



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



# ATENCION DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MEXICO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A N :  
JASSO JIMENEZ / LUIS EVARISTO  
LUNA ITURBE LUIS LORENZO  
RAMIREZ DIAZ ERIC EFREN  
TRUJILLO LIRA JOSE LUIS  
VICTORIA BECERRA JOSE JORGE

MEXICO, D. F.

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: ~~Jasso Jimenez Luis E. Luna Trujillo Luis C.~~

~~Ramirez Diaz Fat E. Tavira Luna Jose L. Victoria Becerra Jose J.~~

FECHA: ~~27 - AGOSTO - 2002~~

FIRMA: ~~Luna Trujillo Luis C.~~

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/016/02

Señores

JASSO JIMENEZ LUIS EVARISTO  
LUNA ITURBE LUIS LORENZO  
RAMÍREZ DÍAZ ERIC EFRÉN  
TRUJILLO LIRA JOSE LUIS  
VICTORIA BECERRA JOSE JORGE  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. RAFAEL ABURTO VALDES, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MÉXICO"**

- INTRODUCCION
- I. ANTECEDENTES
  - II. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO
  - III. ESTUDIO Y SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO REALES
  - IV. ESTUDIOS DIVERSOS APLICABLES A LAS SOLUCIONES DE PUNTOS DE CONFLICTO
  - V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS PUNTOS DE CONFLICTO
  - VI. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria A 24 enero 2002.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

## ***Agradecemos a:***

***A TODOS NUESTROS MAESTROS,***

*los cuales entregaron parte de su vida para poder darnos una formación académica.*

***A LA FACULTAD DE INGENIERÍA,***

*que nos permitió crecer profesionalmente dentro de la carrera de Ingeniero Civil, otorgándonos las herramientas necesarias para ello.*

***A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO,***

*que como bastión de la educación en México y en América Latina, continúa siendo la oportunidad de muchas personas como nosotros para poder concluir una carrera universitaria.*

***A LOS INGS.***

*de la S. C. T., que nos apoyaron con sus vastos conocimientos, experiencia e información, sin lo cual hubiese sido imposible la materialización de este proyecto.*

***AL ING. RAFAEL ABURTO VALDÉS***

*Cuya conducción y apoyo resultó vital en la elaboración de este trabajo.*

***AL ING TOMAS GARCIA GARCIA***

*Por su apoyo.*

*y en general al "Programa de Apoyo a la Titulación" y a todas las personas que de una u otra manera, de forma desinteresada, colaboraron en la realización de éste trabajo y nos permitieron la mejor conclusión del mismo.*

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

I.1.	Descripción del Sistema Carretero Actual.....	1
	Expansión de la Red Caminera .....	7
	Infraestructura Carretera .....	9
	Diagnóstico.....	12
I.2.	Registro de Accidentes .....	19
	Generalidades .....	19
	Estudio de Accidentes .....	19
	Estadística de Accidentes.....	24
	Análisis de los Accidentes .....	26
	Programa Preventivo .....	30
I.3.	Clasificación Actual de Carreteras según Especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.....	31
	Definiciones de Términos .....	31
	Clasificación y Características de las Carreteras .....	35
I.3.1.	Carreteras Tipo "A" .....	36
I.3.2.	Carreteras Tipo "B" .....	39
I.3.3.	Carreteras Tipo "C" .....	41
I.3.4.	Carreteras Tipo "D" .....	43
I.3.4.	Carreteras Tipo "E" .....	45
	Características Geométricas Generales:	
	Del Alineamiento Horizontal.....	47
	Distancias de Visibilidad .....	54
	Del Alineamiento Vertical.....	56
	De la Sección Transversal.....	62
	Recomendaciones Generales.....	70

## CAPÍTULO II. ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO

II.1.	Antecedentes .....	77
II.2.	Situación Actual.....	79
II.3.	Identificación de los Puntos de Conflicto.....	80
II.4.	Consideraciones para la Planeación.....	92
II.5.	Estrategias de Ejecución.....	94
II.6.	Estimación de Resultados.....	96
II.7.	Comentarios Finales .....	106

## CAPÍTULO III. ESTUDIO Y SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO REALES

III.1.	Cambio de Trazo.....	109
	Estadística de Accidentes.....	109
	Estudios de Tránsito.....	114
	Evaluaciones Técnicas.....	114
	Comentarios.....	116
	Evaluación Económica .....	118
III.2.	Entronque.....	126
	Estadística de Accidentes.....	126
	Estudios de Tránsito.....	127
	Evaluaciones Técnicas.....	128
	Evaluación Económica .....	143
III.3.	Señalamiento .....	152
	Estadística de Accidentes.....	152
	Estudios de Tránsito.....	153
	Evaluaciones Técnicas.....	159
	Evaluación Económica .....	174

<b>III.4. Otros .....</b>	<b>183</b>
Estadística de Accidentes.....	183
Estudios de Tránsito.....	184
Evaluaciones Técnicas.....	188
Evaluación Económica .....	191

## **CAPÍTULO IV: ESTUDIOS DIVERSOS APLICABLES PARA LA SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO**

<b>IV.1. Estudios Geológicos.....</b>	<b>199</b>
Clasificación de Estudios Geológicos .....	201
<b>IV.2. Estudios de Mecánica de Suelos .....</b>	<b>203</b>
<b>IV.3. Estudios Topográficos.....</b>	<b>213</b>
<b>IV.4. Estudios Climatológicos .....</b>	<b>217</b>

## **CAPÍTULO V: PROCESO CONSTRUCTIVO**

Especificaciones que se Aplican a la Solución de Puntos de Conflicto .....	225
Proceso Constructivo para el Cambio de Trazo en la Carretera México-Cuautla.....	231
Proceso Constructivo para el Mejoramiento de Entronque Coatetelco.....	237
Proceso Constructivo para el Mejoramiento del Señalamiento en la Carretera México-Toluca .....	241
Proceso Constructivo para la Realización de un Puente Peatonal en la Carretera México-Cuernavaca.....	242

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES**

Conclusiones.....	245
Bibliografía .....	249

# CAPITULO I : ANTECEDENTES

## I.1 .- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CARRETERO ACTUAL

El Sistema Nacional de Carreteras constituye el principal medio de desplazamiento de personas y bienes y es, al mismo tiempo, un instrumento primordial para la integración social, económica y cultural de la nación.

El automóvil hizo su aparición en México en 1906 trayendo consigo la revolución de los viejos conceptos del transporte sin embargo en nuestro país no significó mejora para los caminos existentes, ya que estos siguieron prestando el servicio a los vehículos de motor y a los de tracción animal.

Contar con una adecuada red de carreteras, ferrocarriles, puertos y aeropuertos, es condición insustituible para obtener el máximo potencial de producción de la energía y de los recursos humanos y materiales y reducir al mínimo los costos que representa el recorrido de las distancias, movilizar bienes y recursos en regiones de difícil acceso; en consecuencia, facilita el desarrollo de la producción en gran escala, permitiendo la expansión de las zonas de mercado y el abastecimiento de las empresas y, en general, propicia las actividades económicas relativas al comercio exterior.

A continuación se menciona una cronología de la historia del sistema carretero en México:

La Revolución Mexicana, en 1910, conmovió todo el sistema social, político, económico y cultural del país, originando una época de crisis que impidió a los gobiernos realizaciones importantes de carácter constructivo.

En 1914, en México los automovilistas se limitaban a transitar por las calles y calzadas urbanas. El transporte de personas y mercancías de una ciudad a otra se hacía por medio del ferrocarril (muy deteriorado en esa época).

El 11 de enero de 1917, el gobierno de Venustiano Carranza creó la ***Dirección de Caminos y Puentes***, como organismo especializado dentro de la ***Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas***. Esta dependencia planeó los caminos a las capitales de los estados de Hidalgo, Puebla, México y Morelos.

En 1925, el gobierno del Gral. Plutarco Elías Calles creó la ***Comisión Nacional de Caminos***, punto de partida de la gran obra caminera con que contamos hoy. Los técnicos de la ***Comisión*** comenzaron a efectuar las tareas encomendadas, pero desconocían los problemas a que se enfrentarían en virtud de no contar con la experiencia necesaria para la construcción de carreteras.

Esto motivó que la *Comisión Nacional de Caminos* contratara a una empresa extranjera para construir los primeros caminos de México, que fueron el de México a Pachuca y el de México a Puebla, convenios que fueron rescindidos en 1926. A partir de esta fecha la responsabilidad de la construcción de las carreteras ha sido encomendada a técnicos mexicanos.

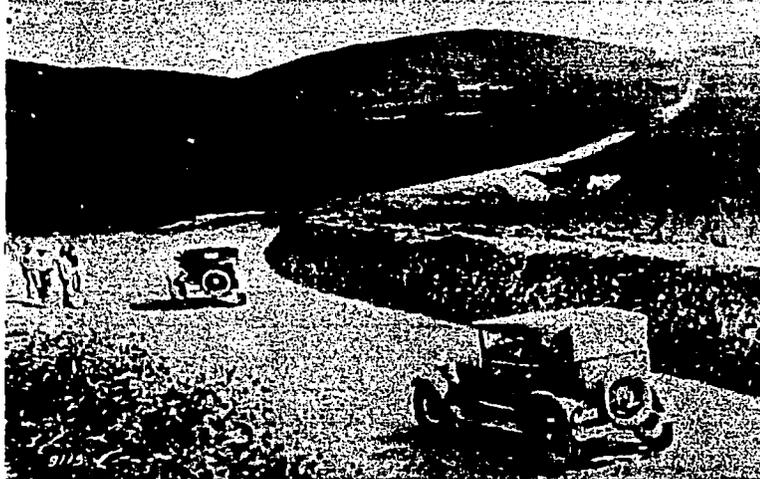
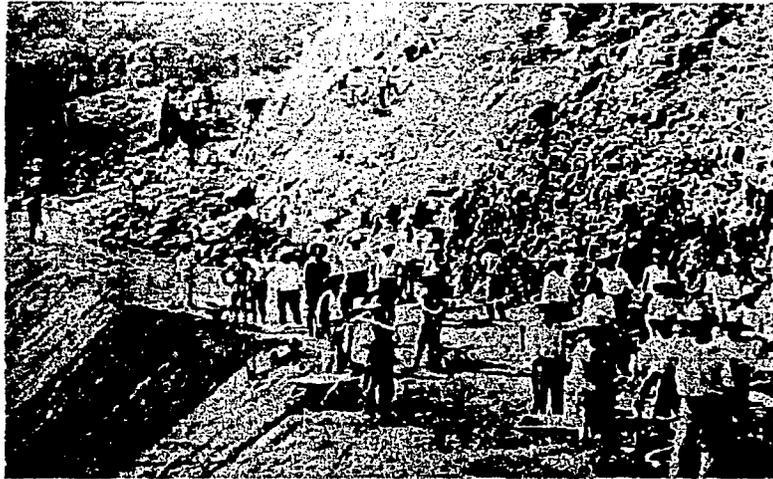


Foto 1.1. Aspecto de las carreteras en México, a principios del siglo XX.



Foto 1.2. Supervisores de la construcción de un camino.

En 1925 se inició el proceso de redistribución de la tierra. La agricultura del país se encontraba en un retraso general, casi sin generar productos para la exportación. Por esta razón la producción agrícola era destinada principalmente a consumos regionales y locales. Por lo anterior era necesario el crecimiento de la red de caminos para poder



*Foto 1.3. Aspecto de la construcción de la época.*

distribuir la producción a lugares más lejanos y de esta manera aumentar la producción agrícola.



*Foto 1.4. Planta local para el proceso de agregados.*

En 1930 el país contaba con sólo una ciudad de un millón de habitantes y otra de 50 mil habitantes. En ellas vivía el 16 % de la población en tanto que en las localidades

pequeñas residía el 84 %. Para estas fechas únicamente tenían comunicación por carretera la Ciudad de México y 11 ciudades medias.



*Foto 1.5. Corte realizado en la construcción de un camino.*

Es entre 1925 y 1930 cuando se realizaron los primeros 1,426 kilómetros de carretera; en este último año se había integrado al tráfico automovilístico el 1 % del territorio nacional. En la siguiente década se agregaron a la red 8,500 kilómetros con lo cual quedaba comunicado, por el automóvil y el camión, el 9 % del área de la República.



*Foto 1.6. Utilización de caminos en la pos-revolución.*

En 1931 la *Comisión*, que originalmente era autónoma, pasó a formar parte de la *Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas* como ***Dirección Nacional de Caminos***.



*Foto 1.7. Supervisor de caminos.*

En 1935, bajo el gobierno del Gral. Lázaro Cárdenas, se terminó la carretera de México a Nuevo Laredo, un gran reto para la capacidad creadora del mexicano, ya que dada su longitud, destacó como una de las grandes obras de la ingeniería mexicana.

Para 1937 se abrió la ruta de carga de México a Laredo y para 1939 la SCOP reportaba la cantidad de 4,328 unidades autorizadas para el servicio público.

En 1940 el territorio nacional era en lo fundamental del tipo rural y muy pocas regiones del país presentaban una fisonomía medianamente urbana, esto es, la capital y 13 poblaciones con mas de 50 mil habitantes. En las pequeñas localidades se ubicaba el 72 % del total de la población del país.



*Foto 1.8. Transbordador para el cruce de cauces naturales.*

Gracias a la construcción de los caminos más importantes de esa época, se comunicaron tres áreas. La Ciudad de México con las de Pachuca, Puebla, Toluca y Acapulco; la de Mérida con el Puerto de Progreso y Valladolid; y la de Monterrey con Nuevo Laredo.



Foto 1.9. Detalle en que se señala el límite máximo de velocidad.

Los primeros vehículos que circularon por nuestro territorio tenían poca potencia y capacidad de carga y pasajeros, pues la velocidad que desarrollaban no excedía los 40 km/h; con este rango de velocidad se proyectaron las primeras carreteras de México.

Los caminos que en forma provisional fueron construidos por las compañías petroleras extranjeras sirvieron exclusivamente para su propio provecho. Se buscó sólo la rápida entrada de maquinaria y productos necesarios para la industria.

