limitaban la concentración de alcohol en la sangre, sólo el 49% tenían como tasa límite un valor igual o inferior de 0.5 g/L, cifra que aumenta considerablemente el riesgo de verse implicado en un accidente.

Como resultado de diversas acciones por distintos países para disminuir los accidentes viales en sus países y de datos a nivel mundial como los expuestos en el informe antes explicado, en la resolución aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 2 de marzo de 2010, se proclamó el periodo 2011 – 2020 como el “Decenio de Acción para la Seguridad Vial”, con el objetivo de estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo.

En diciembre del año 2018, la Organización Mundial de la Salud⁸ declaraba que los progresos en el problema de la seguridad vial a nivel mundial no eran suficientes y, además,

⁸ Organización Mundial de la Salud. (2018) Global Status Report On Road Safety. Departamento de Prevención de la Violencia y los Traumatismos y Discapacidad. Suiza
SMMR

daba como un dato importante el hecho de que las lesiones causadas por el tránsito eran la causa principal de muerte de niños y jóvenes entre los 5 y 29 años.

Tan solo un año y medio antes, se tenía el dato de que entre 20 y 50 millones de personas padecían traumatismos no mortales, además de que en ese momento de 2017 los accidentes de tránsito eran la primera causa de muerte entre personas de entre 15 y 29 años, lo que significa para 2018 un aumento en el campo de afectación para las personas.

La misma OMS en su comunicado, alertaba acerca del aumento de las muertes a causa de accidentes de tránsito, con un promedio anual de 1.35 millones de muertes.

Factores que afectan la seguridad vial

- Vehículo

Este componente es de gran importancia, ya que es por el cual se puede suscitar un accidente en el tránsito de carreteras, vías férreas o vialidades urbanas.

Un elemento muy importante en la vida del vehículo es su mantenimiento, tanto preventivo, como lo son el cambio de aceite, chequeo de niveles de aceite de frenos y adecuado cambio de llantas y el mantenimiento correctivo, tal como el reemplazamiento oportuno de llantas desgastadas, cambio de balatas, revisión o cambio de las líneas de aire en el caso de camiones, etc.

Puesto que un automóvil, por ejemplo, puede fallar en distintas formas, ya sea por fallas en el sistema de frenado, por fallas en su sistema de dirección, por falta de adherencia en la superficie de rodamiento, etc., se han realizado distintas innovaciones tecnológicas a lo largo del tiempo, que sin lugar a duda han permitido que los accidentes disminuyan en su ocurrencia y en su severidad, algunos ejemplos son:

- Asistencia Inteligente de Velocidad
- Frenos tipo ABS, aspersores de arena en el caso de ferrocarriles
- Sistema de Control de Tracción
- Alertas de aproximación con otros vehículos (Sistema de prevención de colisiones)
- Positive Train Control en el caso de ferrocarriles

→ Instalación de bolsas de aire en los vehículos

- Entorno

Tanto el camino por el que el vehículo se traslade, como las condiciones de este o el clima que prevalezca serán de importancia en la seguridad con la que transiten los usuarios.

Los ferrocarriles, principalmente los dedicados al transporte de mercancía tienen que hacer uso de aspersores de arena para incrementar la fricción entre el riel y las ruedas al momento de hacer un frenado de emergencia o cuando las condiciones climáticas, como el caso de zonas muy frías o con nieve estén presentes.

Si por ejemplo un pavimento no respeta el bombeo que se le tiene que dar a su superficie, es casi seguro que en época de lluvias se tengan zonas con encharcamientos que propicien una mala adherencia entre llanta y pavimento, ocasionando deslizamientos de los vehículos y consecuentemente accidentes viales. También puede ocurrir que la estructura falle por infiltración de líquidos, mala ejecución de la construcción o desastres naturales, ocasionando que los usuarios que se encuentren transitando por esa vía y desconozcan acerca de los problemas existentes, vuelquen o tengan algún otro tipo de accidente.



Ilustración 6. Falla en el pavimento de la Autopista Arco Norte. Fuente: tomada en sitio.

Existen componentes del camino que influyen en la seguridad vial, tales como: ángulo de esviaje en las intersecciones, número de ramales en un entronque, puntos de conflicto, señalamiento anticipado, tipo de intersecciones (en curva, por ejemplo), distancia de visibilidad, entre otros.

Algunas medidas que se han tomado para disminuir la influencia de este factor sobre la seguridad vial son las llamadas “señales de mensaje variable” que pueden catalogarse dentro de los Sistemas Inteligentes de Transporte. Estas señales indican al usuario de manera preventiva de la presencia de algún accidente, condiciones climáticas como lluvia o niebla antes de que él llegue o la realización de trabajos sobre el camino.

También existen la normativa dispuesta por la SCT, dirigida a tener caminos seguros en la red nacional de carreteras.

- Factor humano

Este puede llegar a ser el factor más importante, ya que somos nosotros los que decidimos la forma de manejar los vehículos o el estado físico tanto de nosotros como de los vehículos en los que manejamos y por lo tanto los responsables de que en nuestro trayecto no seamos los causantes de cualquier tipo de accidente vial, sin considerar los factores antes expuestos.

Un dato alarmante que el IMT reportaba en 2003 era que este factor fue el causante del 70% de los accidentes ocurridos en la Red Carretera Federal.

Algunos elementos que influyen en la toma de decisiones del conductor y por lo tanto en la forma en la que este maneje un vehículo son:

- Drogas (alcohol es el más común)
- Sueño
- Fatiga
- Estrés

Con el objetivo de atacar este factor, se han desarrollado dispositivos tecnológicos como: **el etilómetro de interrupción de encendido para vehículos** (“Alcolock”) el cual impide que el conductor opere el vehículo si la muestra de su aliento sobrepasa los límites

preestablecidos, además de poder guardar un registro de intentos de encendido con fecha y hora.

Este factor está muy relacionado con el siguiente, el cual será la guía para que nuestras decisiones se encuentren dentro de un marco jurídico legal.

- Adecuada legislación

Existe el Enfoque de Sistema Seguro (ESS), el cual es una ideología que toma un punto de vista ético en el cual no es aceptable que personas resulten muertas o gravemente accidentadas en accidentes viales.

La Organización Mundial de la Salud declaró en 2018, que los lugares en donde se han tenido progresos son en gran medida gracias a la mejora en sus legislaciones sobre ciertos factores clave, los cuales son:

- Leyes sobre el exceso de velocidad
- Leyes sobre conducción y bebidas alcohólicas
- Leyes sobre el uso de cinturones de seguridad
- Leyes sobre el uso de cascos para motociclistas
- Leyes acerca de los sistemas de retención para niños

Más allá de crear toda la normativa relacionada con la seguridad vial es importante que las autoridades correspondientes hagan que las leyes se cumplan, es por lo que se han desarrollado algunos instrumentos que ayuden en dicha tarea como: cámaras de velocidad (radares), básculas dinámicas (para controlar sobrepesos), cámaras de vigilancia para disminuir el uso del celular en la conducción, alertas dentro de los vehículos para hacer uso del cinturón de seguridad, etc.

También es importante poner especial énfasis en las empresas automotrices, ya que muchas veces no todos los vehículos comercializados en un país cumplen con características mínima de seguridad, como lo son las bolsas de aire o la inclusión de frenos ABS en su sistema.

Normativa mexicana relacionada a la seguridad vial

- NOM-008-SCT2-2013, Amortiguadores de impacto en carreteras y vialidades urbanas.

Esta Norma Oficial Mexicana contempla la definición, selección y colocación de los diversos tipos de amortiguadores de impacto, los cuales son dispositivos de seguridad que se instalan inmediatamente antes de un árbol, poste, columna, muro u otro obstáculo (elemento rígido) ubicado a un lado de la corona o del arroyo vial, o antes de las casetas de las plazas de cobro, con el fin de impedir que se impacte contra ese elemento algún vehículo que salga del camino por fallas en la conducción, condiciones meteorológicas o por fallas mecánicas, protegiendo a sus ocupantes y a las vías de comunicación, disminuyendo así la severidad de esos accidentes.

- NOM-034-SCT2-2011⁹, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

Esta norma tiene por objetivo establecer los requisitos generales que han de considerarse para diseñar e implantar el señalamiento vial de las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción federal, estatal y municipal con el fin de uniformizar el sistema de señalamientos viales en el territorio nacional, para disminuir la ocurrencia de accidentes.

- NOM-036-SCT2-2016, Rampas de emergencia para frenado en carreteras.

Este documento muestra la necesidad de establecer los criterios generales para el diseño y construcción de rampas de emergencia para frenado en donde se tengan tramos con pendientes descendientes continuas y prolongadas, que propicien la ocurrencia de accidentes ocasionados por vehículos con fallas mecánicas o principalmente en sus sistemas de frenado.

- NOM-037-SCT2-2012, Barreras de protección en carreteras y vialidades urbanas.

Para evitar que los vehículos pierdan su ruta en forma descontrolada, poniendo en riesgo la vida de sus pasajeros y las de otras personas, se ha creado este documento, el cual busca establecer la designación, definición y utilización de los diversos elementos considerados

⁹ Próxima a ser sustituida por el proyecto de norma PROY-NOM-034-SCT2-2018
SMMR

para el diseño y colocación de las barreras de protección en las carreteras y vialidades urbanas para un tránsito más seguro.

- NOM-050-SCT2-2017, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas.

Debido a la gran accidentabilidad que se presenta en los cruces a nivel entre el transporte ferroviario y el autotransporte, esta norma oficial mexicana establece las características de los señalamientos, dispositivos y los métodos de calificación que deben aplicarse para otorgar seguridad a usuarios en los cruces a nivel de caminos, calles y carreteras con vías férreas.

- NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales.

En la realización de obras de construcción, modernización o conservación es importante abrigar la integridad física de los usuarios de los caminos y de las personas que trabajan en dichas obras, de modo que esta norma tiene como objetivo, postular los requisitos generales del señalamiento y dispositivos de protección en zonas de obra, en cuanto a su diseño e implantación en las carreteras y vialidades urbanas de jurisdicción federal, estatal municipal.

Además de la normativa presentada anteriormente, la cual influye físicamente en los caminos nacionales para ayudar en la preservación de la salud de los usuarios, además de estar enfocada a probables fallas mecánicas de los vehículos, también existen normas como las siguientes, que ayudan mitigando los accidentes ocasionados por la injerencia del factor humano.

- NOM-012-SCT-2-2017, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Ayuda al establecer límites de velocidad que los conductores pueden alcanzar, además de los pesos máximos con los que deben circular, ya que es usual que vehículos de carga transiten con sobrepesos, lo que también influye en la ocurrencia de volcamientos en las curvas horizontales.

- NOM-087-SCT-2-2017, Que establece los tiempos de conducción y pausas para conductores de los servicios de autotransporte federal.

En largas jornadas de conducción existen posibles caminos que puedan seguir los conductores para poder cumplir con sus tareas, inmiscuyéndose drogas, estrés y el **sueño**, por lo que establecer jornadas de conducción y pausa, ayuda a disminuir el riesgo de presentar signos de fatiga mental o física, lo que puede ocasionar un accidente de tránsito.

Acciones para propiciar la seguridad vial en México

En países como Holanda, Australia, Canadá, Brasil, Chile entre otros se han implementado comités, estrategias, enfoques y acciones con el objetivo de disminuir muertes y accidentes ocurridos en algún percance vial.

En el año 2011, México con el afán de cumplir con lo establecido por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, en su declaración del *Decenio de Acción para la Seguridad Vial* en el periodo 2011-2020, se dio a la gran tarea de elaborar una estrategia llamada ESTRATEGIA NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL 2011-2020, con el propósito de reducir las lesiones, discapacidades y muertes por accidentes de tránsito en la red carretera federal (RCF) y vialidades urbanas.

El objetivo general de dicha estrategia ha sido el de reducir el 50% las muertes, así como reducir al máximo posible las lesiones y discapacidades por accidentes de tránsito en el territorio mexicano.

La estrategia antes mencionada se estructura en cuatro grandes pilares:

- 1) Contribuir en la capacidad de gestión de la seguridad vial, a través de acciones en los tres niveles de gobierno, promover la implementación de esta Estrategia, mejorar la calidad de datos recolectados, entre otras acciones.
- 2) Participar en la revisión de la modernización de la infraestructura vial y de transporte más segura, a fin de impulsar mejoras en la normatividad relacionada con la seguridad vial, mejora en infraestructura urbana e interurbana, aplicación de tecnología en vías urbanas e interurbanas y un desarrollo de una movilidad segura y equitativa para los usuarios vulnerables.

- 3) Fomentar el uso de vehículos más seguros por medio de la incorporación de normas mínimas de seguridad, elaboración y adecuación de marcos normativos que aseguren los mínimos de seguridad de los vehículos que circulan y se comercializan en México, entre otras líneas de acción. Página || 25
- 4) Mejorar el comportamiento de los usuarios de las vialidades incidiendo en los factores de riesgo que propician la ocurrencia de accidentes de tránsito, para lo cual se plantean realizar campañas para sensibilizar a la población, dotar del equipo adecuado a los cuerpos policiales para la correcta realización de sus funciones, así como crear y fortalecer redes nacionales y locales de directores y responsables del tránsito, entre otras acciones.

Con base en lo descrito anteriormente, a continuación, se presenta un listado con algunos ejemplos de acciones o proyectos realizados durante el periodo 2011-2020 que contribuyen con el objetivo de esta gran Estrategia Nacional y se encuentran dentro de alguna de sus líneas estratégicas.

- Modernización de carreteras como la México – Puebla, Tlaxcala – Apizaco, así como la construcción de la autopista Durango – Mazatlán con altas especificaciones. En el ámbito urbano, en la Ciudad de México se construyeron puentes vehiculares en el trayecto del circuito interior (Tezontle y Av. Té en 2014), así como un deprimido en el tramo Mixcoac, permitiendo que los peatones eviten cruzar su camino con el de vehículos a altas velocidades, además de tener cruces más seguros al ahora contar con camellones o isletas a lo largo de su camino.
- Publicación del Manual de calles (SEDATU, 2019) y publicación del Manual de auditorías de Seguridad Vial (SCT, 2018), los cuales buscan ayudar principalmente de forma preventiva al diseño, planeación, construcción y operación de carreteras o vialidades urbanas, por consecuencia, también a salvaguardar la salud de los usuarios de las distintas vialidades.
- Actualmente en la Ciudad de México se llevan a cabo intervenciones en los cruces peatonales preseleccionados para su modernización y rehabilitación para proporcionar mayor seguridad a los peatones.

- Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte en carreteras a través de básculas dinámicas, letreros de mensaje cambiante usadas por ejemplo en el libramiento de Hermosillo, el pago vía Tag o el uso de máquinas que dotan de boletos para marcar el lugar de entrada a lo largo de la carretera como las usadas en la carretera Naucalpan - Ecatepec, también se ha aumentado el uso de videocámaras para el monitoreo de las autopistas de cuota.
- Se ha realizado el proyecto de norma, para la modernización y próxima publicación de la nueva NOM-034-SCT2-2011.
- Múltiples publicaciones técnicas del Instituto Mexicano del Transporte relacionadas con la seguridad vial, tal es el caso de “Visión cero en seguridad vial...” en donde se habla más a detalle de la seguridad vial y sus enfoques a nivel mundial o la publicación No. 449 relacionada a campañas de seguridad vial para mejorar el comportamiento del factor humano en la conducción.
- A nivel nacional, el CONACYT buscó promover la construcción y desarrollo de una red científica enfocada a la investigación de causas y factores que provocan accidentes en carreteras y caminos, seleccionando al Instituto Mexicano de Transportes como líder nacional de la Red Temática de Investigación de Accidentes Viales que fue parte de las Redes Temáticas 2015 del CONACYT.
- Finalmente, a lo largo de estos años se han puesto esfuerzos en el registro de accidentes por parte de la Policía federal y del manejo de estos datos por parte del IMT y de la Dirección General de Servicios Técnicos, para la elaboración de los anuarios estadísticos de accidentes.

Como uno de los resultados de las múltiples acciones realizadas por las distintas autoridades, se presenta en la ilustración 6 la evolución de la accidentabilidad en la Red Carretera Federal. A partir de 2013 los vehículos – kilómetro contemplan únicamente los tramos vigilados por la Policía Federal.

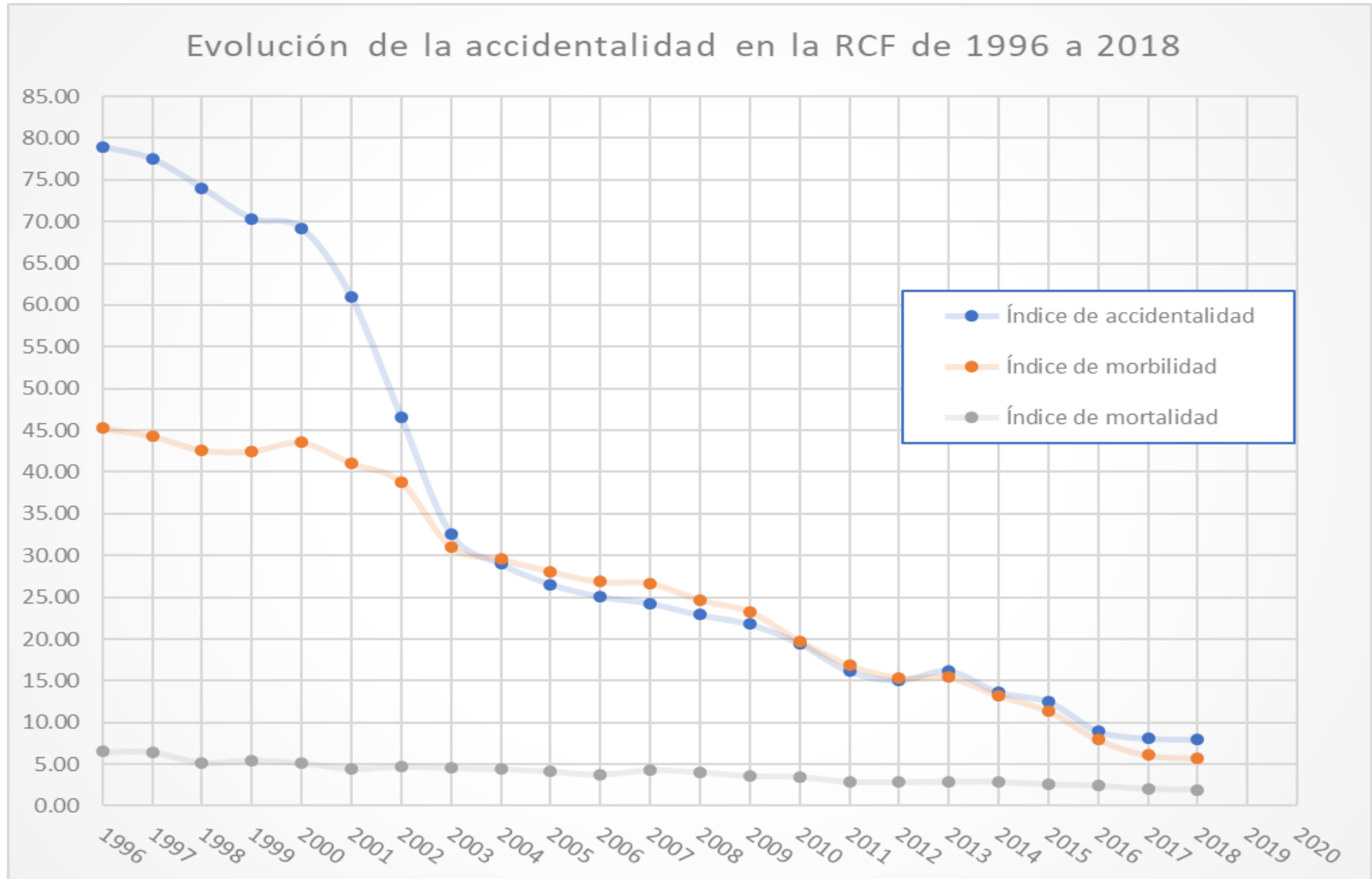


Ilustración 7. Accidentalidad en la RCF de 1996 a 2018. Elaboración propia con datos de Anuarios estadísticos de accidentes y publicaciones técnicas del IMT.