En ese sentido, dichas compañías no construyeron caminos adecuados para conectar sus campos petroleros con las terminales, ya que se limitaron a abrir en los montes a punta de machete, sin importarles el daño que causaban, y fueron planeadas de tal modo que su duración resultaba efímera, nunca se preocuparon por su conservación.

A partir de la expropiación petrolera, se han construido las comunicaciones necesarias para unir esas zonas productoras, dejando de ser caminos provisionales.

El 19 de febrero de 1940 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la "LEY DE VIAS GENERALES DE COMUNICACIÓN"; en ella, se estipulan cuales son estas vías generales de comunicación: caminos, ferrocarriles, puentes, las corrientes fluviales navegables, mares territoriales, lagunas, lagos, las rutas del servicio postal, así como el espacio aéreo en la que transiten las aeronaves.

Dicha Ley vino a cubrir una necesidad imprescindible en el ámbito de las comunicaciones, especialmente en los aspectos de planeación, construcción, establecimiento y explotación,

dando preferencia a las zonas de mayor potencialidad económica, así como a las vías de enlace o alimentadoras de troncales.

La entonces *Secretaría de Fomento* obró como gestora de algunas dependencias específicas de nuestros días. Como ejemplo se tiene la *Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas –SCOP–*, que posteriormente se convertiría en la actual *Secretaría de Comunicaciones y Transportes –SCT–*.

## EXPANSION DE LA RED CAMINERA

**Caminos en cooperación.** Por acuerdo presidencial, el 22 de diciembre de 1932 se originó una fórmula bipartita para la construcción de caminos, y tomó cuerpo legal la creación de juntas locales, empresas de autotransportes y de las Cámaras de Comercio, en las entidades federativas.

Construir caminos con la doble misión de propiciar la expansión socioeconómica como imperativo inmediato y general de la nación, y de otros actores que funjan como generadores de nuevas economías en regiones aisladas o mal comunicadas, representa uno de los problemas más complejos de la planeación.

Esto ha conducido a completar la red básica de carreteras federales mediante la construcción de este tipo de caminos; nadie mejor que las entidades federativas para saber cuales son los caminos necesarios para el adecuado desarrollo regional.

El 12 de octubre de 1949 se decretó la creación del *Comité Nacional de Caminos Vecinales*, entidad con autonomía para adquirir legalmente bienes, administrarlos con personalidad jurídica propia, además de poder invertir su patrimonio y realizar actos y contratos consiguientes. Su patrimonio lo formaban el 20 % de los ingresos brutos provenientes del impuesto especial sobre la venta de automóviles y camiones ensamblados en el país, así como las aportaciones estatales, municipales y particulares.

Así se originó en 1949, con la creación del *Comité Nacional de Caminos Vecinales*, una fórmula de financiamiento tripartita consistente en prorratar el costo de las obras por partes iguales entre la Federación, los Gobiernos Estatales y los particulares. Esta fórmula funcionó como uno de los mejores criterios para impulsar el desarrollo del país y elevar el nivel de vida rural. Hasta 1967 se habían entregado 6,825 kilómetros de caminos construidos mediante este mecanismo.

El *Comité* se reestructuró el 4 de abril de 1956, ampliando sus funciones a reconstrucción y mejoramiento de aeropuertos y telecomunicaciones, en medianas y pequeñas poblaciones, de acuerdo con la planificación de la *SCOP*.

A partir del 1 de julio de 1960 se modificó nuevamente la estructura del *Comité* y se creó la *Comisión Nacional de Caminos Vecinales* encomendada a la *Secretaría de Obras*

*Públicas (SOP)* y se le desligó del servicio de telecomunicaciones vecinales que fue transferido a la SCT.

En 1967, el 9 de abril, por medio de un decreto que derogaba al anterior, desaparece la *Comisión*, dejando a cargo de la *SOP* la construcción de los caminos vecinales.

Posteriormente dentro de la propia *SOP* se crea la *Dirección General de Caminos de Mano de Obra*.

## LOS SISTEMAS DE CARRETERAS TRONCALES Y ALIMENTADORAS

La construcción de estas vías de comunicación puede ser de carácter estatal, vecinal o de mano de obra, y en ellas interviene la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la cual determina las especificaciones que debe tener el camino, siempre bajo la supervisión de los técnicos especializados.

## CAMINOS DE MANO DE OBRA

Con el mejoramiento de estas brechas, se inició en 1971 el Programa de Caminos de Mano de Obra en las regiones más inaccesibles del país, donde habitan campesinos e indígenas marginados.

Este programa se caracterizó por utilizar la mano de obra nativa cuya remuneración más baja era el salario mínimo, se prestaba atención médica y se proporcionaba, a través de la *Compañía Nacional de Subsistencias Populares -CONASUPO-*, artículos de consumo básico a precios bajos.

Los caminos de mano de obra han demostrado ser económicamente convenientes para las condiciones de país en proceso de desarrollo, ya que han permitido a los pequeños núcleos de población formados en su mayoría por campesinos, que tengan acceso a las vías de comunicación ya existentes, lo que se traduce en mayores oportunidades de bienestar para la población en general.

## CARRETERAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES

Cuando se terminó de unir por medio de la red de carreteras la capital de la República con las de los estados, ciudades fronterizas y puertos principales, y ante el empuje de las fuerzas económicas y sociales, el crecimiento demográfico y la expansión de la industria automotriz, las carreteras se saturaron, motivando que el Gobierno Federal construyera en 1952 un nuevo camino entre México y Cuernavaca el cual entregó para su operación a una Sociedad Anónima de participación estatal.

Posteriormente en 1954 se hizo lo mismo en el tramo de Cuernavaca a Amacuzac así como en el de México a Palmillas en 1958.

El 31 de julio de ese año, por acuerdo presidencial se creó el organismo descentralizado *Caminos Federales de Ingresos* cambiando posteriormente su nombre, en virtud de otro decreto de fecha 27 de junio de 1963, por el de *Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos*, ampliando así su campo de acción al de servicio de transbordadores.

Las carreteras de altas especificaciones que operan en la República Mexicana fueron proyectadas para mejorar los índices de seguridad, de velocidad y economía. Cuentan con mejores especificaciones geométricas de curvatura, mayor distancia de visibilidad, pendiente moderadas, señalamientos adecuados, mayores dimensiones de sus carriles y acotamientos, características que las convierten en mejores y más seguras.

Tienen control de acceso a lo largo de su recorrido, ya que el derecho de vía se encuentra protegido por alambradas, cuenta con tramos a desnivel para cruce de peatones, de ferrocarriles y de otros caminos y su trazo permite a los usuarios el ahorro en tiempo y dinero.

El sistema de carreteras de altas especificaciones ha permitido solucionar problemas de congestionamiento en las vías libres, de las que son rutas alternas y alivian por medio de la cuota la presión financiera directa sobre el presupuesto gubernamental, además contribuye al crecimiento económico de las regiones del país, y se convierten en agentes de desarrollo, por lo que se justifica plenamente su construcción.

## **INFRAESTRUCTURA CARRETERA**

### **Introducción**

El sistema nacional de carreteras constituye el principal medio de desplazamiento de personas y bienes y es, al mismo tiempo, un instrumento primordial para la integración social, económica y cultural de la nación.

En este sistema se sustentan, en gran medida, las cadenas de producción y distribución de mercancías en todo el territorio, al igual que los sectores generadores de divisas, como el exportador y el de turismo. Representa también, un importante instrumento de desarrollo social, pues comunica a poblaciones aisladas y dispersas, y facilita el acceso de sus habitantes a los servicios básicos.

Con una extensión de 303,262 kilómetros, las carreteras enlazan a las capitales de los estados; cabeceras municipales, zonas urbanas y rurales, puertos, fronteras y aeropuertos así como a los principales centros de producción y consumo. La mayor parte del flujo terrestre de pasajeros y carga circula por este sistema que atiende el 98.5 % del movimiento doméstico de pasajeros y más del 85 % del de carga terrestre.

<b>SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS</b>			
<b>(Año 2000)</b>			
<b>Clasificación</b>	<b>Pavimentadas (km)</b>	<b>No Pavimentadas (km)</b>	<b>Total (km)</b>
<b>Red Federal</b>	<b>47 260</b>	<b>651</b>	<b>48 611</b>
Libre (A cargo de la SCT)	42 277 <sup>1</sup>	651	42 928
Autopistas de cuota	5 683	0	5 683
A cargo de capufe	1 420	0	1 420
Concesionadas a particulares	3 176	0	3 176
<b>Red estatal</b>	<b>44 458</b>	<b>12 201</b>	<b>56 659</b>
Libre	43 853	12 201	56 054
Autopistas de cuota	605	0	605
<b>Caminos rurales</b>	<b>3 527</b>	<b>143 929</b>	<b>147 456</b>
A cargo de la SCT	1 845	73 433	75 278
A cargo de gobiernos de los estados	1 127	25 307	26 434
A cargo de otros	555	45 189	45 744
<b>Brechas</b>	<b>0</b>	<b>50 536</b>	<b>50 536</b>
<b>TOTAL</b>	<b>95 945</b>	<b>207 317</b>	<b>303 262</b>

Fuente: <sup>1</sup> SCT. Dirección General de Evaluación

Incluye 95 kilómetros que atienden principalmente FONATUR y CFE

**Cuadro 1.1.**

<b>PRINCIPALES EJES TRONCALES</b>	
1.	México - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Guaymas - Hermosillo - Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas y Tijuana.
2.	México - Querétaro - San Luis Potosí - Saltillo - Monterrey - Nuevo Laredo, con ramales a Reynosa y Piedras Negras.
3.	Querétaro - Irapuato - León - Lagos de Moreno - Aguascalientes - Zacatecas - Torreón - Chihuahua - Ciudad Juárez.
4.	Acapulco - Cuernavaca - México - Pachuca - Tuxpan - Tampico - Matamoros.
5.	México - Puebla - Coahuila - Campeche - Mérida - Cancún - Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas.
6.	Mazatlán - Durango - Torreón - Saltillo - Monterrey - Reynosa - Matamoros.
7.	Manzanillo - Guadalajara - Lagos de Moreno - San Luis Potosí - Tampico.
8.	Acapulco - Cuernavaca - Puebla - Veracruz.
9.	Veracruz - Tampico - Monterrey.
10.	Tijuana - Santa Rosalía - La Paz - Cabo San Lucas (Transpeninsular).

Fuente: SCT. Subsecretaría de Infraestructura.

**Cuadro 1.2.**

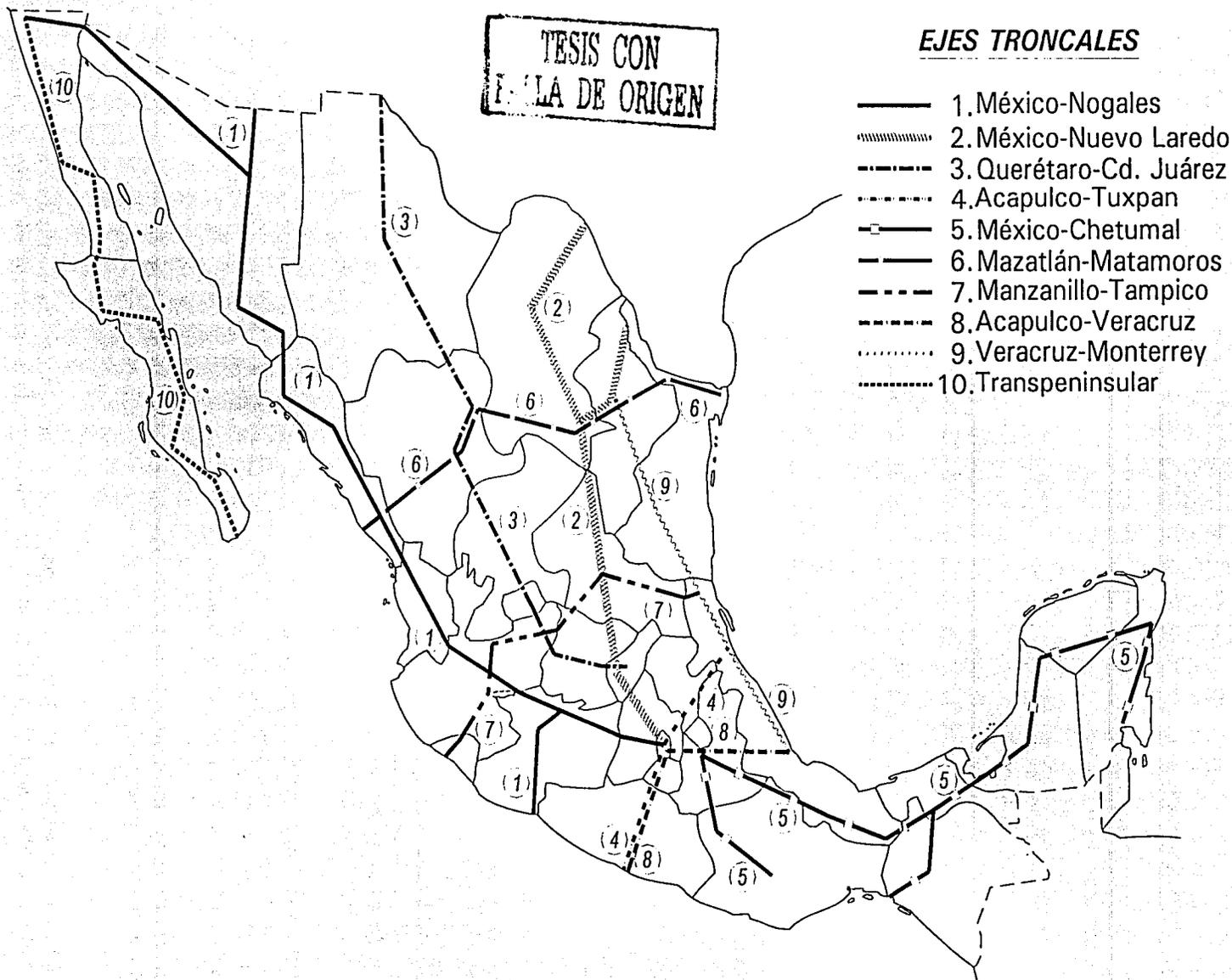


Figura 1.1. Esquematación de Ejes Troncales del país,

Esta infraestructura, cuya composición se presenta en el **Cuadro 1.1.**, se ha desarrollado durante las últimas décadas y constituye hoy parte fundamental del patrimonio nacional cuya preservación y aprovechamiento es de interés primordial para el país.

La red federal de carreteras, está constituida por 42,928 kilómetros de caminos libres y 5,683 kilómetros de autopistas de cuota. El 98.7 % de ella se encuentra pavimentada.

Dentro de esta red se han identificado 10 ejes troncales que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria, así como las más importantes localidades urbanas y centros turísticos a lo largo y ancho del país. En estos ejes, existen tramos con volúmenes diarios de tránsito que oscilan entre 2,000 y 30,000 vehículos.

Por su parte, la infraestructura estatal consta de 56,054 kilómetros libres y 605 de cuota. Del total, el 78.5 % está pavimentado.

Además, el sistema nacional de carreteras cuenta con 147,456 kilómetros de caminos rurales, de los que alrededor del 50 % son atendidos por la SCT.

Por último, se tienen identificados más de 50 mil kilómetros de brechas que, por sus características, sólo son transitables en determinadas épocas del año.

A continuación se presenta un diagnóstico del sistema nacional de carreteras, en especial sobre la red federal libre, las autopistas de cuota y los caminos rurales. Para resolver la problemática se plantean los objetivos a alcanzar así como las estrategias y líneas de acción necesarias para su consecución.

## **DIAGNÓSTICO**

### **Red Federal Libre**

La red federal libre a cargo de la SCT tiene 40,109 kilómetros de carreteras de dos carriles, 2,619 de cuatro carriles, y 200 de más de cuatro carriles de circulación.

El 53 % de estas carreteras tiene más de 30 años de servicio, mientras que tan sólo el 11 % se construyó hace menos de 15 años. Con el paso del tiempo, los volúmenes de tránsito han aumentado gradualmente, de tal forma que hoy el 21 % de la red soporta tránsitos superiores a 5 mil vehículos diarios.

Del total de la red, aproximadamente el 50 por ciento atiende los grandes flujos del movimiento troncal nacional, en tanto que el resto cumple una función de carácter regional.

Un elemento a considerar es que los pesos y dimensiones de los vehículos autorizados para circular por las carreteras libres han crecido significativamente sin que se hayan

modificado en forma paralela las características estructurales y geométricas de los caminos. Por ejemplo, en 1960 el automotor más grande y pesado era de tres ejes y 10 toneladas, lo que contrasta con los vehículos de nueve ejes y 66.5 toneladas autorizados en 1994.

Por otra parte, el mal estado de los pavimentos genera un sobrecosto de operación de los vehículos que, según estudios del Instituto Mexicano del Transporte, se estima en alrededor de 6 mil millones de pesos anuales, derivado del incremento en el consumo de combustibles, lubricantes, llantas y refacciones, así como por el acelerado deterioro de la flota vehicular.

Durante los últimos años, las inversiones destinadas a la conservación, reconstrucción, modernización y ampliación de la red federal libre han sido insuficientes, dada su gran extensión, su estado físico, el constante incremento de los volúmenes de tránsito y los efectos recurrentes de fenómenos naturales. Como consecuencia de lo anterior, esta infraestructura ha experimentado un progresivo deterioro. Si bien, a partir de 1993 los niveles de inversión han evitado mayores daños a su estado físico, ello no ha permitido recuperar los rezagos acumulados en este importante renglón.

### **Estado Físico de la Red Federal Libre**

Las carreteras federales presentan otros problemas. Algunos de ellos inciden en la seguridad de los usuarios. Destacan en este sentido la obsoleta geometría de algunos tramos, que se manifiesta en curvas cerradas y pendientes pronunciadas, y la existencia de entronques a nivel entre vías transitadas.

Por lo que se refiere a la señalización, su escaso mantenimiento, la falta de oportunidad en la reposición de señales, así como la ausencia de ellas en determinados sitios conflictivos, se traduce en punto crítico para la seguridad.

Es de mencionarse que el uso indebido del derecho de vía en las carreteras se ha convertido en un factor de riesgo que afecta la seguridad en el transporte y dificulta los trabajos de su modernización, conservación y mantenimiento así como el desarrollo ordenado de los servicios conexos.

EJE	Longitud en kilómetros			Tramos por modernizar
	Total	Modernizada	Faltante	
México - Guadalajara - Tepic - Mazatlán - Guaymas - Hermosillo - Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas y Tijuana	3 036	1 976	1 060	Entronque San Blas-Villa Unión (227 km) San Luis Río Colorado-Sonoyta (200 km) Santa Ana-Caborca-Sonoyta (254 km) La Rumorosa-Tecate (54 km) Pátzcuaro-Uruapan (56 km) Uruapan-Lázaro Cárdenas (269 km)
México - Querétaro - San Luis Potosí - Saltillo - Monterrey - Nuevo Laredo, con ramales a Reynosa y Piedras Negras	1 816	1 094	722	San Luis Potosí-Puerto México (393 km) Saltillo-Castaños (170 km) Monclova-Sabinas (90 km) Agujita-Allende (55 km) Allende-Nava (14 km)
Querétaro - Irapuato - León - Lagos de Moreno - Aguascalientes - Zacatecas - Torreón - Chihuahua - Cd. Juárez	1 610	1 293	317	Aguascalientes-Zacatecas (111 km) Ent. Ramón López Velarde-Cuencamé (206 km)
Acapulco - Cuernavaca - México - Tuxpan - Tampico - Matamoros <sup>1</sup>	1 044	202	842	Pirámides-Tehuacán (185 km) Tuxpan-Tampico (193 km) Tres Marias-Estación Manuel (47 km) Est. Manuel-Soto La Marina (148 km) Soto La Marina-Matamoros (269 km)
México - Puebla - Coahuila - Campeche - Mérida - Cancún - Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas	2 806	1 607	1 199	Agua Dulce-Cárdenas (82 km) Villahermosa-Cd. del Carmen (168 km) Cd. del Carmen-Champotón (147 km) Campeche-Mérida (192 km) Cárdenas-P. Nezahualcoyotl (132 km) Ocozacoautla-Las Cruces (67 km) Las Cruces-Arriaga (47 km) Cancún-Chetumal (379 km)

**Cuadro 1.3. Ejes Troncales y tramos por modernizar (Continúa en la siguiente página)**

EJE	Longitud en kilómetros			Tramos por modernizar
	Total	Modernizada	Faltante	
Mazatlán - Durango - Torreón - Saltillo - Monterrey - Reynosa - Matamoros <sup>1</sup>	753	388	365	Mazatlán-Durango (294 km) Reynosa-Matamoros (71 km)
Manzanillo - Guadalajara - Lagos de Moreno - San Luis Potosí - Tampico <sup>1</sup>	908	381	527	Lagos de Moreno-San Luis Potosí (130 km) San Luis Potosí-Cd. Valles (259 km) Cd. Valles-Tampico (138 km)
Acapulco - Cuernavaca - Puebla - Veracruz <sup>1</sup>	446	344	102	Atlixco-Alpuyeca (102 km)
Veracruz - Tampico - Monterrey <sup>1</sup>	737	192	545	Cardel-Nautla (122 km) Nautla-Poza Rica (97 km) Est. Manuel-Cd. Victoria (162 km) Cd. Victoria-Linares (164 km)
Transpeninsular de Baja California	1 738	200	1 538	R. Sánchez Taboada-Gro. Negro (592 km) Guerrero Negro-La Paz (770 km) La Paz-Entronque Aeropuerto San José del Cabo (176 km)
<b>TOTAL</b>	<b>14 894</b>	<b>7 677</b>	<b>7 217</b>	

Fuente: SCT. Dirección General de Evaluación. (2000)

<sup>1</sup> Las longitudes no toman en cuenta tramos que comparten con otros ejes

**Cuadro 1.3. Ejes Troncales y tramos por modernizar (Viene de la página anterior)**

A partir de la década de los ochenta, las inversiones asignadas a la construcción de nuevas carreteras han conducido tan sólo a un crecimiento marginal de la red federal libre. Además, han tendido a diluirse en un considerable número de obras en las que se avanzó con lentitud. Dado que la expansión sostenida de esta infraestructura se ha dificultado, su cobertura es todavía insuficiente a lo largo de las fronteras y de algunos ejes transversales de comunicación. Contribuye en este sentido, la falta de libramientos que den continuidad al tránsito interurbano y de accesos que mejoren la conexión de las carreteras con la vialidad urbana, y con puertos marítimos y enlaces fronterizos.

De los 7,217 kilómetros pendientes de modernizar dentro de los ejes troncales, hay alrededor de 3,000 kilómetros a los que debe darse atención preferente en razón de sus actuales condiciones de servicio y de su utilización creciente prevista para el corto plazo. De igual manera, existen tramos que, a pesar de no pertenecer a los ejes troncales, también requieren de acciones de modernización en el futuro cercano.

Por último, desde el punto de vista institucional, se debe reconocer la presencia de otros factores que afectan el desarrollo de los programas carreteros como son: la falta de personal calificado, la desactualización de las normas técnicas, la insuficiencia de estudios básicos y proyectos ejecutivos y el debilitamiento de los sistemas de planeación, control y supervisión de obras.

#### Autopistas de cuota

La red de autopistas de cuota, conformada por las que opera *Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE)* y las concesionadas, tiene una extensión total de 5,683 kilómetros, de los cuales 867 son de dos carriles; 4,795 de cuatro; y 21 de seis o más carriles de circulación.

Durante los últimos años, se avanzó sustancialmente en la integración de esta red mediante concesiones en que se cuenta con una importante participación del sector privado. Las autopistas de cuota que actualmente están en operación aparecen en el cuadro siguiente:

AUTOPISTAS FEDERALES DE CUOTA EN OPERACION		Long. (km)
Autopista		
AUTOPISTAS CONCESIONADAS OPERADAS POR CAPUFE	Atlacomulco-Maravatio	64
	Guadalajara-Colima	148
	México-Cuernavaca y tramos complementarios	182
	Tepic-Entronque San Blas	25
	Tihuatlán-Tuxpan, Puente Tuxpan y México-Pachuca	129
	<b>OTRAS AUTOPISTAS OPERADAS POR CAPUFE</b>	<b>872</b>
	<b>Total</b>	<b>1 420</b>

Cuadro 1.4. Ejes Troncales y tramos por modernizar (Continúa en la página siguiente)

**AUTOPISTAS FEDERALES DE CUOTA EN OPERACION**

Autopista		Long. (km)
AUTOPISTAS CONCESIONADAS AL SECTOR PRIVADO	Armería-Manzanillo	37
	Arriaga-Huixtla y Libramiento Tonalá y Huixtla	220
	Cadereyta-Reynosa	175
	Chamapa-Lechería	27
	Champotón-Campeche	38
	Constituyentes y Reforma-La Marquesa	21
	Córdoba-Veracruz	108
	Cuernavaca-Acapulco	263
	Durango-Yerbanís	105
	Ecatepec-Pirámides	22
	Guadalajara-Tepic	194
	Guadalajara-Zapotlanejo	26
	Kantunil-Cancún	240
	La Tinaja-Cosoleacaque	228
	León-Lagos de Moreno-Aguascalientes	116
	Libramiento de Manzanillo	19
	Libramiento Oriente de San Luis Potosí	34
	Libramiento Poniente de Tampico	14
	Maravatio-Zapotlanejo	311
	Mazatlán-Culiacán	207
	Mexicali-Tecate y Libramiento de Mexicali	46
	Monterrey-Nuevo Laredo	146
	Puente El Zacatal-Cd. del Carmen	4
	Puente Internacional Zaragoza-Ysleta	7
	San Martín Texmelucan-Tlaxcala	26
Tijuana-Tecate y Libramiento Tecate	38	
Torreón-Cuencamé-Yerbanís	119	
Torreón-Saltillo	233	
Zapotlanejo-Lagos de Moreno	152	
<b>Total</b>	<b>3 176</b>	

*Cuadro 1.4. Ejes Troncales y tramos por modernizar (Continúa en la página siguiente)*

**AUTOPISTAS FEDERALES DE CUOTA EN OPERACION**

		<b>Long. (km)</b>
<b>Autopista</b>		
<b>AUTOPISTAS CONCESIONADAS A GOBIERNOS DE LOS ESTADOS</b>	Camargo-Jiménez y El Sueco-Villa Ahumada	188
	Carbonera-Puerto México "Los Chorros"	34
	Cardel-Veracruz y Libramiento de Cardel	31
	Delicias-Camargo	65
	Estación Don-Nogales	469
	Gómez Palacio-Jiménez	184
	Libramiento Calera-Víctor Rosales	9
	Libramiento de Fresnillo PPP	19
	Libramiento Nororiente de Querétaro	37
	Libramiento Oriente de Saltillo	22
	Peñón-Texcoco	16
	Puente Internacional Libre Comercio	4
	Puente Internacional Reynosa-Pharr	8
	Puente Internacional Solidaridad-Colombia	1
	Puente San Miguel (Río Fuerte)	-
<b>Total</b>		<b>1 087</b>
<b>TOTAL DE AUTOPISTAS CONCESIONADAS EN OPERACION</b>		<b>4 263</b>
<b>AUTOPISTAS OPERADAS POR CAPUFE</b>		<b>1 420</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5 683</b>

*Cuadro 1.4. Ejes Troncales y tramos por modernizar (Viene de las páginas anteriores)*

## I.2. REGISTRO DE ACCIDENTES

### Generalidades.

Aunque el transporte automotor ha venido a facilitar la vida del hombre y a influir notablemente en sus actividades sociales y económicas, ha llegado sin embargo a constituir una importante causa de accidentes en carreteras ocasionando a nivel mundial, aproximadamente, 500,000 muertos por año y 15 millones de personas lesionadas. Esto ha despertado gran inquietud en los especialistas, los cuales consideraron que del 70 % al 90 % de estos accidentes se deben a errores humanos; en este sentido se han planeado acciones que permiten coadyuvar a mejorar la seguridad en las carreteras a partir de estudios, proyectos, construcción y administración de sistemas de carreteras.