Año	Accidentes	Lesiones	Muertos	veh-km (millones)
1996	58,158	33,325	4,810	73,666.6
1997	61,147	34,952	5,117	78,908.5
1998	60,951	35,086	4,276	82,319.4
1999	60,507	36,528	4,726	86,000.0
2000	61,115	38,434	4,558	88,292.0
2001	57,426	38,676	4,217	94,204.8
2002	42,614	35,480	4,320	91,406.1
2003	33,041	31,477	4,607	101,304.8
2004	30,668	31,274	4,687	105,816.8
2005	29,468	31,172	4,581	110,938.7
2006	28,972	31,021	4,326	115,496.0
2007	30,551	33,580	5,398	125,842.0
2008	30,379	32,769	5,379	132,680.0
2009	29,587	31,656	4,869	135,886.0
2010	27,847	28,275	4,966	142,985
2011	24,905	26,056	4,398	154,330
2012	24,216	24,736	4,548	160,704
2013	22,036	20,979	3,899	136,122
2014	18,014	17,504	3,784	132,312
2015	17,264	15,738	3,547	138,143
2016	12,567	11,175	3,376	140,182
2017	11,883	8,910	2,921	146,418
2018	12,237	8,761	2,994	152,601

Tabla 1. Accidentalidad en la RCF de 1996 a 2018.

CAPÍTULO III

Capítulo III. Diagnóstico de la Autopista Federal de Cuota Acatzingo – Cd. Mendoza

Partiendo de lo expuesto por la Organización de las Naciones Unidas¹⁰ en cuanto al tema de accidentes de tránsito, donde se informó que anualmente pierden vida alrededor de 1.3 millones de personas a nivel mundial a causa de accidentes de tránsito, y más de la mitad de ellas no viajaban en automóvil, lo que representa más de 3500 defunciones diarias. Asimismo, entre 20 y 50 millones de personas más sufren traumatismos no mortales provocados por accidentes de tránsito, los cuales constituyen una causa importante de discapacidad en todo el mundo., lo que representa un importante problema de salud pública que tiene una amplia gama de consecuencias sociales y económicas que, de no encararse, pueden afectar al desarrollo sostenible de los países y obstaculizar sus progresos.

México siendo un país en desarrollo con en una superficie continental de 1,960 millones de km², con una población de 112,336,538 hab¹¹, un parque vehicular de 47,790,950 millones de vehículos¹² y una Red Carretera Pavimentada de 172,809 km, no está exento del problema de accidentabilidad vial, lo cual conforme a lo publicado por el Instituto Mexicano del Transporte, en el año 2017¹³ en la Red Carretera Federal, se presentaron 11,883 percances, los cuales tuvieron como saldo 2,291 muertos, 8,910 heridos y 1,062.1 millones de pesos en daños materiales, mientras que en 2018¹⁴ ocurrieron 12,237 percances, con un saldo de 2,994 muertos, 8,761 heridos y 1,173.56 millones de pesos en daños materiales y para lo cual en el año 2011 se desarrolló la Estrategia Nacional de Seguridad Vial en apego al Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020.

Como un reflejo de la planeación aplicada al desarrollo de una obra de infraestructura relacionada con las Vías Terrestres, se muestra a continuación un análisis de los accidentes

¹⁰ Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020. Naciones Unidas. (2010). Resolución aprobada por la Asamblea General el 2 de marzo de 2010, 64/255. Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo

¹¹ INEGI Censo de Población y Vivienda 2010.

¹² Vehículos de motor registrados en circulación del año 2017. Parque Vehicular: INEGI 2018.

¹³ Cuevas, A. Mayoral, E. & Mendoza, A. (2018). Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales (2017). Documento Técnico 74, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.

¹⁴ Cuevas, A. Mayoral, E. & Mendoza, A. (2019). Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales (2018). Documento Técnico 77, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.

ocurridos en 2017 y 2016 en la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza, en donde la principal causa del accidente conforme a los registros de la policía federal son el exceso de velocidad y alguna falla en el sistema de frenado.

Se decidió aplicar el análisis principal a los accidentes a causa de fallas en el sistema de frenado y exceso de velocidad, debido a que existe una relación muy estrecha de estos con el trazo de la carretera, a diferencia de aquellos provocados por errores humanos o condiciones ajenas a la configuración geométrica del camino, como las pueden ser: conductores conduciendo en estado de ebriedad, bajo el influjo de un estupefaciente o dormitando, irrupción de ganado, pavimento húmedo o con algún aceite que facilite derrapes desviándose de la dirección que llevaba, objetos en el camino, obstrucción del camino por algún objeto como carga mal sujeta, entre otras.

De ninguna manera se pretende señalar de forma implícita a los proyectistas de esta carretera como malos en cuanto al trazo de esta carretera, al contrario tenían que lidiar con los diversos contextos económicos y tecnológicos de su momento, se debe tomar en cuenta que el inicio de operaciones de esta fue el 29 de marzo de 1969 y el desarrollo de la maquinaria en ese tiempo permitía mover grandes volúmenes de tierra en tiempos muy grandes, por lo que pensar en realizar demasiados túneles como en la actualidad se decidió con la carretera Durango – Mazatlán era algo muy difícil de realizar y a pesar de eso, esta carretera cuenta actualmente con 3 túneles. Además, el principal motivo para el desarrollo de la red federal de caminos en esos años derivaba de la necesidad de tener un país unido en cuanto a la conectividad a través de sus carreteras.

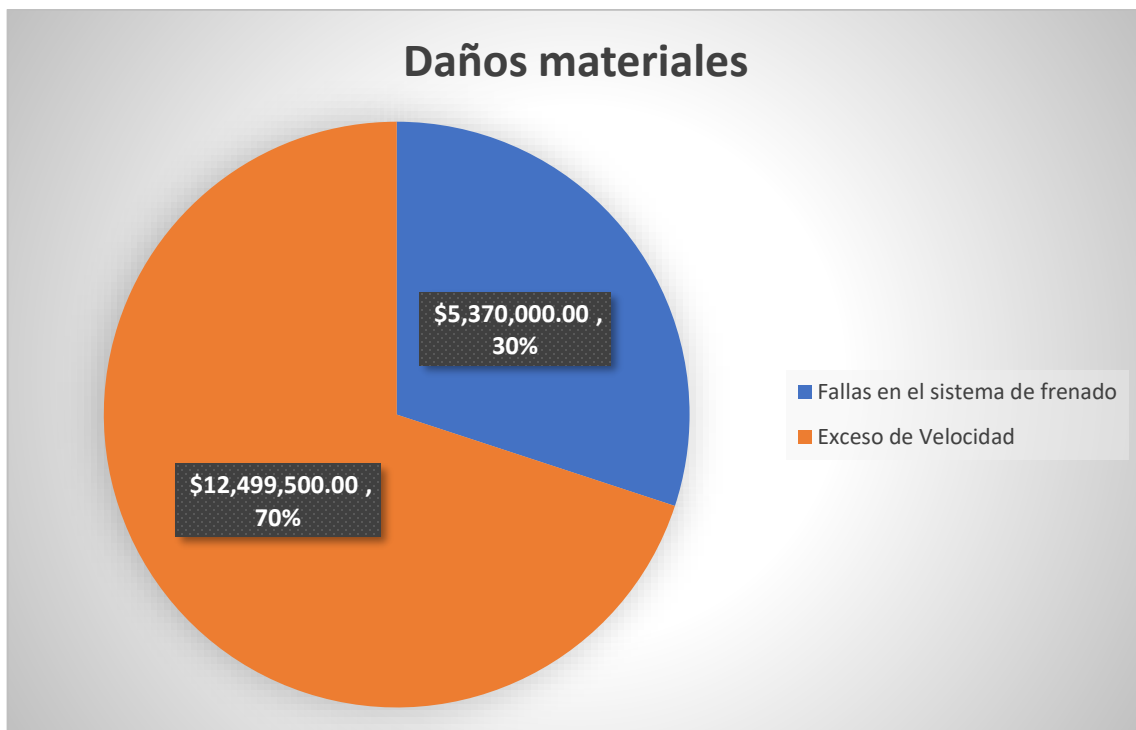
Por otro lado, se decidió mostrar el estado de esta carretera en cuanto a su accidentabilidad puesto que esta es la que presenta el mayor número de accidentes en México. En 2017 se presentaron 63 accidentes debido a un exceso de velocidad, mientras que en 2016 ocurrieron 32 accidentes por la misma causa. En cuanto a los accidentes en donde influyó alguna falla en los frenos se tuvo un total de 25 accidentes registrados en 2017 y 8 en 2016.

Los accidentes ocurridos han tenido como saldo económico en 2016 un total de \$5, 726, 500, mientras que en 2017 alcanzaron la cifra de \$12, 143, 000. Aún más preocupante es la cantidad de personas lesionadas a causa de estos accidentes. A continuación, se muestra una tabla con el resumen de los datos.

Año	Daños materiales (\$)	Personas heridas	Personas fallecidas
2016	5, 726, 500	29	14*
2017	12, 143, 000	60	14*

*De ese total, se presenta una muerte a causa de fallas en el sistema de frenado

Tabla 2. Consecuencias de los accidentes en la carretera Acatzingo - Ciudad Mendoza. Fuente: Policía Federal.



*Porcentajes provenientes de la suma de los daños materiales en los 2016 y 2017

Ilustración 8. Participación de las causas de los accidentes en los daños materiales.

El análisis consistió en primera instancia en cuantificar los accidentes ocurridos, como se dijo con anterioridad a causa de fallas en el sistema de frenado, y de forma adicional los causados por exceso de velocidad para descubrir si esta característica tenía alguna relación con los accidentes provocados por fallas en los frenos.

Además, se pretende encontrar una solución que elimine o disminuya los accidentes a causa de frenos, en especial aquellas que son clasificados como fatales por tener como consecuencia pérdidas humanas.

La carretera Acatzingo – Cd. Mendoza, tiene una longitud de 95.6 km y se compone de dos tramos:

- Acatzingo-Esperanza 51.1 km (166+400 - 217+500)
- Esperanza-Ciudad Mendoza, cuerpo "A" 34.5 km (217+500 - 252+000), cuerpo "B" 44.5 km (217+500 - 262+000)

El primer y segundo tramo de esta carretera, según la relación de pesos y dimensiones, forman parte de la carretera Puebla – Córdoba (cuota), la cual está identificada con el número 2100, está señalada como la ruta 150 D y estos dos tramos están clasificados como carreteras tipo ET4 y ET4S respectivamente..

Para este análisis, en el tramo Esperanza-Ciudad Mendoza, se consideró solo el cuerpo "A" de la carretera, el cual presenta dos carriles y su sentido de circulación está direccionado hacia Ciudad Mendoza, por lo que con base al perfil vertical de la carretera se encuentra en una pendiente descendente, siendo necesario que los conductores hagan uso frecuentemente de los frenos de sus vehículos al transitar por este tramo de la carretera.

Lamentablemente, entre los accidentes ocurridos en 2016 y 2017 a causa de fallas en el sistema de frenado, han tenido como consecuencia la muerte de dos persona (dos muertes en dos años). El primer deceso ocurrió en el kilómetro 235 en agosto de 2016, mientras que el segundo se presentó en el kilómetro 240 en diciembre de 2017 (*véase tabla 2*).

Es importante mencionar que se tiene conocimiento en 2019 de un accidente fatal, sin embargo, no se cuenta con la cifra oficial de muertes ocurridas a causa de este evento, así como de la causa o causas que originaron este accidente.

Por lo antes descrito, se puede concluir que el tramo de la carretera que necesita una atención inmediata es el que comprende desde el kilómetro 234+000 al kilómetro 246+000, más no quiere decir que el tramo restante no requiera de una intervención.

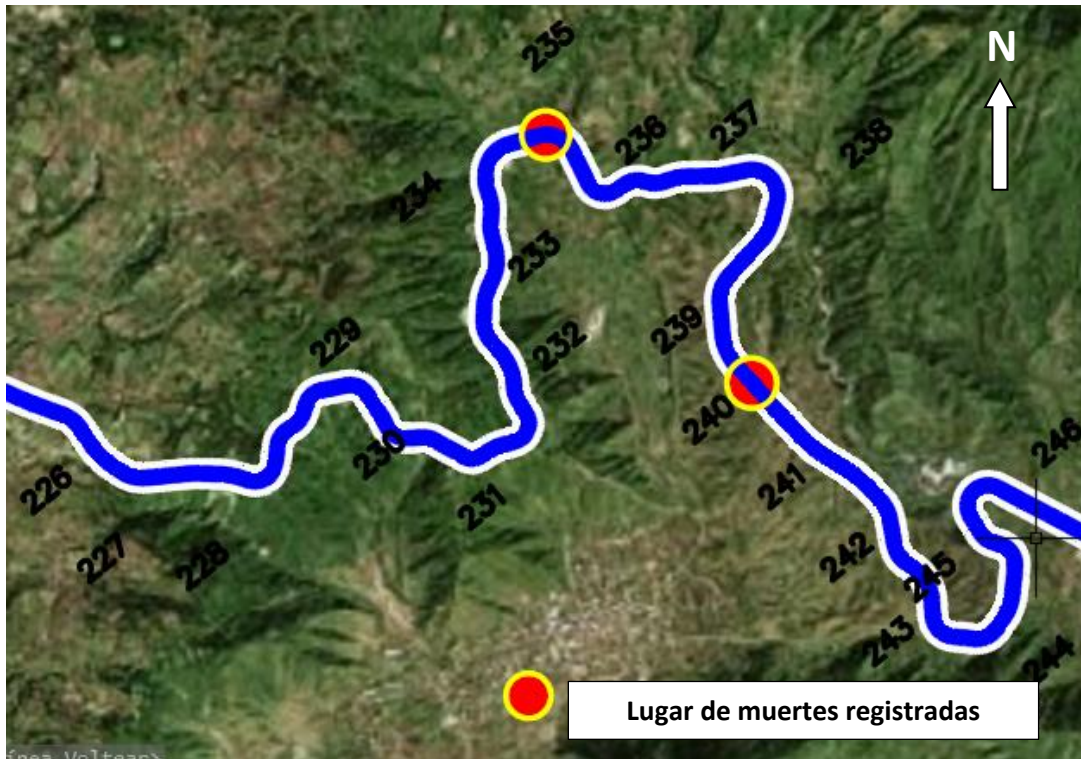


Ilustración 9. Lugar de ocurrencia de accidentes fatales por fallas en el sistema de frenado.

Por último, en los accidentes ocurridos en 2017 y 2016 en donde la causa principal del accidente fue alguna falla en el sistema de frenado, los tipos de vehículos que tuvieron parte en todos los accidentes fueron autobús, camión unitario y tractocamión articulado (T-S) o doblemente articulado (T-S-R).

Por otra parte, los accidentes que se presentaron en la carretera en 2016 y 2017 en donde la causa principal del accidente fue el exceso de velocidad, los tipos de vehículos que tuvieron parte los accidentes fueron autobús, camión unitario y tractocamión articulado (T-S) o doblemente articulado (T-S-R) y automóviles con casi 40% de participación en 2017 y aproximadamente el 50% en 2016.

CAPÍTULO IV

Capítulo IV. Prescripción para la accidentabilidad analizada

ALTERNATIVAS

Tomando en cuenta la orografía del lugar, la ubicación de los accidentes en distintos puntos de la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza, las pendientes que se presentan en el camino y su alineamiento horizontal, se pueden proponer como opción de solución para atacar la alta accidentabilidad que presenta este tramo de carretera las siguientes 3 alternativas:

1. No hacer nada.
2. Modificación del alineamiento horizontal y vertical de la carretera.
3. Construir rampas de frenado que ayuden a mitigar los accidentes.¹⁵

El objetivo principal de esta obra no es el de analizar a detalle las alternativas que se tienen para solucionar un problema, pero si lo es el mostrar la existencia de esta etapa, así como las etapas de crear modelos, fijar restricciones y evaluar las alternativas para la selección de una solución. Es por lo antes descrito que a continuación se presentará un análisis no detallado con base solo a los costos aproximados de cada alternativa.

En cuanto a la alternativa No. 1 *No hacer nada*, podemos imaginar en el mejor de los casos que los usuarios mejoren su forma de conducción y que se realice algún mantenimiento preventivo a la autopista que reduzca significativamente la ocurrencia de accidentes o por otro lado, que en tan solo 5 años se puede seguir la tendencia que presenta la estadística y se presenten 5 accidentes fatales causados únicamente por fallas en el sistema de frenado, esto sin tomar en cuenta el costo de los daños materiales que con base a datos del IMT¹⁶ tienen un impacto en el producto interno bruto del país, por lo tanto si se toma esta alternativa, se estarían perdiendo recursos económicos sin ningún tope, pero algo también importante, sería el hecho de la continua pérdida de vidas humanas.

¹⁵ Actualmente existen dos rampas de frenado de emergencia en los km 234+000 y km 235+600, cuerpo "A", de la autopista Acatzingo-Cd. Mendoza.

¹⁶ En el año 2003 el IMT estimó el costo directo de los accidentes en la Red Carretera Federal el cual era aproximado a los 1,200 millones de dólares, lo que representó en ese año el 0.3% del PIB. Además, se tenía la idea de que, si se tomasen en cuenta los accidentes ocurridos en las redes carreteras de otras jurisdicciones, el costo de los accidentes representaría el 1% del PIB.