De estos estudios, el más relevante es el que se refiere a los accidentes donde las diversas soluciones aplicadas, de acuerdo a un diagnóstico real de la problemática, pueden rendir valiosos resultados al salvar vidas, evitando en gran medida el número de lesionados y el ahorro de grandes pérdidas económicas.

En un estudio del *Instituto Mexicano del Transporte (IMT)*, nos dice que el tránsito que circula por una carretera se debe considerar como un Sistema que se compone por tres elementos: Conductor, Vehículo y Camino; los cuales interactúan entre sí para generar un accidente.

### Estudio de Accidentes

El problema de los accidentes en carreteras implica considerar tres importantes elementos por analizar:

- Falla Operacional
- Magnitud del Problema
- Causa aparente de los Accidentes

Al llevar a cabo estudios para reducir los accidentes viales se requiere de:

- Una adecuada legislación y vigilancia
- Mayor seguridad de los vehículos
- Una mejor preparación de los usuarios
- Condiciones que permitan una mejor operación del sistema vial

La intervención del proyectista de caminos es muy pequeña en las tres primeras condiciones, pero determinante sobre la última.

Actualmente se cuenta con la información necesaria para la elaboración de proyectos que considere claramente los distintos factores concurrentes en la operación de un vehículo, dentro de las necesidades y limitaciones del usuario. Sin embargo se ha comprobado que en un 85.50 % la causa principal se atribuye al conductor de acuerdo con las siguientes categorías:

- Psicológicas
- Físicas y fisiológicas
- Problemas de instrucción de manejo
- Trastornos psicofísicos y transitorios
- Agentes inhibidores de la prudencia y de la inexperiencia

A continuación se describen cada una de ellas:

**PSICOLÓGICAS.-** Se refieren a problemas de atención, actitudes antisociales, enfermedades mentales, e inestabilidad emocional.

**FÍSICAS O FISIOLÓGICAS.-** Se refieren a insuficiencias sensoriales, alteraciones orgánicas transitorias (lipotimias, náuseas, mareos), enfermedades como diabetes o insuficiencia cardíaca, entre otros.

**PROBLEMAS DE INSTRUCCIÓN DE MANEJO.-** Se sabe que el conductor con poca experiencia presenta un porcentaje mayor de accidentes, ya que se desgasta con estímulos poco significativos o por errores en la toma de decisiones; por esta causa se hace necesario analizar el proceso para otorgar licencias a partir de exámenes prácticos, aplicación de reglamentos y leyes efectivas.

**TRANSTORNOS PSICOFÍSICOS TRANSITORIOS.-** Son alteraciones provocadas por el estrés, fatiga, sueño, drogas, alcohol, depresión o fármacos.

**AGENTES INHIBIDORES DE LA PRUDENCIA Y DE LA INEXPERIENCIA.-** Se refieren al optimismo del conductor el cual cree conducir mejor que nadie y no advierte los incidentes como peligrosos, por el contrario fortalece su conducta y la esquematiza como idónea.

Otras causas que pueden provocar accidentes son:

- Condiciones del camino
- Falla del vehículo
- Agentes naturales
- Imprudencia del pasajero o peatón

A continuación mostramos el porcentaje en que intervienen en forma cuantitativa los factores que generan los accidentes:

FACTOR	PORCENTAJE (%)
Condiciones del camino	4.20
Actitud del conductor	85.50
Falla del vehículo	6.77
Agentes naturales	3.53
	<hr/> 100.00 %

**Cuadro 1.5. Factores que intervienen en los accidentes.**

A continuación se muestran los diferentes conceptos y su porcentaje en que participan en los factores antes mencionados:

CONDICIONES DEL CAMINO	
CAUSAS	PORCENTAJE (%)
Invasión de animales	41.00
Desperfectos del camino	8.00
Falta de señales	5.00
Otras	46.00
	<hr/> 100.00 %

**Cuadro 1.6. Condiciones del camino como causales de accidentes.**

COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR	
CAUSAS	PORCENTAJE (%)
Exceso de velocidad	64.00
Rebase indebido	4.00
Invasión de carril contrario	10.00
No guardar distancia adecuada	7.00
Estado alcohólico	2.00
Bajo el efecto de drogas	0.20
Dormitar	2.50
Deslumbramiento	0.20
Exceso de dimensiones	0.10

**Cuadro 1.7. Comportamiento del conductor como causal de accidentes (Continúa en la página siguiente).**

**COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR**

CAUSAS	PORCENTAJE (%)
Sobrecupo o sobrecarga	0.30
Mal estacionado sin luces	0.70
No respetar señalamiento	4.00
Pasajero o peatón	7.00
	100.00 %

*Cuadro 1.7. Comportamiento del conductor como causal de accidentes  
(Viene de la página anterior).*

**FALLAS DEL VEHÍCULO**

CAUSAS	PORCENTAJE (%)
Llantas	45.00
Frenos	13.00
Dirección	10.00
Suspensión	6.00
Luces	4.00
Ejes	9.00
Transmisión	3.50
Motor	10.20
	100.00 %

*Cuadro 1.8. Fallas del vehículo como causales de accidentes.*

**AGENTES NATURALES**

CAUSAS	PORCENTAJE (%)
Lluvia	91.00
Niebla	7.00
Nieve o Granizo	2.00
	100.00 %

*Cuadro 1.9. Agentes naturales como causales de accidentes.*

Es por ello, que al proyectar una carretera debe pensarse siempre en el individuo como módulo de proyecto con todas sus facultades y limitantes con el fin de proporcionarle un camino que corresponda a sus necesidades y reduzca el número de accidentes.

De igual manera se deben considerar los intereses de quien viaja con fines económicos, sociales o recreativos y desea hacerlo en forma cómoda, segura y en el menor tiempo posible.

Para poder llevar a cabo el estudio de accidentes debemos de contar con el informe que realiza la Policía Federal Preventiva que es la institución responsable de rendir un informe del accidente de tránsito, que es la base de la estadística vital del tránsito y de acuerdo con ello los informes perfilan la causa aparente del accidente hasta en tanto el análisis correspondiente dictamine la causa real.

Para determinar las causas reales del accidente, se debe analizar con detenimiento éste, ya que esto nos permite saber si la falla dependió de la carretera, el vehículo o el usuario, lo cual implica elaborar un diagrama de colisiones.

Al obtener estadísticas de accidentes, debemos de relacionar los saldos de muertos y heridos proporcionalmente con la población, los vehículos o con el kilometraje recorrido de donde se obtienen índices que permiten hacer comparaciones acerca del comportamiento de la "accidentabilidad" en carreteras que darán la escala para determinar la magnitud del problema.

Los indicadores utilizados se muestran en las siguientes tablas:

	1.- Índices con respecto a la Población (p)	2.- Índices con respecto al Parque Vehicular (v)
Índice de Accidentabilidad	$I_{a/p} = \frac{\text{No. de accidentes en un año} \times 100\ 000}{\text{No. de Habitantes}}$	$I_{a/v} = \frac{\text{No. de accidentes en un año} \times 10\ 000}{\text{No. de Vehículos Registrados}}$
Índice de Morbilidad	$I_{morb/p} = \frac{\text{No. de heridos en un año} \times 100\ 000}{\text{No. de Habitantes}}$	$I_{morb/v} = \frac{\text{No. de heridos en un año} \times 10\ 000}{\text{No. de Vehículos Registrados}}$
Índice de Mortalidad	$I_{mort/p} = \frac{\text{No. de muertos en un año} \times 100\ 000}{\text{No. de Habitantes}}$	$I_{mort/v} = \frac{\text{No. de muertos en un año} \times 10\ 000}{\text{No. De Vehículos Registrados}}$

**Cuadro 1.10. Índices de Accidentabilidad, Morbilidad y Mortalidad**

3. Índices de Accidentabilidad con respecto al kilometraje.	$I_{a/k} = \frac{\text{No. de accidentes en un año} \times 1'000\ 000}{VK}$
4. Índices de Accidentabilidad con respecto al número de vehículos que entran a una intersección.	$I_{a/vei} = \frac{\text{No. de accidentes en un año} \times 1'000\ 000}{V}$
5. Índices de Severidad en intersecciones (IS).	$IS = \frac{NADe \times 1'000\ 000}{TDP (365)}$

**Cuadro 1.11. Índices de Accidentabilidad y Severidad.**

Donde  $VK = TDP(365) \cdot (L)$

TDP = Tránsito Diario Promedio

L = Longitud del Viaje

V = Número de vehículos que entran en una intersección.

NADe= No. de Accidentes por daños materiales, heridos y muertos

### Estadística de Accidentes

En México el problema del tránsito ha pasado a adquirir importancia nacional, ya que como se puede ver en la siguiente tabla, los saldos sangrientos y las pérdidas económicas por accidentes de tránsito han pasado a ocupar el primer plano. A continuación se muestra el número de accidentes registrados en las carreteras de la República Mexicana;

AÑO	ACCIDENTES	LESIONADOS	DECESOS	DAÑOS MATERIALES (\$)
1980	59 994	31 364	6 112	2'916 015.00
1981	56 610	27 076	5 085	6'495 723.00
1982	57 016	27 543	5 155	6'407 987.00
1983	47 027	22 937	4 136	10'069 783.00
1984	50 847	25 289	4 345	17'384 041.00
1985	54 723	27 881	4 627	29'857 342.00
1986	42 902	20 846	3 342	39'772 083.00
1987	51 199	28 133	4 695	104'399 792.00
1988	54 973	30 459	4 863	269'551 584.00
1989	59 549	34 698	5 139	367'424 252.00
1990	65 001	36 160	5 469	444'869 861.00
1991	68 113	36 642	5 734	554'770 679.00
1992	66 728	37 416	5 481	627'326 071.00
1993	63 804	35 461	5 252	636'784 737.00
1994	65 155	36 268	5 115	669'884 138.00
1995	58 270	33 860	4 678	671'518 736.00
1996	58 156	33 325	4 810	762'120 920.00
1997	61 147	34 959	4 975	998'950 780.00
1998	60 951	35 086	5 064	1 236'103 870.00
1999	60 507	36 528	5 106	1 513'826 760.00
2000	61 151	38 436	5 224	1 548'811 397.00

Cuadro 1.12. Estadística de accidentes, lesionados, decesos y daños materiales.

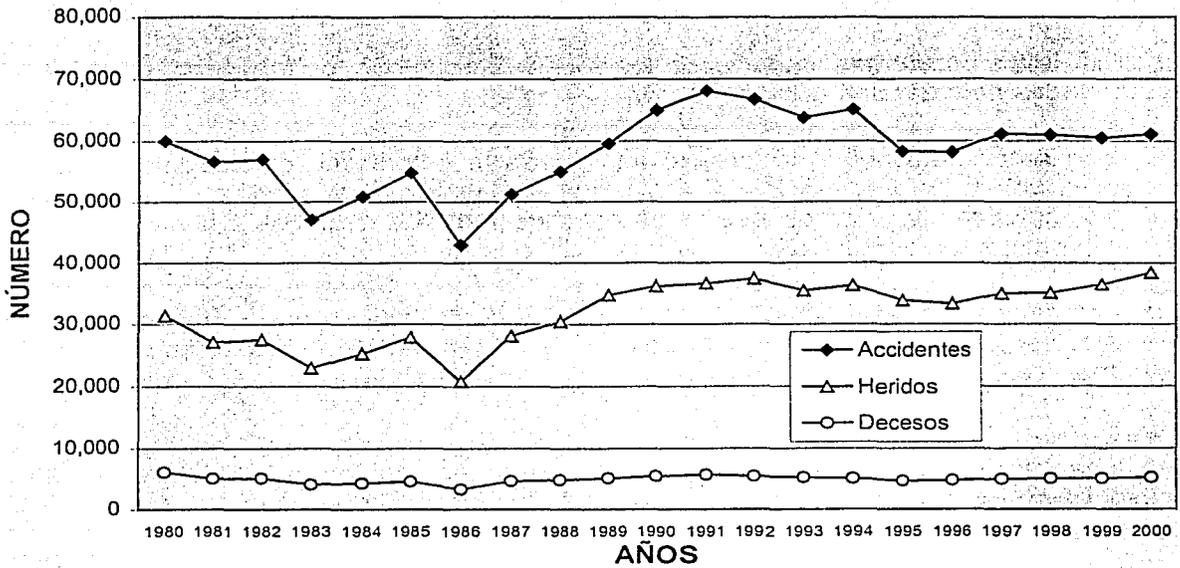


Figura 1.2. Evaluación de accidentes, heridos y decesos en las dos décadas anteriores.

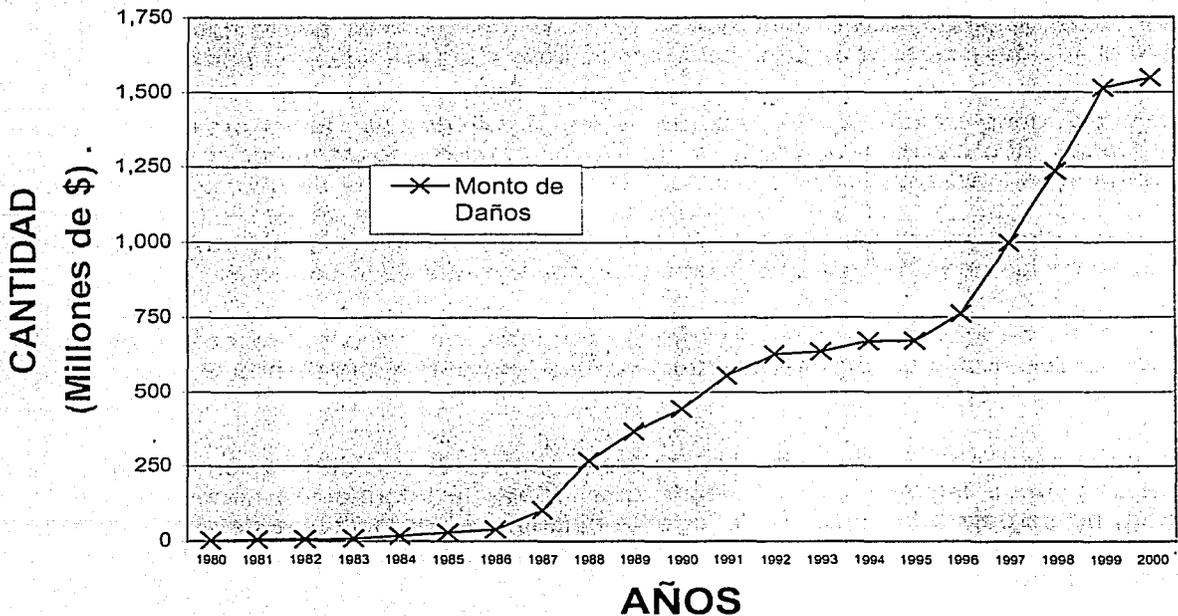


Figura 1.3. Variación del Monto de Daños Materiales en dos décadas anteriores.

## Análisis de los Accidentes

El análisis de los accidentes, conociendo los tipos y causas que los provocan, permitirá a las autoridades efectuar una labor correctiva.

En las carreteras nacionales el correcto análisis de la estadística de accidentes es de incalculable valor. La frecuencia de accidentes en determinadas zonas o en ciertas carreteras indicarán los puntos que requerirán los estudios técnicos, mayor vigilancia policiaca y campañas educativas.

De la estadística de accidentes en la carretera controladas por la Policía Federal Preventiva, se deduce cuales son las rutas que merecen mayor atención, las causas de accidentes que deben contrarrestarse y la magnitud del problema.

Las estadísticas de accidentes tienen como base la intervención personal del agente de la ley en la carretera, traducido en un informe escrito que debe de contener todos los detalles del caso. La finalidad primordial de este informe es la de permitir que terceras personas se formen un juicio de los hechos ocurridos.

De lo anterior se desprende la gran importancia que tiene el informe del accidente. De su veracidad o de su falla depende la fidelidad o fracaso de la estadística y el análisis de la misma, aparte del uso que se le da para fines legales.

Fundamentalmente, el informe de accidentes debe aclarar las preguntas ¿qué?, ¿dónde? ¿cuándo? y ¿cómo?. Debe contener los detalles que ilustren claramente que ocurrió, desde el tipo de accidente hasta el saldo en víctimas y las pérdidas económicas.

El informe debe ubicar los hechos en forma detallada, es decir, debe precisar las condiciones del medio ambiente en donde ocurrieron, describiendo con detalle las circunstancias físicas de la carretera; también se debe ubicar el tiempo, precisar fecha y hora de lo ocurrido, y finalmente el informe debe dar una crónica de los hechos, resaltando en forma clara y concisa como ocurrió el accidente y que participación tuvieron todas y cada una de las personas o los vehículos y las condiciones de la carretera.

Estos datos permiten al agente de tránsito formarse un juicio sobre el terreno de los hechos lo que a su vez permite asentar la causa aparente y también la violación que se haya hecho del reglamento.

La experiencia ha demostrado que los mejores informes de accidentes son los elaborados sobre una forma impresa bien planeada que incluya la información necesaria. De esta manera no se deja a la memoria del agente ninguno de los múltiples detalles que deben incluirse como fecha, hora, ubicación de los vehículos, diagramas, descripción, saldo de víctimas y pérdida económica.

Actualmente, para llevar a cabo el análisis y las estadísticas de los accidentes, la *Policía Federal Preventiva* cuenta con el formato siguiente:

**COMANDANCIA GENERAL DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS**

**COMANDANTE GENERAL ARTURO JIMENEZ MARTINEZ** **REPORTE DE HECHO**

**CALZADA DE LAS BOMBAS No. 411 COL. SAN BARTOLO COAPA** **DE TRANSITO TERRESTRE**

**COYOACAN MEXICO, D.F..** **HOJA No**

DESTACAMENTO		ENTIDAD		REGION		DISTRITO	
<b>A</b>	HORA	DIA	MES	ANO	DIA DE LA SEMANA	KM	CAMINO NOMBRE Y No.
<b>B</b> TRAYECTORIA ANTERIOR AL ACCID.				VICTIMAS	VEH	M	VEH
VEH No	CON DIRECCION A:		EN EL CAMINO		VEH No.	CON DIRECCION A:	
PEATON	IBA DESDE (LADO O ESQUINA)		HACIA (LADO O ESQUINA)		EN EL CAMINO		HOJAS EXTRA DE REPORTE DE ACCIDENTE
<b>C</b>	VEH. No.	TIPO	MARCA	MODELO	COLOR	No. DE IDENTIFICACION	PLACAS
ENTIDAD-VIGENCIA		CAPACIDAD	CARGADO CON	CARTA PORTE	No. ECO.	EMPRESA	
TIPO DE SERVICIO		AUTORIZACION No.	EXPEDIDA POR (D.G.T.)	VIGENCIA	POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA)		
PROPIETARIO				DOMICILIO			
CONDUCTOR				DOMICILIO			
SEXO	NACIONALIDAD	EDAD	FECHA DE NAC.	LIC. TIPO Y No.	ENTIDAD	VIGENCIA	VEH. RECOGIDO POR
<b>D</b>		VEH. No.	TIPO	MARCA	MODELO	COLOR	No. DE IDENTIFICACION
ENTIDAD-VIGENCIA		CAPACIDAD	CARGADO CON	CARTA PORTE	No. ECO.	EMPRESA	
TIPO DE SERVICIO		AUTORIZACION No.	EXPEDIDA POR (D.G.T.)	VIGENCIA	POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA)		
PROPIETARIO				DOMICILIO			
CONDUCTOR				DOMICILIO			
SEXO	NACIONALIDAD	EDAD	FECHA DE NAC.	LIC. TIPO Y No.	ENTIDAD	VIGENCIA	VEH. RECOGIDO POR
<b>E</b>		DATOS DE LOS SEMIREMOLQUES		No. IDENTIFICACION		PLACAS	ENTIDAD Y VIGENCIA
VEH		TIPO		MARCA		CAPACIDAD	
<b>F</b>		CLASIFICACION DEL ACCIDENTE		No. IDENTIFICACION		PLACAS	ENTIDAD Y VIGENCIA

- SALIDA DEL CAMINO
- VOLCADURA
- CAIDA DE PASAJERO
- INCENDIO
- CHOQUE
- ATROPELLAMIENTO
- OTRO

- COLISION SOBRE EL CAMINO**
- PEATON (ATROPELLAMIENTO)
  - VEHICULO MOTOR EN TRANSITO
  - VEHICULO MOTOR POR ALCANCE
  - VEHICULO MOTOR ESTACIONADO
  - TREN
  - BICICLETA
  - OBJETO FIJO
  - SEMOVIENTE
  - OTROS OBJETOS

**G CIRCUNSTANCIAS QUE CONTRIBUYERON DEL COND.**

- IMPRUDENCIA O INTENCION
- VELOCIDAD EXCESIVA
- INVADIO CARRIL CONTRARIO
- REBASO INDEBIDAMENTE
- NO RESPETO SEÑAL DE ALTO
- NO RESPETO SEMAFORO
- NO CEDIO EL PASO
- NO GUARDO DISTANCIA
- VIRO INDEBIDAMENTE
- MAL ESTACIONAMIENTO
- ESTADO DE EBRIEDAD
- BAJO EFECTO DE DROGAS
- DORMITANDO
- DESLUMBRAMIENTO

**DEL VEHICULO**

LLANTAS

- FRENOS
- DIRECCION
- SUSPENSION
- LUCES
- EJES
- TRANSMISION
- MOTOR
- SOBRECUPU O SOBRECARGA
- EXCESO DE DIMENSIONES

- DEL CAMINO**
- IRRUPCION DEL GANADO
  - DESPERFECTOS
  - FALTA DE SEÑALES
  - OBJETIVOS EN EL CAMINO
  - MOJADO
  - RESBALOSO
  - OTRO

- AGENTE NATURAL**
- LLUVIA
  - NIEVE O GRANIZO
  - NIEBLA O HUMO
  - TOLVANERA
  - VIENTOS FUERTES
  - OTROS

**H DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

	1	CARRIL(ES)
	2	
	3	
	4	
5 Ó MAS		
	1	ESPACIO DIVISORIO CARRIL(ES) EN UN SENTIDO
	2	
	3	
	4	
5 Ó MAS		

- ACOTAMIENTO(S)
- VIA RAPIDA
- DE CUOTA
- BRECHA
- TERRACERIA
- TRAMO EN CONST.

**ALINEAMIENTO VERTICAL**

- PENDIENTE
- CIMA
- COLUMPIO
- A NIVEL

**HORIZONTAL**

- TANGENTE
- CURVA ABIERTA
- CURVA CERRADA
- ENTRONQUE
- PUENTE O TUNEL
- INTERSECCION
- CALLEJON
- ACCESO PRIVADO
- CRUCE DE FFCC
- ZONA PORTUARIA
- OTRO

**CONTROL DE TRANSITO**

- SEÑAL INFORMATIVA
- SEÑAL PREVENTIVA
- SEÑAL RESTRICTIVA
- SEMAFORO
- AGENTE O GUARDAVIA
- BARRERA O ISLETA
- RAYAS LATERALES
- RAYA CENTRAL
- VIBRADORES
- ABANDERAMIENTO
- BANDEREROS
- OTRO CONTROL
- SIN CONTROL

- LUZ**
- DE DIA
  - CREPUSCULO
  - DE NOCHE
  - ALUM. PUB.

**I QUE SE HACIA CON EL VEHICULO**

- SEGUIA DE FRENTE
- REBASABA
- VIRABA A LA DERECHA
- VIRABA A LA IZQUIERDA
- VIRABA EN "U"
- FRENABA
- DESPACIO
- INICIA MARCHA
- ENTRABA A VIA
- RETROCEDIA
- ESTACIONADO CORREC.
- ESTACIONADO INCORREC.
- CRUZABA
- OTRO

**J QUE HACIA EL PEATON O PASAJERO**

- ATRAVESABA
- SUBIA O BAJABA DEL VEH.
- CAMINABA EN SENT. DEL TRAN
- CAMINABA OPUESTO EL TRAN
- ESTABA PARADO
- JUGABA
- EMP. O TRAB. EN EL VEHICULO
- HACIA OTRA ACTIVIDAD
- SOBRE LA CARGA
- EN LUGAR DEST. A LA CARGA
- DENTRO DEL VEHICULO
- EN EL EXT. DEL VEHICULO
- SOBRE EL CAMINO
- FUERA DEL CAMINO

<b>K</b>	<b>CAUSAS DETERMINANTES</b>											
<b>L</b>	<b>VICTIMAS</b>								<b>TOTAL:</b>	<b>M:</b>	<b>L:</b>	
<b>VEH</b>	<b>NOMBRE</b>				<b>SEXO</b>	<b>EDAD</b>	<b>DOMICILIO</b>		<b>ML:</b>	<b>LLEVADO A:</b>		
<b>M</b>	<b>DAÑOS MATERIALES (ESTIMACION APROXIMADA)</b>											
<b>VEH.</b>			<b>\$</b>								<b>CAMINO</b>	
<b>VEH.</b>			<b>\$</b>								<b>OTRAS PROPIEDADES</b>	
<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>								<b>CARGA</b>	
<b>N</b>	<b>VEH</b>	<b>INFRACCION FOLIO No.</b>	<b>CONCEPTO</b>				<b>ARTICULOS VIOLADOS</b>	<b>GARANTIA</b>	<b>RADICACION (D.G.T.T.)</b>			
<b>O</b>	<b>COMPETENCIA JUDICIAL</b>											
PROCEDE LA _____ DE ESTOS HECHOS ANTE EL C. AGENTE DEL MINISTERIO PUBLICO DEL FUERO _____ EN: _____ SE ELABORO ACTA CONVENIO No. _____ (DE ACUERDO) ENTRE LAS PARTES INVOLUCRADAS; DANDO CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO EN LAS ARTS. 533 Y 536 DE LA L.V.G.C.												
<b>HORA</b>	OTRA AUTORIDAD PRESENTE EN EL LUGAR DE LOS HECHOS (INICIO ACTUACION)											
PERSONAS Y OBJETOS A DISPOSICION DEL MINISTERIO PUBLICO DEL FUERO COMUN O DE LA FEDERACION Y/U OTRAS AUTORIDADES EN:												
<b>P</b>	<b>COMPLEMENTARIAS</b>											
1os. AUX. TRASLADO		LLEVADO A:				FUENTE DE INFORMACION				<b>HORA</b>		
<b>I</b>			<b>U</b>			<b>X</b>	<b>DIRECTA</b>		<b>1a. NOTICIA</b>			
<b>II</b>			<b>V</b>			<b>Y</b>	<b>ORDEN</b>		<b>HR. DE CONTACTO</b>			
<b>III</b>			<b>W</b>			<b>Z</b>	<b>AVISO</b>		<b>RINDE REPORTE</b>			
RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO			RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO			REVISOR SUB INSPECTOR		SUPERVISOR INSPECTOR		Vo. Bo. INSPECTOR JEFE		

REPORTE DE HECHO DE TRANSITO TERRESTRE  
CROQUIS ILUSTRADO

DESTACAMENTO		ENTIDAD		HORA	DIA	MES	ANO
KM	CAMINO NAL. (NUMERO Y NOMBRE)			TRAMO			

TRAYECTORIA ANTERIOR		REFERENCIAS Y DISTANCIAS		POSICION FINAL	

RESPETUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO	RESPETUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO	REVISO SUB INSPECTOR	SUPERVISO INSPECTOR	Va. Bo. JEFE DE LA COMISARIA
--	--	-------------------------	------------------------	---------------------------------

El ejemplo del llenado de estos formatos se puede apreciar en el *Capítulo 3*, en cada uno de los incisos que lo componen.