Con respecto a la alternativa No. 2 *Modificación del alineamiento horizontal y vertical de la carretera*. Según datos del Centro de Estudios de Finanzas Públicas (CEFP), en enero de 2013 el tipo de cambio pesos por euro era de \$16.9, por lo que en 2013, el Tribunal de Cuentas Europeo¹⁷ informaba que el costo por kilómetro de modernizar una carretera tipo A2 a una tipo A4 fue era de \$ 24, 000, 000 hasta cerca de los cuarenta millones de pesos, en Grecia, mientras que en Alemania la construcción de una carretera del tipo A2 en Rostock tuvo un costo total de \$58, 338, 000.

Un caso más reciente para poder tener un precio base de kilómetro de carretera, es el de la construcción del libramiento de Hermosillo¹⁸ recién inaugurado tuvo una inversión de \$1, 750, 000, 000, por lo que un kilómetro de esa carretera tipo A2 tendría un valor aproximado de poco más de \$42, 000, 000. Es importante mencionar que esta carretera presenta pasos superiores vehiculares y de ferrocarril, así como sistemas inteligentes de transporte en su infraestructura y en su trazo predomina un terreno natural de tipo plano.

Otro ejemplo es el del tramo carretero de altas especificaciones tipo A2 Las Varas-Puerto Vallarta, que tiene una inversión estimada de \$ 7, 215, 925, 973, este proyecto contempla 6 entronques a desnivel y uno a nivel. El costo aproximado por kilómetro de este proyecto rondaría los \$ 80, 000, 000.

Un último ejemplo es el del libramiento de la carretera La Galarza – Amatitlanes¹⁹ en el estado de Puebla de la misma forma tipo A2, en donde se tiene prevista una inversión de \$ 991, 200, 000, por lo que el costo por kilómetro en este proyecto ronda los \$ 68, 000, 000.

¹⁷ En este estudio el tribunal examinó 24 proyectos de inversión en carreteras elegidas aleatoriamente en Alemania, España, Grecia y Polonia.

Tribunal de Cuentas Europeo. (2013). ¿Se gastan correctamente los fondos de la política de cohesión de la UE destinados a las carreteras?. Recuperado en junio de 2019, de Unión Europea. Sitio web: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR13_05/SR13_05_ES.PDF

¹⁸ Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2018). Operación, mantenimiento, conservación y explotación de la carretera Acatzingo-Ciudad Mendoza, en el estado de Veracruz. Recuperado en julio de 2019, de Proyectos México Sitio web: https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/319-carretera-acatzingo-ciudad-mendoza/

¹⁹ Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2019). Construcción, operación, mantenimiento y conservación del libramiento de la carretera la galarza-amatitlanes en el estado de puebla. Recuperado en julio de 2019, de Proyectos México Sitio web: SMMR

Por lo tanto, podemos observar que existen distintos costos para un mismo tipo de carretera como en este caso es la A2, estas variaciones se muestran debido a muchas cuestiones como lo es el terreno, el número de entronques, los sistemas inteligentes de transportes que tenga, pasos vehiculares y muchas características más. Página 36

Sin embargo, podríamos tomar un costo aproximado a los \$ 60, 000, 000 que es cercano al proyecto por desarrollar en Izúcar de Matamoros, puesto que también existe un relieve accidentado. En nuestro caso, para el cambio de trazo para evitar el paso por las curvas que presentan mayor accidentabilidad, este tendría tentativamente una longitud cercana a los 4.75 kilómetros, por lo que someramente esta alternativa tendría un costo de \$ 285, 000, 000, sin considerar los costos de operación y mantenimiento, ni los trabajos de excavación que se necesitarían para abatir la pendiente natural mayor del 30% en el primer kilómetro de este nuevo trazo.

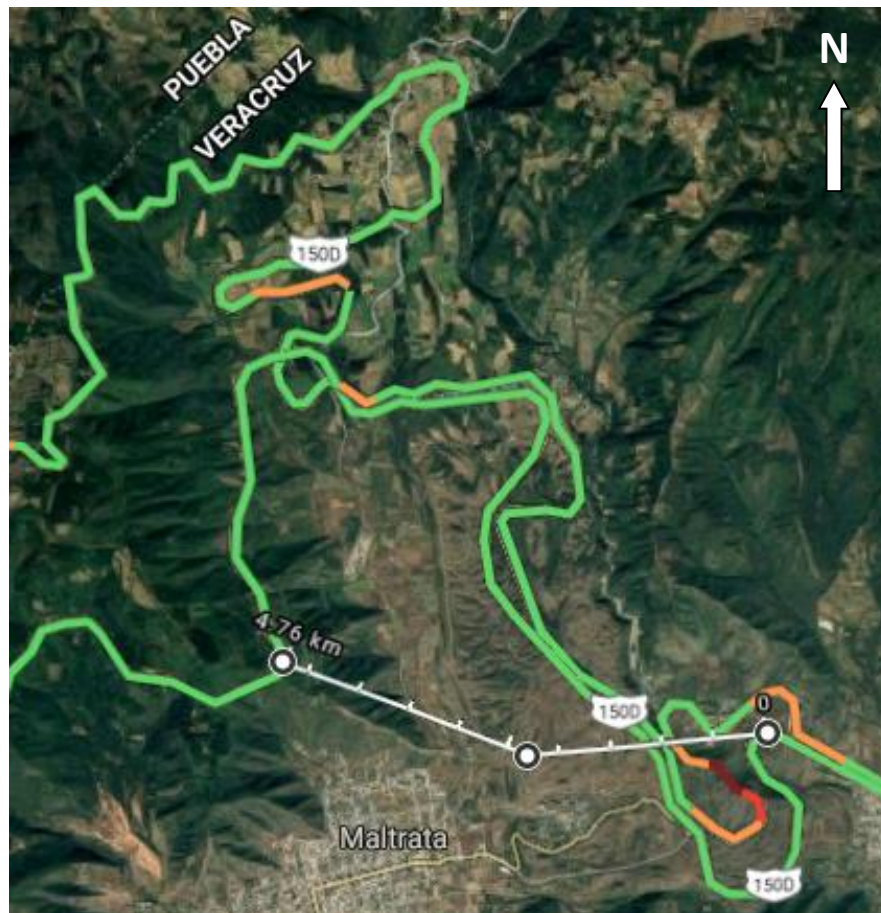


Ilustración 10. Longitud de un posible libramiento como alternativa.

https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/375-libramiento-de-la-carretera-la-galarza-amatitlanes/

Con relación a la alternativa No. 3 *Construir rampas de frenado que ayuden a mitigar los accidentes*. Esta opción puede llevarse a cabo ya que conforme a lo estipulado en el capítulo 5 de la NOM-036-SCT2-2016, Rampas de emergencia para frenado en carreteras, se puede optar por la construcción de una rampa de emergencia si se presenta alguna de las dos situaciones siguientes: la primera relacionada con la ocurrencia anual de por lo menos un accidente fatal causado por vehículos sin frenos o cuando estos puedan colisionar con otros vehículos o con instalaciones ocupadas por otras personas; la segunda situación concierne a que por efectos de un alineamiento vertical descendente los vehículos con fallas en los frenos puedan llegar a presentar velocidades mayores a los 140 km/h o velocidades mayores a las toleradas por el alineamiento horizontal del camino.

En la evaluación de esta alternativa se recomienda al lector consultar el documento de Roberto Magallanes²⁰ en donde explica de muy buena forma, la factibilidad de poner en operación rampas de emergencia en “puntos negros”, por la ocurrencia de accidentes fatales.

Si tomamos como referencia el costo de construir, operar y conservar una rampa de emergencia en un periodo de 20 años, con base al documento antes recomendado, se tiene un aproximado de \$11, 000, 000 en el año 2015.

SELECCIÓN

Con base a los datos anteriormente vertidos y puesto que anteriormente se dijo que no era la intención de esta tesina mostrar énfasis en la evaluación de proyectos, por los costos de las alternativas, se decide elegir la No.3 *Construir rampas de frenado que ayuden a mitigar los accidentes*, ya que, con base a la inversión necesaria para su puesta en marcha, esta tendría una inversión mucho menor a la alternativa No. 2, y la alternativa No.1 no es factible, puesto que no es admisible que siga existiendo la tendencia de muertes en este trayecto, además de las pérdidas económicas para la federación que esto representa.

²⁰ En este trabajo se analiza la factibilidad de las rampas de emergencia para frenado desde los puntos de vista técnico, financiero y económico, en donde se considera que el costo de una rampa de emergencia está constituido por los costos de construcción, operación y conservación en un periodo de 20 años.

Magallanes, R. (2015). Factibilidad de rampas de emergencia para frenado en carreteras. Recuperado en julio de 2019, de Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C. Sitio web: <http://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/18112/mir/38886/anexo/1723302>

Con base en la información de la Policía Federal y de la Dirección General de Servicios Técnicos, como se mostró en la parte de diagnóstico, esta carretera presente un accidente fatal en 2016 y otro más en 2017, por lo que pensar en la realización del proyecto ejecutivo de una rampa de emergencia para frenado, es factible. || 38

Ya que no es propósito de esta tesina mostrar la metodología que se tiene que aplicar para la construcción de una rampa de emergencia para frenado, la cual se presenta en la NOM-036-SCT2-2016 antes menciona, puesto que este tema daría el suficiente contenido para la realización de una tesina por sí sola, a continuación, se presenta una serie de pasos que se realizaron como justificación de una ubicación preliminar de la rampa de emergencias, dato que es necesario para el inicio de la metodología .

Como se observa en la ilustración 12, con base en la información de la auscultación se obtuvo el perfil longitudinal de la carretera, se representó en una imagen satelital el alineamiento horizontal de la autopista y se localizaron los puntos donde han ocurrido accidentes de tránsito a causa de fallas en el sistema de frenado y los relacionados con exceso de velocidad.