### **Programa Preventivo**

Para prevenir en la medida de lo posible los accidentes que se presentan en las diferentes carreteras de la República Mexicana se ha puesto en marcha el *Plan Nacional de Seguridad Vial*, que tiene por objeto orientar a las autoridades de los Estados y los Municipios, peatones y conductores para mejorar y hacer frente al problema creciente del índice de accidentabilidad en las carreteras; este documento se presenta en un conjunto de normas que se estima necesario adoptar:

- Inspección vehicular en forma periódica y regular
- Educación del conductor y del peatón
- Servicios médicos de emergencia
- Limpieza y control de residuos de accidentes
- Vigilancia de los sitios detectados como peligrosos para el tránsito
- Registro de datos de tránsito e identificación de los sitios de mayor frecuencia de accidentes y características relevantes
- Evaluación del efecto del alcohol sobre la seguridad en calles y carreteras
- Reglamentación y su aplicación legal
- Servicios policíacos en relación con la operación de tránsito
- Diseño, construcción y mantenimiento de carreteras
- Dispositivos para el control de tránsito y protección del peatón
- Enseñanza de la Ingeniería de Tránsito
- Creación de oficinas o departamentos de Ingeniería de Tránsito

### I.3. CLASIFICACIÓN ACTUAL DE CARRETERAS SEGÚN ESPECIFICACIONES DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

#### Descripción

Para precisar el significado de algunos términos empleados en esta parte se han formulado las definiciones, según las consideraciones de los párrafos siguientes:

- a) Comprende los términos que pueden tener varias y distintas acepciones en el lenguaje común, pero de las que se toma el significado taxativo con que se definen en la cláusula antes mencionada.
- b) Comprende las palabras cuyo significado o aceptación especial será el que se indica.
- c) Comprende las palabras de otros idiomas o adaptaciones libres de ellas que, sin equivalencia castellana, son sin embargo términos de uso común en el medio técnico en que se emplean estas Normas.
- d) No se formulan definiciones de aquellos términos cuyo significado o interpretación son suficientemente conocidos, precisos y claros.

#### DEFINICIONES DE TÉRMINOS

**ACOTAMIENTO.-** Faja contigua a la calzada, comprendida entre su orilla y la línea de hombros de la carretera o, en su caso, la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.

**ALINEAMIENTO HORIZONTAL.-** Proyección del eje de proyecto de una carretera sobre un plano horizontal.

**ALINEAMIENTO VERTICAL.-** Proyección del desarrollo del eje de proyecto de una carretera sobre un plano vertical.

**AMPLIACIÓN EN CURVA.-** Incremento al ancho de corona y de calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.

**BANQUETA.-** Faja destinada a la circulación de peatones, ubicada generalmente a un nivel superior al de la calzada.

**BOMBEO.-** Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje y hacia ambos lados, en tangente horizontal.

**BORDILLO.-** Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.

**CALZADA.-** Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.

CERO.- En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o del corte, y el terreno natural.

CONTRACUNETETA.- Canal que se ubica arriba de la línea de ceros de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

CORONA.- Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros.

CUNETETA.- Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/o el talud.

CURVA CIRCULAR HORIZONTAL.- Arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas.

CURVA ESPIRAL DE TRANSICIÓN.- Curva del alineamiento horizontal que liga una tangente con una curva circular, cuyo radio varía en forma continua, desde infinito para la tangente hasta el radio de la curva circular.

CURVA VERTICAL.- Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.

CURVA VERTICAL EN COLUMPIO.- Curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba.

CURVA VERTICAL EN CRESTA.- Curva vertical cuya concavidad queda hacia abajo.

DEFENSA.- Dispositivo de seguridad que se emplea para evitar, en lo posible, que los vehículos salgan de la carretera.

DERECHO DE VÍA.- Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y, en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO.- Distancia de seguridad mínima necesaria para que en caminos de un solo carril, los conductores de dos vehículos, que circulen en sentido contrario, se puedan detener antes de encontrarse.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.- Distancia de seguridad mínima necesaria para que un conductor que transita a la velocidad de marcha sobre pavimento mojado, vea un objeto en su trayectoria y pueda parar su vehículo antes de llegar a él.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE.- Distancia mínima necesaria para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario y se haga visible al iniciarse la maniobra.

**FAJA SEPARADORA CENTRAL.-** Es la zona que se dispone para prevenir que los vehículos que circulan en un sentido invadan los carriles de sentido contrario.

**GRADO DE CURVATURA.-** Ángulo subtendido por un arco de circunferencia de veinte (20) metros de longitud.

**GRADO MÁXIMO DE CURVATURA.-** Límite superior del grado de curvatura que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto.

**GUARNICIONES.-** Elementos parcialmente enterrados que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla de la calzada.

**HOMBRO.-** En sección transversal, punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona, o por ésta y el talud interior de la cuneta.

**HORIZONTE DE PROYECTO.-** Año futuro que corresponde al final del periodo previsto en el proyecto de la carretera.

**LAVADERO.-** Obra complementaria de drenaje, que se construye para desalojar las aguas de la superficie de la carretera y evitar su erosión.

**LIBRADERO.-** Ancho adicional que se da a la corona de las carreteras de un solo carril, en una longitud limitada, para permitir el paso simultáneo de dos vehículos que transitan en el mismo sentido.

**LONGITUD CRÍTICA.-** Es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor que la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.

**NORMAS PARA PROYECTO GEOMÉTRICO.-** Disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones que la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes* fija o dicta para la elaboración de sus proyectos geométricos.

**PENDIENTE.-** Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos (2) puntos.

**PENDIENTE GOBERNADORA.-** Es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida.

**PENDIENTE MÁXIMA.-** Es la mayor pendiente de una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda a la longitud crítica correspondiente.

**PENDIENTE MÍNIMA.-** Es la menor pendiente que una tangente vertical debe tener en los tramos en corte para el buen funcionamiento del drenaje de la corona y las cunetas.

**RASANTE.-** Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.

**SECCIÓN TRANSVERSAL.-** Corte vertical normal al alineamiento horizontal de la carretera.

**SOBREELEVACIÓN.-** Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente, el efecto de la fuerza centrífuga.

**TALUD.-** Inclinação de la superficie de los cortes o de los terraplenes.

**TANGENTE HORIZONTAL.-** Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.

**TANGENTE VERTICAL.-** Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.

**TRANSICIÓN MIXTA.-** Distancia que se utiliza para pasar de la sección en tangente a la sección en curva circular y viceversa.

**TRÁNSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA).-** Número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un (1) año, dividido entre el número de días del año.

**VELOCIDAD DE MARCHA.-** Velocidad media de todos o de un grupo determinado de vehículos, obtenida dividiendo la suma de las distancias recorridas entre la suma de los tiempos de recorrido en que los vehículos estuvieron efectivamente en movimiento.

**VELOCIDAD DE PROYECTO.-** Velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico.

## CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS

Las carreteras se clasifican de acuerdo con su tránsito diario promedio (*TDPA*) para el horizonte de proyecto, en la forma siguiente:

- a) **Tipo "A"**:
  - a.1) Tipo "A2" para un *TDPA* de tres mil (3,000) o cinco mil (5,000) vehículos.
  - a.2) Tipo "A4" para un *TDPA* de Cinco mil (5,000) a veinte mil (20,000) vehículos.
- b) **Tipo "B"**, para un *TDPA* de mil quinientos (1,500) a tres mil (3,000) vehículos.
- c) **Tipo "C"**, para un *TDPA* de quinientos (500) a mil quinientos (1,500) vehículos.
- d) **Tipo "D"**, para un *TDPA* de cien (100) a quinientos (500) vehículos.
- e) **Tipo "E"**, para un *TDPA* de hasta cien (100) vehículos.

Las normas geométricas de las carreteras clasificadas según el inciso anterior, variarán según las características topográficas del terreno que atraviesen. Se considerarán los siguientes tipos de terreno:

- a) Plano
- b) Lomerío
- c) Montañoso

### I.3.1. Carreteras Tipo "A"

Tipo "A2" para un TDPA de tres mil (3,000) o Cinco mil (5,000) vehículos.

Tipo "A4" para un TDPA de Cinco mil (5,000) a veinte mil (20,000) vehículos.

CONCEPTO			REFERENCIA	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA					
					A					
TDPA	En el Horizonte del Proyecto				Más de 3000					
TERRENO	Montañoso			-----						
	Lomerío									
	Plano									
VELOCIDAD DE PROYECTO				km/h	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA			Cuad. 1.18	m	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE				m	270	315	360	405	450	495
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA			Cuad. 1.19	°	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	Cuad. 1.21	m/%	14	20	31	43	57	72
		Columpio	Cuad. 1.21	m/%	15	20	25	31	37	43
	LONGITUD MÍNIMA			Cuad. 1.21	m	40	40	50	50	60
PENDIENTE GOBERNADORA			Cuad. 1.20	%	4	3			-	
PENDIENTE MÁXIMA			Cuad. 1.20	%	6	5			4	
LONGITUD CRÍTICA			Fig. 1.13	m						
ANCHO DE CALZADA			Fig. 1.4 Fig. 1.5	m	A 2		A 4		A 4S	
					7.0		2 X 7.0		2 X 7.0	
ANCHO DE CORONA			Cuad. 1.23	m	12.0		22.0		2 X 11.0	
ANCHO DE ACOTAMIENTOS			Cuad. 1.23	m	2.5		3.0 (ext.) 0.5 (int.)		3.0 (ext.) 1.0 (int.)	
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL			Cuad. 1.23	m	-		≥ 1.0		≥ 8.0	
BOMBEO				%	2					
SOBRELEVACIÓN MÁXIMA				%	10					
SOBRELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO				%	Ver Cuadros 1.24 y 1.25					
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANSICIONES				m						

Cuadro 1.13. Características Geométricas de las Carretera Tipo "A".

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

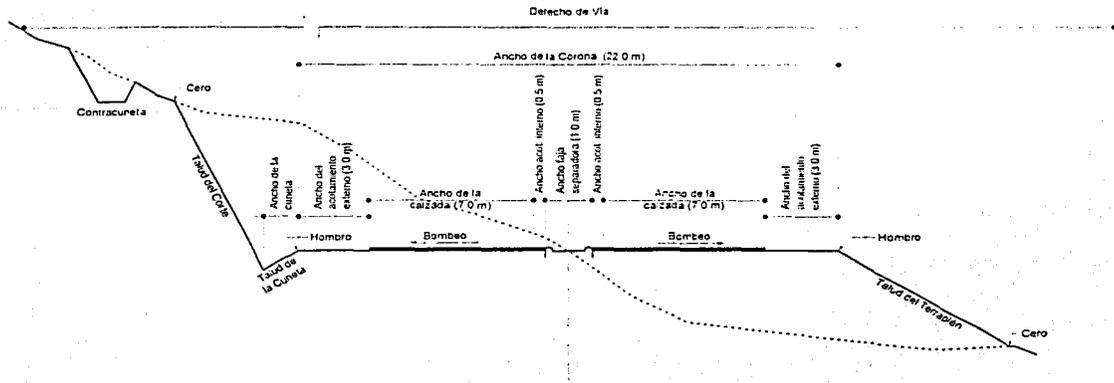


Figura 1.4. Sección de la Carretera Tipo "A" (A4)

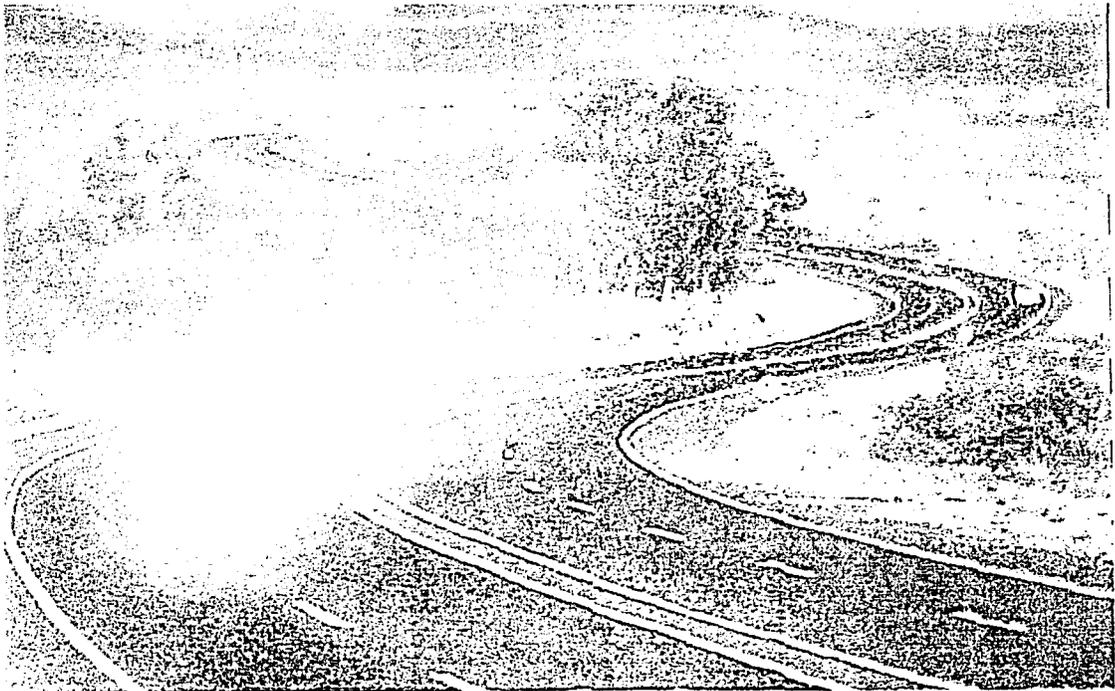


Foto 1.10. Carretera Tipo "A" (A4)