Posteriormente, se realizó un filtrado de los accidentes ocurridos en la carretera Acatzingo – Ciudad Mendoza en 2016 y 2017²¹ y se procedió a establecer una simbología para el perfil horizontal y otra muy similar para el perfil vertical con escalas de colores.

En el perfil horizontal se presentan círculos de colores que representan el número de accidentes ocurridos en 2017 en el kilómetro entero en donde fue registrado este accidente, es decir, si un accidente ocurrió en el kilómetro 1+720, este fue representado en el plano en el kilómetro 1+000, adicionalmente con circunferencias negras se representan aquellos puntos que tuvieron una reincidencia de accidentes en el año 2017 con respecto al año 2016.

²¹ Cuevas, A. Mayoral, E. & Mendoza, A. (2017). Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales (2016). Documento Técnico 69, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.

Cuevas, A. Mayoral, E. & Mendoza, A. (2018). Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales (2017). Documento Técnico 74, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.




SIMBOLOGÍA	
	1 a 3 accidentes
	4 a 6 accidentes
	Más de 6 accidentes
	Accidentes que se presentan en 2016 y 2017

Tabla 3. Simbología presentada en el perfil horizontal de la carretera

En cuanto al perfil vertical, en este se muestran con ayuda de líneas de colores los accidentes ocurridos en 2017, además de paletas que muestran el kilómetro en donde se registraron los accidentes y letras debajo de estas que simbolizan la causa de los accidentes.




SIMBOLOGÍA	
	1 a 3 accidentes
	4 a 6 accidentes
	Más de 6 accidentes
EV	Accidente cuya causa fue exceso de velocidad
F	Accidente cuya causa fue falla en los frenos

Tabla 4. Simbología presentada en el perfil vertical de la carretera

Con base al perfil vertical de la carretera se puede obtener la pendiente descendente que se presenta aproximadamente a partir del kilómetro 226+000, en la cual existe un subtramo comprendido por los kilómetros 231+000 al 235+000 en donde se presenta la mayor pendiente, siendo esta del 5.4% en aproximadamente cuatro kilómetros.

km inicial	km final	Longitud km	Elevación m	Pendiente descendente
226	228	2	73.126	0.0366
228	231	3	120.067	0.0400
231	235	4	215.143	0.0538
235	239	4	150	0.0375
239	244	5	200	0.0400
244	246	2	92.247	0.0461
246	249	3	117.383	0.0391
249	251.24	2.24	69.44	0.0310

Tabla 5. Pendientes descendentes en los subtramos del cuerpo "A"

SMMR

Finalmente, usando la ecuación para el cálculo de la velocidad de entrada a las rampas de

$$V_e = \left(V_p^2 - 254 \sum_{i=1}^n L p_i (R_p + P_i) \right)^{\frac{1}{2}}$$

emergencia para frenado con el objetivo de revisar la relación entre las pendientes que se presentan en el cuerpo "A" y los accidentes en donde la causa principal fue el exceso de velocidad, se calcularon las velocidades que podrían tener los vehículos por subtramos con ayuda de la NOM-036-SCT2-2016 y la ecuación para calcular la velocidad de entrada en las rampas de frenado en km/hr (véase *tabla 6*), para este caso se consideró una V_p de 60 km/hr, puesto que esta es la velocidad restrictiva que se presenta en la mayoría del cuerpo "A" y una resistencia a la rodadura de 0.012.

Por lo tanto, utilizando las pendientes antes mencionadas y las características de la carretera, se encontraron los siguientes puntos en donde se rebasa la velocidad de 140 km/hr, que justifica la construcción de una rampa de emergencia para frenado.

Rampa	Ubicación	Distancia a la rampa anterior km	Velocidad de entrada $\left(\frac{km}{hr}\right)$	Posible su construcción en ese punto
1	228+500	0	140.13	NO, punto sobre puente
2	230+750	2.25	140.05	NO, dentro de un túnel y en curva
3	232+340	1.59	140.01	SI, lado izquierdo
4	233+850	1.51	140.09	Rampa existente
5	235+590	1.74	140.10	Rampa cercana existente
6	238+070	2.48	140.22	SI, ambos lados
7	240+410	2.34	140.18	SI, lado derecho
8	242+660	2.25	140.01	SI, lado izquierdo
9	244+750	2.09	140.11	NO, excavación grande necesaria
10	246+750	2	140.01	NO, en medio de curva
11	249+110	2.36	140.12	SI. Lado derecho

Tabla 6. Ubicación de rampas de emergencia para frenado con base a la velocidad.

Una vez realizado el análisis de los lugares en donde se amerita una rampa con base a la velocidad de entrada, ahora se considerarán los accidentes fatales y el lugar en donde se presentaron (véase *tablas 7 y 8*) para priorizar los puntos que requieren la construcción de una rampa de emergencia para frenado. || 41

2016

km	Muertes	Causa
210+290	1	Velocidad excesiva
212+800	1	Velocidad excesiva
221+850	5	Velocidad excesiva
224+250	1	Velocidad excesiva
225+000	1	Velocidad excesiva
225+520	2	Velocidad excesiva
226+070	1	Velocidad excesiva
226+120	1	Velocidad excesiva
235+500	1	Frenos

Tabla 7. Accidentes fatales en 2016 en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza

2017

km	Muertes	Causa
180+750	1	Velocidad excesiva
184+750	2	Velocidad excesiva
189+900	2	Velocidad excesiva
190+800	1	Velocidad excesiva
194+500	1	Velocidad excesiva
227+700	2	Velocidad excesiva
239+400	1	Velocidad excesiva
240+600	1	Frenos
242+600	1	Velocidad excesiva
244+720	1	Velocidad excesiva
244+730	1	Velocidad excesiva

Tabla 8. Accidentes fatales en 2017 en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza

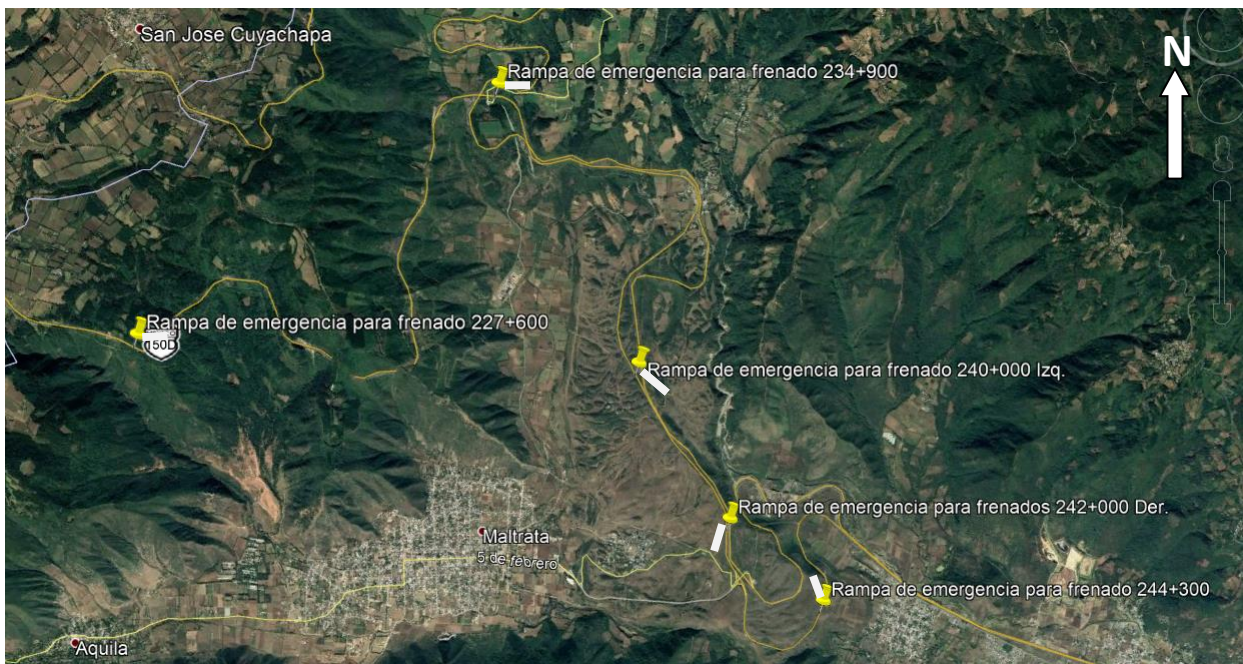
Finalmente, analizando estos puntos y su relación con los de la tabla anterior, además de considerar el terreno que rodea la carretera, se puede concluir que la construcción de una rampa de emergencia para frenado es preferente en los siguientes puntos:

- ∇ En las proximidades del kilómetro 227+600, puesto que este punto se encuentra antes del kilómetro 228+500 que es un lugar que la requiere con base a la velocidad de entrada y cercano al kilómetro 227+700 en donde se presentaron 2 muertes en 2017.
- ∇ En los alrededores de los kilómetros 234+900, 240+400, 242+000 y otra más cercana al kilómetro 244+700, ya que en estos puntos se ve una estrecha relación entre la velocidad y los accidentes fatales ocurridos.

Ubicación de las rampas de emergencia para frenado prioritarias

km 227+600	Lado izquierdo
km 234+900	Lado izquierdo
km 240+400	Lado izquierdo
km 242+000	Lado derecho
km 244+300	Lado izquierdo

Tabla 9. Ubicación de las rampas de emergencia para frenado prioritarias



Fuente: Elaborado con ayuda de Google Earth

Ilustración 11. Ubicación de las rampas de emergencia para frenado prioritarias.