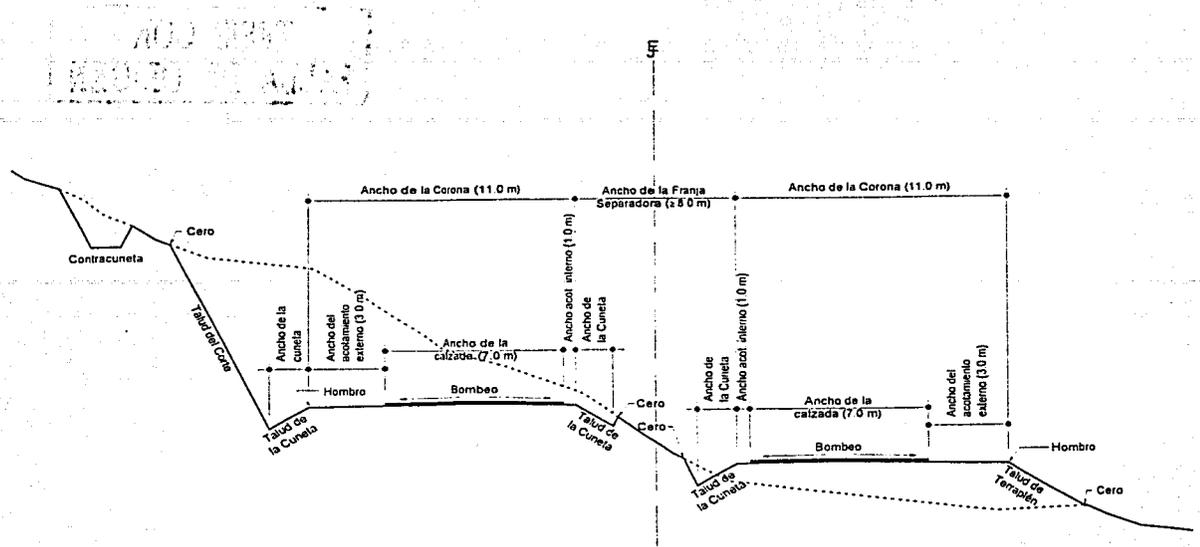


Figura 1.5. Sección de la Carretera Tipo "A" (A 4S)

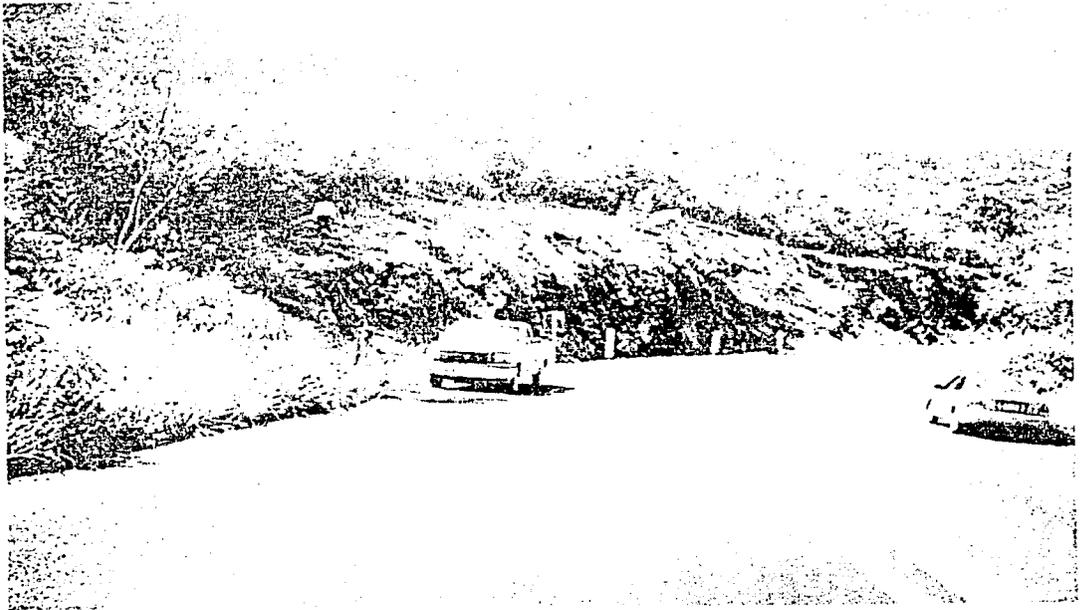


Foto 1.11. Carretera Tipo "A" (A2)

### 1.3.2. CARRETERAS TIPO "B".

Para un TDPA de mil quinientos (1,500) a tres mil (3,000) vehículos

CONCEPTO			REFERENCIA	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA							
					B							
TDPA	En el Horizonte del Proyecto				1500 a 3000							
TERRENO	Montañoso											
	Lomerío			----								
	Plano											
VELOCIDAD DE PROYECTO				km/h	50	60	70	80	90	100	110	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA			Cuad. 1.18	m	55	75	95	115	135	155	175	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE				m	225	270	315	360	405	450	495	
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA			Cuad. 1.19	°	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	Cuad. 1.21	m/%	8	14	20	31	43	57	72	
		Columpio	Cuad. 1.21	m/%	10	15	20	25	31	37	43	
	LONGITUD MÍNIMA			Cuad. 1.21	m	30	40	40	50	50	60	60
PENDIENTE GOBERNADORA			Cuad. 1.20	%	5						4	-
PENDIENTE MÁXIMA			Cuad. 1.20	%	7						6	4
LONGITUD CRÍTICA			Fig. 1.13	m								
ANCHO DE CALZADA			Fig. 1.6	m	7.0							
ANCHO DE CORONA			Cuad. 1.23	m	9.0							
ANCHO DE ACOTAMIENTOS			Cuad. 1.23	m	1.0							
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL			Cuad. 1.23	m	-							
BOMBEO				%	2							
SOBRELEVACIÓN MÁXIMA				%	10							
SOBRELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO				%	Ver Cuadro 1.25							
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANCISIONES				m								

**Cuadro 1.14. Características Geométricas de las Carretera Tipo "B".**

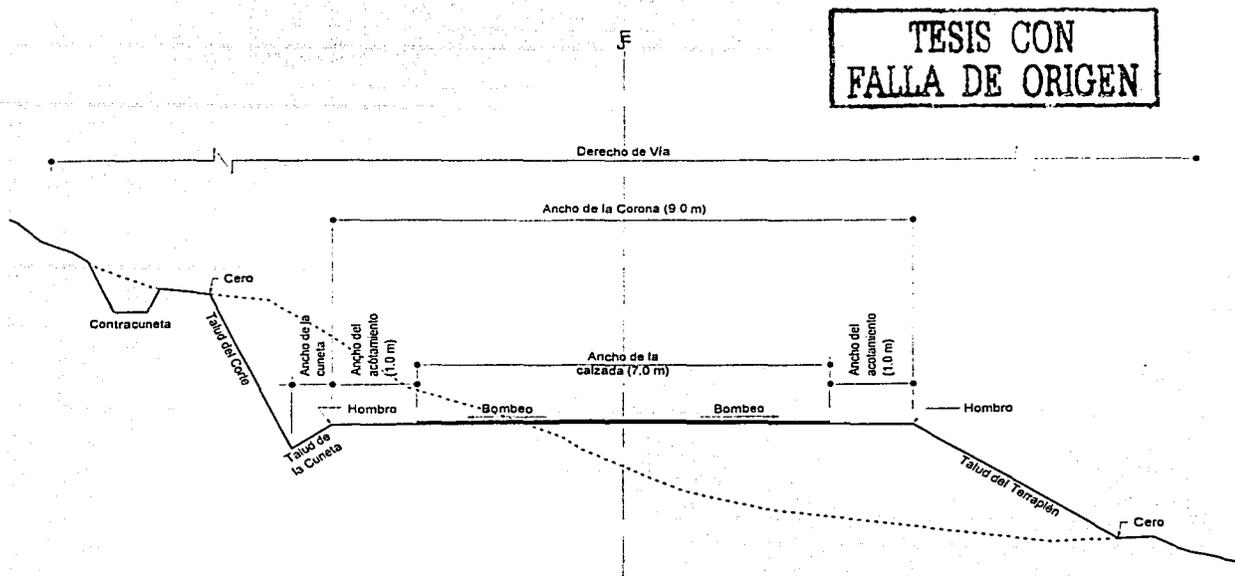


Figura 1.6. Sección de la Carretera Tipo "B"



Foto 1.12. Carretera Tipo "B"

### 1.3.3. CARRETERAS TIPO "C".

Para un TDPA de quinientos (500) a mil quinientos (1,500) vehículos.

CONCEPTO		REFERENCIA	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA							
				C							
TDPA	En el Horizonte del Proyecto			500 a 1500							
TERRENO	Montañoso										
	Lomerío		----								
	Plano										
VELOCIDAD DE PROYECTO			km/h	40	50	60	70	80	90	100	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		Cuad. 1.18	m	40	55	75	95	115	135	155	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE			m	100	225	270	315	360	405	450	
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA		Cuad. 1.19	°	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	Cuad. 1.21	m/%	4	8	14	20	31	43	57
		Columpio	Cuad. 1.21	m/%	7	10	15	20	25	31	37
	LONGITUD MÍNIMA		Cuad. 1.21	m	30	30	40	40	50	50	60
PENDIENTE GOBERNADORA		Cuad. 1.20	%	6		5		-			
PENDIENTE MÁXIMA		Cuad. 1.20	%	8		7		5			
LONGITUD CRÍTICA		Fig. 1.13	m								
ANCHO DE CALZADA		Fig. 1.7	m	6.0							
ANCHO DE CORONA		Cuad. 1.23	m	7.0							
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		Cuad. 1.23	m	0.5							
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL		Cuad. 1.23	m	-							
BOMBEO			%	2							
SOBRELEVACIÓN MÁXIMA			%	10							
SOBRELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO			%	Ver Cuadro 1.26							
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANCISIONES			m								

**Cuadro 1.15. Características Geométricas de las Carretera Tipo "C".**

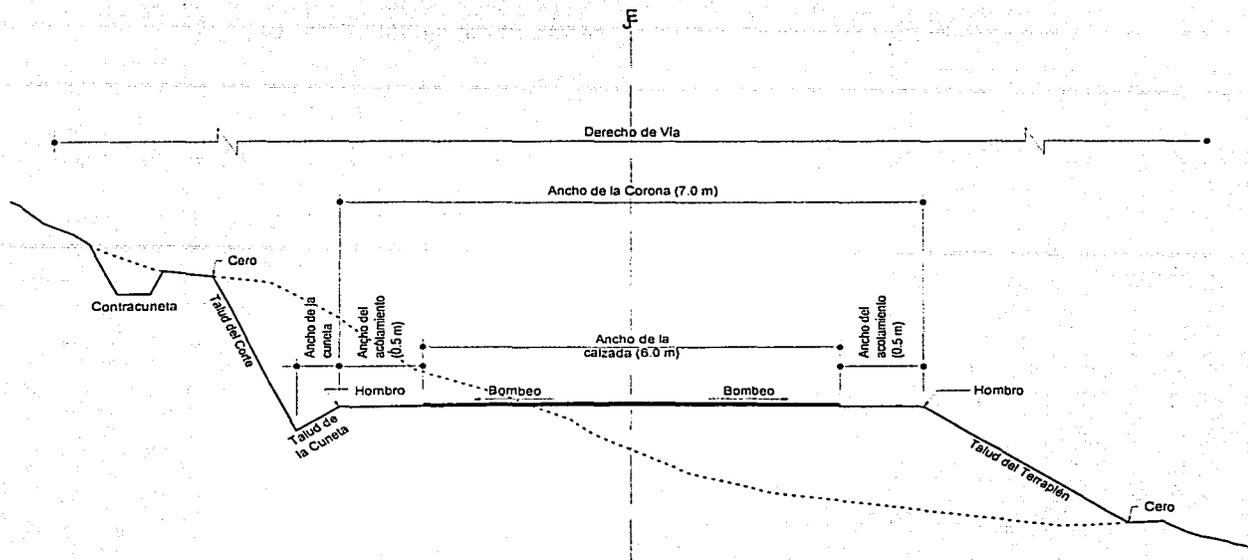


Figura 1.7. Sección de la Carretera Tipo "C"



Foto 1.13. Carretera Tipo "C"

### 1.3.4. CARRETERAS TIPO "D".

Para un TDPA de cien (100) a quinientos (500) vehículos.