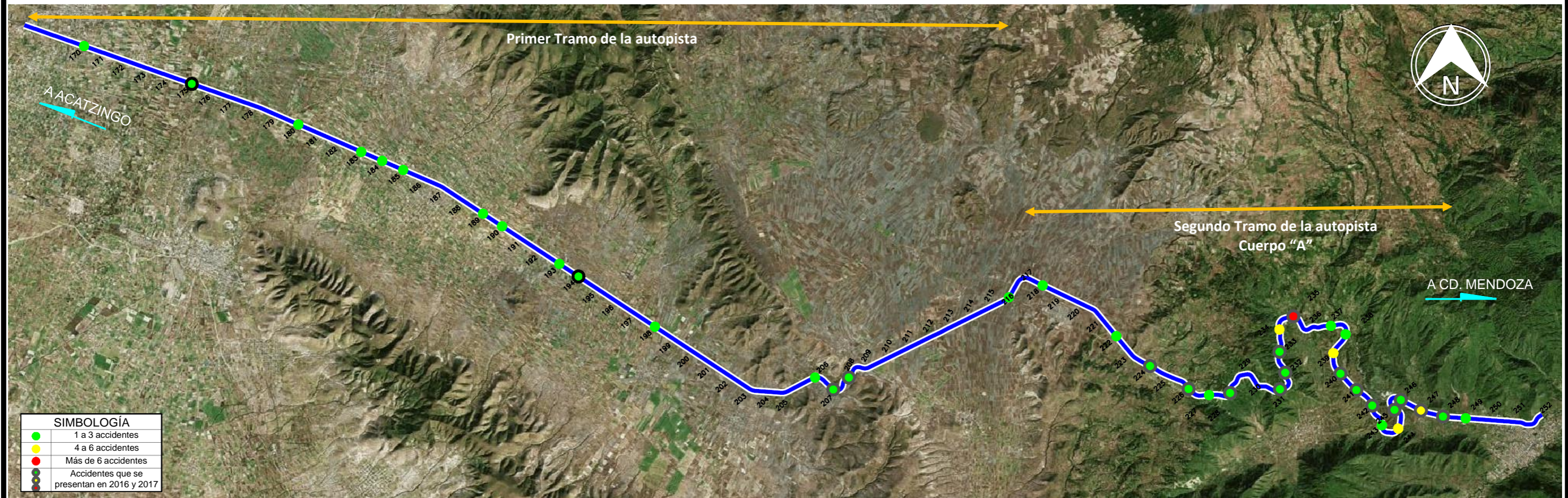
La ubicación propuesta de estas rampas de emergencia para frenado (*véase ilustración 10*) tienen una gran similitud con los contratos publicados por el Programa Anual de Obra Pública 2017²².

- ✓ “ESTUDIO Y PROYECTO PARA DOS RAMPAS DE FRENADO DE EMERGENCIA EN LOS KM 242+300 LADO DERECHO Y KM 244+340 LADO IZQUIERDO CUERPO A, DE LA AUTOPISTA ACATZINGO-CD. MENDOZA”.
- ✓ “ESTUDIO Y PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA UNA RAMPA DE FRENADO DE EMERGENCIA ENTRE EL KM 225+000 AL KM 240+000 CUERPO A, DE LA AUTOPISTA ACATZINGO-CD. MENDOZA”.

Además, muy cerca del kilómetro 234+900 como ubicación propuesta para una rampa de emergencia para frenado, se encuentra ya una en el km 235+600.

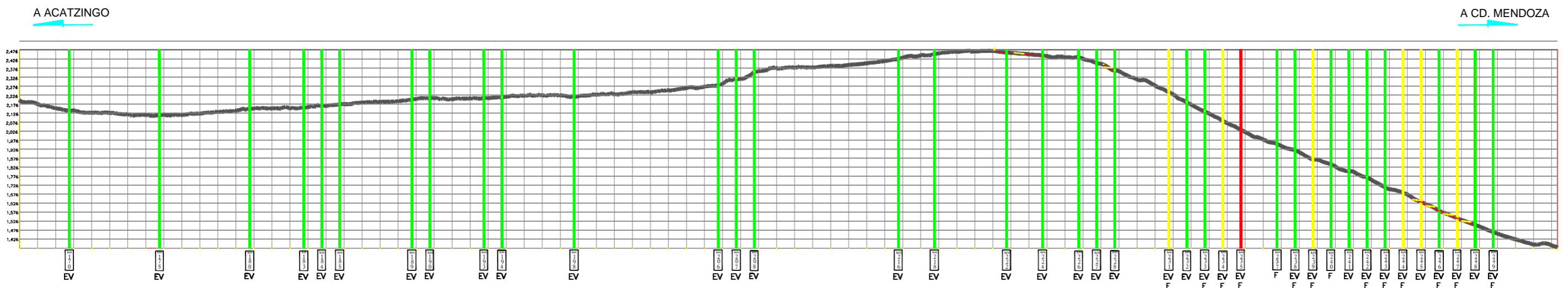
²² Publicado por CAMINOS Y PUENTES FEDERALES DE INGRESOS Y SERVICIOS CONEXOS con relación al Fondo Nacional de Infraestructura.

AUTOPISTA ACATZINGO - CIUDAD MENDOZA



SIMBOLOGÍA	
● (Green)	1 a 3 accidentes
● (Yellow)	4 a 6 accidentes
● (Red)	Más de 6 accidentes
● (Colored)	Accidentes que se presentan en 2016 y 2017

PLANTA



SIMBOLOGÍA	
■ (Green)	1 a 3 accidentes
■ (Yellow)	4 a 6 accidentes
■ (Red)	Más de 6 accidentes
EV	Accidente cuya causa fue exceso de velocidad
F	Accidente cuya causa fue falla en los frenos

PERFIL

SMMR Ilustración 12. Ubicación de accidentes en el perfil vertical y horizontal de la carretera Acatingo - Cd. Mendoza

Fuente: Elaboración conjunta con la Ing. Hilda Hernández

CAPÍTULO V

Capítulo V. La Instrumentación de la solución

Una vez elegida la construcción de rampas de emergencia como solución, esta se tiene que aplicar más allá de lo físico, se tiene que realizar una implementación de solución que permita lograr que la visión que tenemos se haga realidad.

Página

|| 45

A continuación, se presenta una alternativa de instrumentación para la solución tomada como construcción de rampas de emergencia para frenado que ayuden a mitigar los accidentes:

Visión

Disminuir un 50% el número de personas fallecidas en accidentes sobre la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza para 2030 con la construcción de por lo menos las rampas de emergencia prioritarias (5) y acciones de conservación y mejoramiento.

Objetivos

- Construcción de rampas de emergencia para frenado en los lugares adecuados en la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza.
- Inspeccionar el estado y distribución del señalamiento vertical y horizontal, para que en el caso de ser necesario mejorarlo a lo largo de la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza.
- Lograr la aplicación de rampas de emergencia para frenado u otras alternativas factibles como solución a la accidentabilidad en las carreteras pertenecientes a la Red Carretera Federal.

Metas

- Mantener actualizada la estadística de accidentes en la Red Carretera Federal elaborada por parte de la Policía Federal, la Dirección General de Servicios Técnicos y el Instituto Mexicano del Transporte.
- Realizar un inventario con el número de kilómetros pintados o modernizados, además del número y tipo de señalamiento vertical con el que cuenta y con el que debe contar la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza.

- Disminuir el número de accidentes a causa de fallas en el sistema de frenado, principalmente en vehículos de tipo autobús, camión unitario y tractocamión articulado.

Políticas, programas y proyectos

- Programa de atención a los accidentes en la Red Carretera Federal

Página

|| 46

Se continuará el registro de accidentes en la Red Carretera Federal, puesto que esta base de datos es indispensable para verificar el éxito o fracaso de los esfuerzos por disminuir a los accidentes en la RCF y eliminar los decesos en accidentes a causa de fallas en el sistema de frenado en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza.

- Política de mantenimiento al sistema de frenos del autotransporte

Con base a la Norma Oficial Mexicana NOM-068-SCT-2-2000, Transporte terrestre-Servicio de autotransporte federal de pasaje, turismo, carga y transporte privado - Condiciones físico-mecánica y de seguridad para la operación en caminos y puentes de jurisdicción federal. Se establecerán revisiones en la verificación del autotransporte, con relación al punto 4.1 de la norma antes mencionada para cerciorarse de una correcta implementación de dichas verificaciones, en especial con las relacionadas al sistema de frenado.

Además, se establecerán de forma aleatoria puntos de revisión en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza, para la revisión de los puntos de evaluación.

- Programa informativo para los usuarios de la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza

Se fomentará la comunicación con los conductores de todos los tipos de vehículos que circulen por la carretera Cd. Acatzingo – Mendoza acerca de la gran accidentabilidad que presenta ese camino, esto se hará con ayuda de campañas publicitarias permanentes e itinerantes implementadas en la plaza de cobro 0027 “Esperanza” ubicada antes del tramo con curvas y pendientes pronunciadas, con ayuda de lonas informativas y entrega de folletos con estadísticas y los distintos factores de riesgo.²³

²³ Este punto puede apoyarse del contenido de la publicación técnica No.449 del Instituto Mexicano del Transporte “Campañas de seguridad vial para el mejoramiento del comportamiento del factor humano”.

- Proyecto de mejoramiento de señalamiento vial en la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza
- Proyecto de construcción de rampas en la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza

Plan contingente

Página

|| 47

En caso de que el gremio de auto transportistas no se muestre abierto a la adopción de esta política de mantenimiento y revisión del sistema de frenado de sus vehículos, una opción para persuadir su aceptación de esta medida, podría ser la negociación del mantenimiento preventivo completo al sistema de frenado en lapsos anuales o los previamente establecidos a cambio de algún porcentaje de descuento en la plaza de cobro Esperanza con clave 27 por algún lapso de tiempo, en donde la tarifa va desde \$150 hasta \$814 dependiendo el tipo de autobús, camión o tractocamión del que se trate.²⁴

Planeación del recurso

Una vez se licite el contrato y sean adjudicadas las construcciones de las rampas en el cuerpo “A” de la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza, independientemente del número de rampas a construir, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Se deberán tomar muestras del suelo en donde preliminarmente se ubicarán las rampas de emergencia para frenado que ratifiquen dicha ubicación para su segura construcción.
- Ya sea por estudios meteorológicos, entrevista con los pobladores a la redonda, o los que el constructor proponga, los trabajos de construcción de las rampas de emergencia para frenado deberán de ser realizados en temporada de sequía, esto debido al muy accidentado terreno en el que se trabajará, por lo que la aparición de deslaves durante las obras puede tener consecuencias fatales en las brigadas de trabajadores.
- Con base en aforos vehiculares del cuerpo “A” de la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza, las jornadas de trabajo deberán ubicarse en los periodos de menor uso, contando con todas las medidas de protección para los trabajadores, buena iluminación, bandereros, dispositivos para protección de obra, etc.

²⁴ Tarifas vigentes a partir del 5 de febrero de 2020 por parte de Caminos y Puentes Federales. SMMR

• A los usuarios de la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza se les deberá notificar con anticipación de por lo menos un mes, la fecha de inicio y termino estimado de las obras de construcción (se estima que puedan durar 6 meses por rampa de emergencia), así como los horarios de trabajo, esto con ayuda de lonas y folletos informativos en la plaza de cobro 0027 “Esperanza”.

Página

• Una vez concluidas las obras de construcción, se deberán colocar mantas que informen la situación actual de la carretera en relación con su accidentabilidad, también se entregarán de forma aleatoria a automovilistas, en las horas de máxima demanda y de forma permanente a camiones o tractocamiones folletos con información relacionada a los factores de riesgo, accidentabilidad en el cuerpo “A”, así como la visión de la implementación de esta alternativa.

|| 48

Una vez se licite el contrato y sean adjudicadas las obras para la rehabilitación o modernización del señalamiento horizontal y vertical del cuerpo “A” y “B” de la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

• Con base en aforos vehiculares del cuerpo “A” y “B” de la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza, las jornadas de trabajo deberán ubicarse en los periodos de menor uso, contando con todas las medidas de protección para los trabajadores, buena iluminación, bandereros, dispositivos para protección de obra, etc.

Se recomienda iniciar con los trabajos de modernización en el señalamiento horizontal y vertical del cuerpo “B” (pendiente ascendente) de la carretera Acatzingo – Cd. Mendoza con el fin de que los usuarios vean resultados tangibles de la implementación de estas acciones, mejorando su respuesta a los trabajos más tardados correspondientes a la construcción de las rampas de emergencia para frenado.

La tarea de inspeccionar aleatoriamente a camiones y sus conductores, estará bajo la autoridad de la policía federal, ubicando sus puntos de control en donde no entorpezcan la circulación o puedan provocar un accidente.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Por las obras encontradas en el Programa Anual de Obra Pública 2017, se puede constatar que el procedimiento realizado para encontrar la ubicación de las rampas de emergencia para frenado es válido, además de que ciertamente se requiere más rampas de emergencia para frenado en este mismo tramo carretero. Página 49
- Las acciones de mejora mostradas para este estudio de caso son una muestra del interés por coadyuvar en preservar la salud de usuarios en la RFC, sin embargo, es importante implementar un esfuerzo nacional y no sólo soluciones aisladas. Por lo que es importante voltear a revisar todas las publicaciones técnicas y los manuales de calles y de auditorías de seguridad vial, los cuales buscan ser aplicables a nivel nacional, principalmente al mostrar un carácter preventivo, el cual ahorra recursos.
- Se mostró la planeación como un subsistema, así como su estructura y una forma de poder ser aplicada para la solución de un problema, en este caso para ayudar a disminuir la gravedad de los accidentes, sin embargo, es posible aplicar esta misma estructura de la planeación para cualquier otro tipo de problemas.
- Procurar un reporte más completo relacionado con las muertes por accidentes, no contar solo los ocurridos en el lugar, dar un seguimiento de al menos un mes a las personas lesionadas en un accidente vial debido a que las estadísticas muestran que la atención de los accidentados es muy importante en el número de decesos, dependiendo de si son atendidos al momento o minutos después, dos horas después del accidente o dentro de los primeros 30 días del ingreso a un hospital.
- México ha logrado disminuir en gran medida la accidentabilidad en la RCF desde antes de la declaración del Decenio de acción para la Seguridad Vial.
- La implementación de la Estrategia Nacional de Seguridad Vial en México no ha cumplido en el aspecto de influenciar a todos sus actores en el porqué de la creación de esta estrategia, mostrando su importancia tanto nacional como internacional.

-
- Continuar aplicando las 4 líneas estratégicas declaradas en la Estrategia Nacional de Seguridad Vial y estudiar la factibilidad de una nueva estrategia considerando los resultados obtenidos.
 - Se necesita una intervención en la carretera Acatzingo - Cd. Mendoza, a través de la construcción de un sistema de 5 rampas de emergencia en los kilómetros presentados en la tabla 9 del presente trabajo, con el fin de disminuir la mortalidad presentada en dicho tramo. Página 50
 - La construcción y operación de las rampas de emergencia en la carretera de estudio y en todo el país deben de estar bajo los lineamientos de la NOM-034-SCT2-2011 y la NOM-036-SCT2-2016.
 - Es de suma importancia mantener el registro de accidentes por la Policía Federal y el registrado en los Anuarios Estadísticos por el IMT, además de las acciones de modernización en las carreteras y recorridos para asegurar el buen estado y correcta ubicación del señalamiento vial.
 - Debido a los resultados del estudio realizado en esta carretera y a la importancia de la Seguridad Vial, es justificable la realización de un estudio similar para diferentes tramos carreteros en la RCF. Además de la realización de acciones para cada caso en particular según los resultados de sus respectivos estudios.
 - Si se continúa apoyando a las acciones dirigidas a la seguridad vial, entonces continuarán disminuyendo los accidentes, mermando también el número de personas fallecidas o lesionadas por estos eventos y contribuyendo a la vez con la VISIÓN MÉXICO 2030 que busca restablecer las condiciones mínimas de seguridad.
 - Lamentablemente, México no podrá cumplir con el objetivo de la Asamblea General de las Naciones Unidas de disminuir en 50% las muertes relacionadas en accidentes viales. Únicamente Noruega y Grecia han sido capaces de cumplir con dicho objetivo.
 - Los accidentes fatales no han parado, en mayo de 2019 en el kilómetro 245+000 y en abril de 2020 en el kilómetro 235+000, solo por mencionar los publicados en periódicos. Por lo tanto la intervención en esta autopista es urgente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade, C. Candego, M & Mendoza, A. (2019). Esfuerzos en México para implementar un sistema de auditorías de seguridad vial. *Vías terrestres*, 63, 5-13.
2. Armijo, M. (2009). Manual de Planificación Estratégica e Indicadores de Desempeño en el Sector Público. ILPES/CEPAL. Página
|| 51
3. Cal y Mayor, R., Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. (9a ed.) México: ALFAOMEGA.
4. Chamoun, Y. (2002). *Administración Profesional de Proyectos : La guía*. México: Mc Graw Hill.
5. Cuevas, A. Mayoral, E. & Mendoza, A. (2018). Anuario estadístico en carreteras federales (2017). Documento Técnico 74, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.
6. Cuevas, A. Mayoral, E. & Mendoza, A. (2019). Anuario estadístico en carreteras federales (2018). Documento Técnico 77, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.
7. Dirección de Infraestructura Carretera. (2017). Programa Anual de Obra Pública 2017. Recuperado en julio de 2019, de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. Sitio web: <http://www.capufe.gob.mx/portal/wwwCapufe/Transparencia/ProgramasAnuales/PAOP-FONADIN-2017.pdf>
8. Figueroa, E. (2017). *Planeación de proyectos de infraestructura: un enfoque social: Teoría y aplicaciones*. México: Limusa.
9. Gelman, O., Negroe, G. (1982). La planeación como un proceso básico en la conducción. *Academia Nacional de Ingeniería*, 1, pp. 253 - 270.
10. Mendoza, A. Abarca, E. & Saucedo, M. (2011). *Prácticas para evaluar la calidad de infraestructura carretera de cuota*. Publicación Técnica 353, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.
11. Mendoza, A. Quintero, F. & Mayoral, E. (2003). *Seguridad Vial en Carreteras*. Publicación Técnica 224, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.
12. Norma Oficial Mexicana NOM-036-SCT2-2016, Rampas de emergencia para frenado en carreteras. *Diario Oficial de la Federación*. Distrito Federal, México, 20 de septiembre de 2016.
13. Ochoa, F. (1997). *Método de los Sistemas*. (2a ed.). México: UNAM.
14. Tribunal de Cuentas Europeo. (2013). ¿Se gastan correctamente los fondos de la política de cohesión de la ue destinados a las carreteras?. Recuperado en junio de 2019, de Unión Europea. Sitio web: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR13_05/SR13_05_ES.PDF