CONCEPTO			REFERENCIA	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA D				
TDPA En el Horizonte del Proyecto					100 a 500				
TERRENO	Montañoso								
	Lomerío			-----					
	Plano								
VELOCIDAD DE PROYECTO				km/h	30	40	50	60	70
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA			Cuad. 1.18	m	30	40	55	75	95
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE				m	135	100	225	270	315
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA			Cuad. 1.19	°	60	30	17	11	7.5
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	Cuad. 1.21	m/%	3	4	8	14	20
		Columpio	Cuad. 1.21	m/%	4	7	10	15	20
	LONGITUD MÍNIMA			Cuad. 1.21	m	20	30	30	40
PENDIENTE GOBERNADORA			Cuad. 1.20	%	8		6		-
PENDIENTE MÁXIMA			Cuad. 1.20	%	12		9		6
LONGITUD CRÍTICA			Fig. 1.13	m					
ANCHO DE CALZADA			Fig. 1.8	m			6.0		
ANCHO DE CORONA			Cuad. 1.23	m			6.0		
ANCHO DE ACOTAMIENTOS			Cuad. 1.23	m			-		
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL			Cuad. 1.23	m			-		
BOMBEO				%			3		
SOBRELEVACIÓN MÁXIMA				%			10		
SOBRELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO				%					
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANCISIONES				m					Ver Cuadro 1.27

**Cuadro 1.16. Características Geométricas de las Carretera Tipo "D".**

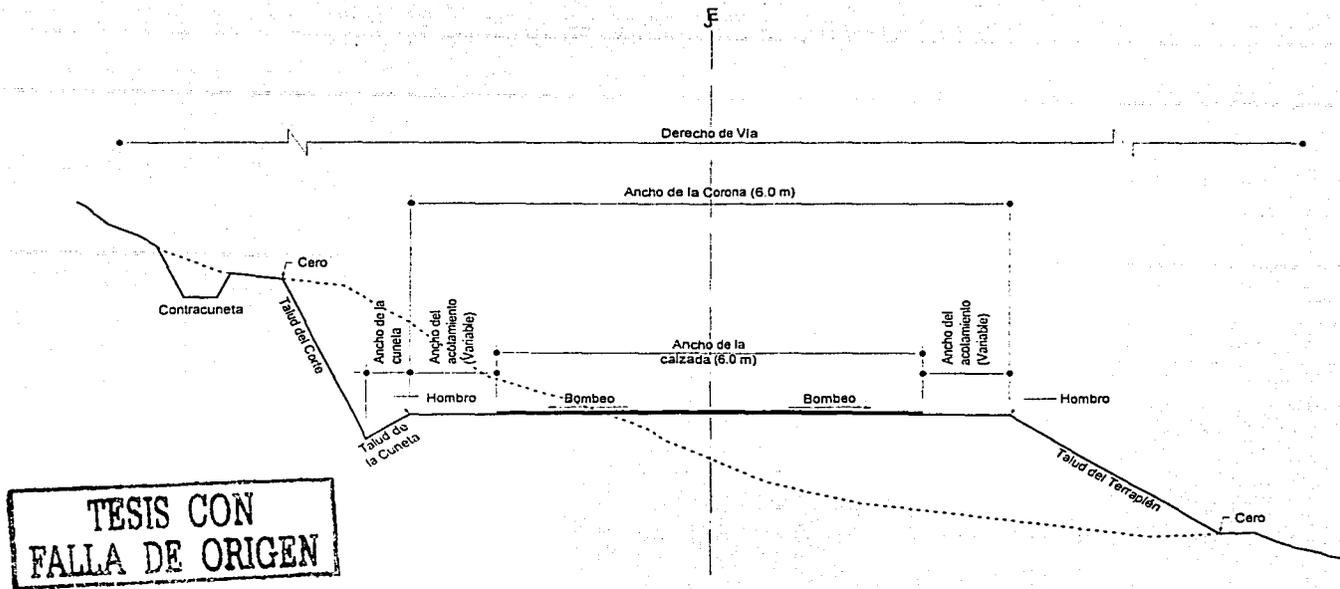


Figura 1.8. Sección de la Carretera Tipo "D"



Foto 1.14. Carretera Tipo "D"

### 1.3.4. CARRETERAS TIPO "E".

Para un TDPA de hasta cien (100) vehículos.

CONCEPTO		REFERENCIA	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA					
				E					
TDPA	En el Horizonte del Proyecto			Hasta 100					
TERRENO	Montañoso		-----						
	Lomerío								
	Plano								
VELOCIDAD DE PROYECTO			km/h	30	40	50	60	70	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA			Cuad. 1.18	m	30	40	55	75	95
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE				m	-	-	-	-	-
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA			Cuad. 1.19	°	60	30	17	11	7.5
CURVAS VERTICALES	K	Cresta	Cuad. 1.21	m/%	4	7	12	23	36
		Columpio	Cuad. 1.21	m/%	4	7	10	15	20
	LONGITUD MÍNIMA			Cuad. 1.21	m	20	30	30	40
PENDIENTE GOBERNADORA			Cuad. 1.20	%	9	7			-
PENDIENTE MÁXIMA			Cuad. 1.20	%	13	10			7
LONGITUD CRÍTICA			Fig. 1.13	m					
ANCHO DE CALZADA			Fig. 1.9	m	4.0				
ANCHO DE CORONA			Cuad. 1.23	m	4.0				
ANCHO DE ACOTAMIENTOS			Cuad. 1.23	m	-				
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL			Cuad. 1.23	m	-				
BOMBEO				%	3				
SOBRELEVACIÓN MÁXIMA				%	10				
SOBRELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MÁXIMO				%	Ver Cuadro 1.27				
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANCISIONES				m					

**Cuadro 1.17. Características Geométricas de las Carretera Tipo "E".**

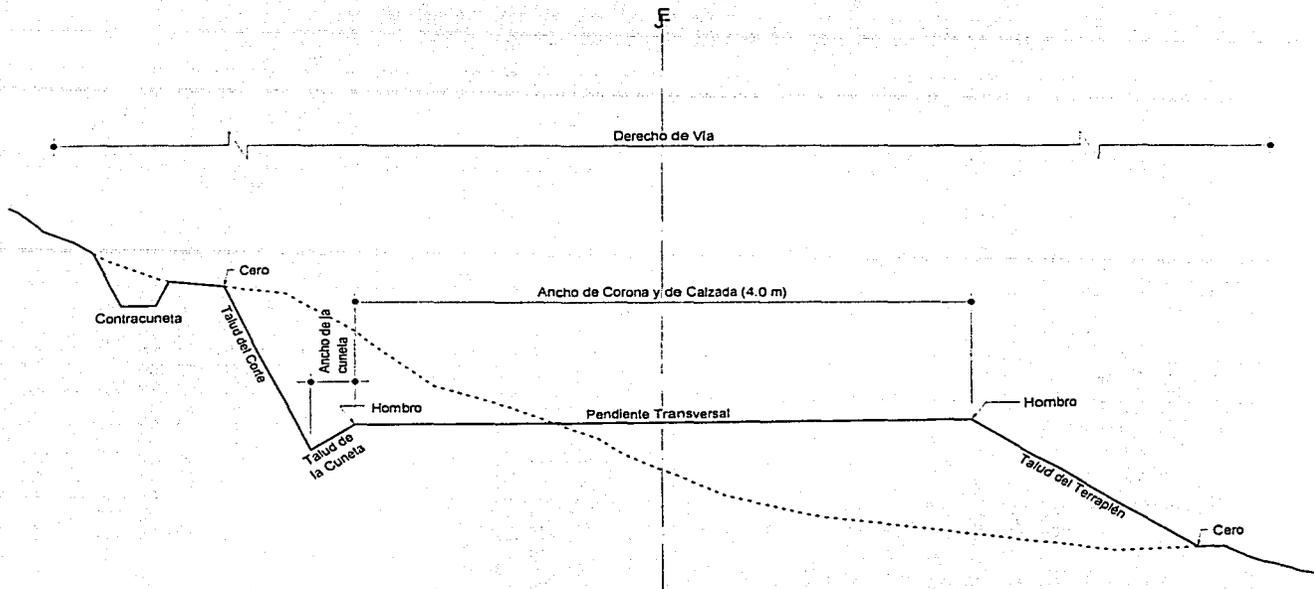


Figura 1.9. Sección de la Carretera Tipo "E"



Foto 1.15. Carretera Tipo "E"

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS GENERALES DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

**Tangentes.-** Las tangentes horizontales estarán definidas por la *longitud* y su *azimut*.

A) *Longitud mínima:*

- B.1) Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
- B.2) Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero (0).
- B.3) Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
- B.4) Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado, sin embargo, es conveniente considerar para su proyecto, las recomendaciones, que al respecto se indican en las recomendaciones generales.

B) *Longitud máxima.*

La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado, sin embargo en el proyecto, es conveniente tomar en cuenta las recomendaciones generales.

C) *Azimut.-* El azimut definirá la dirección de las tangentes.

**Curvas circulares.-** Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y de su longitud, los elementos que lo caracterizan se muestran en la *Figura 1.4*.

A) *Grado máximo de curvatura.-* El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto estará dado por la expresión:

$$G_{max} = 146000 \left( \frac{\mu + S_{max}}{V^2} \right)$$

En donde:

- $G_{max}$  grado máximo de curvatura
- $\mu$  Coeficiente de fricción lateral
- $S_{max}$  sobreelevación máxima de la curva, en m/m.
- $V$  Velocidad de proyecto, en km/h.

En el *Cuadro 1.19* se indican los valores de los grados máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto



VELOCIDAD DE PROYECTO	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	SOBREELEVACIÓN MÁXIMA	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA CALCULADO	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA PARA PROYECTO
km/h		m/m	grados	grados
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	50
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

**Cuadro 1.19. Grado Máximo de Curvatura**

**B) Longitud Mínima:**

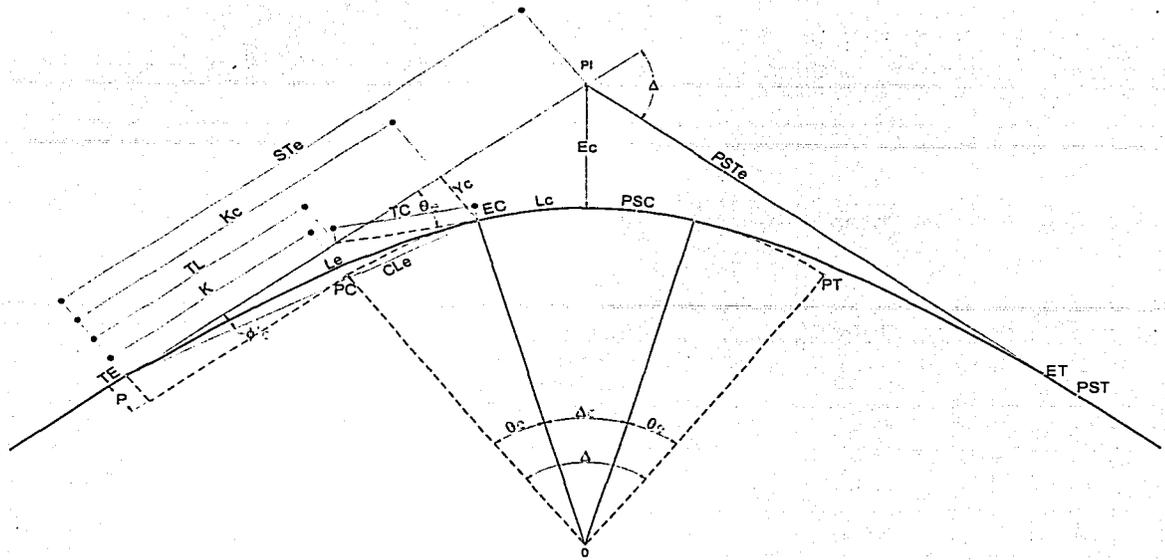
B.1) La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

B.2) La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero (0).

**C) Longitud Máxima.**

La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado, sin embargo, es conveniente tomar en cuenta las recomendaciones generales.

**Curvas Espirales de Transición.-** Las curvas espirales de transición se utilizarán para unir la tangentes con las curvas circulares formando una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada.



PI	Punto de intersección de las tangentes		
TE	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral		
EC	Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular		
CE	Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral		
ET	Punto termina la espiral y empieza la tangente		
PSC	Punto cualquiera sobre la curva circular		
PSE	Punto cualquiera sobre la espiral		
PST	Punto cualquiera sobre las tangentes		
PST	Punto cualquiera sobre las subtangentes		
e			
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes	K	$= (Re Le)^{1/2}$
Δc	Ángulo central de la curva circular	Δc	$= \Delta - 2 \theta e$
θe	Deflexión de la espiral en EC ó CE	θe	$= Gc Le/40$
θ	Deflexión de la espiral en PSE	θ	$= (L/Le)^2 \theta e$
φ'c	Ángulo de la cuerda larga	φ'c	$= \theta e/3 - Z$ , cuando $\theta e > 16^\circ$
φ1	Ángulo entre la tang. a un PSE y una cuerda corta	φ1	$= (L-L_1)(2L+L_1) \theta e / (3Le^2)$
φ2	Ángulo entre la tang. a un PSE y una cuerda adelante	φ2	$= (L_2-L)(2L+L_2) \theta e / (3Le^2)$
φ	Ángulo entre dos cuerdas de la espiral	φ	$= (L_2-L_1)(L+L_1+L_2) \theta e / (3Le^2)$
Xc	Coordenadas del EC o del CE	Xc	$= (Le/100)(100-0.00305 \theta e^2)$
Yc	Coordenadas del EC o del CE	Yc	$= (Le/100)(0.582\theta e-0.0000126 \theta e^3)$
k	Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)	k	$= Xc - Rc \text{ sen } \theta e$
P	Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)	P	$= Yc - Rc \text{ sen } \text{ver } \theta e$
STe	Subtangente	STe	$= k+(Rc+P) \tan \Delta/2$
TL	Tangente larga	TL	$= Xc - Yc \cot \theta e$
TC	Tangente corta	TC	$= Yc \csc \theta e$
CLe	Cuerda Larga de la espiral	CLe	$= (Xc-Yc)^{1/2}$
Ec	Externa	Ec	$= (Rc+P) \sec \Delta/2 - Rc$
Rc	Radio de la curva circular	Rc	$= 1145.92 / Gc$
L	Longitud de la espiral a un PSE	Z	$= 3.1 \times 10^{-3} \theta e^3 + 2.3 \times 10^{-3} \theta e^5$ , $\theta e > 16^\circ$
Le	Longitud de la espiral al EC ó CE	Le	$= 8VS \text{ (mínima)} = 40 \theta e / Gc$
Lc	Longitud de la curva circular	Lc	$= 20 \Delta c / Gc$
LT	Longitud total de la curva circular con espirales	LT	$= Le + 20 \Delta / Gc$

Figura 1.11. Elementos de la curva circular con espirales.

- A) Para efectuar las transiciones se empleará la Clotoide o espiral de Euler cuya expresión es:

$$R_c L_e = K^2$$

En donde :

$R_c$	radio de la curvatura circular, en metros
$L_e$	longitud de la espiral de transición en metros
$K^2$	parámetro de la espiral, en $m^2$

- B) La longitud mínima de la espiral para carreteras **Tipo "A"** de dos carriles y de cuatro carriles en cuerpos separados, **"B"** y **"C"**, estará dada por la expresión:

$$L_{\min} = 8 V S$$

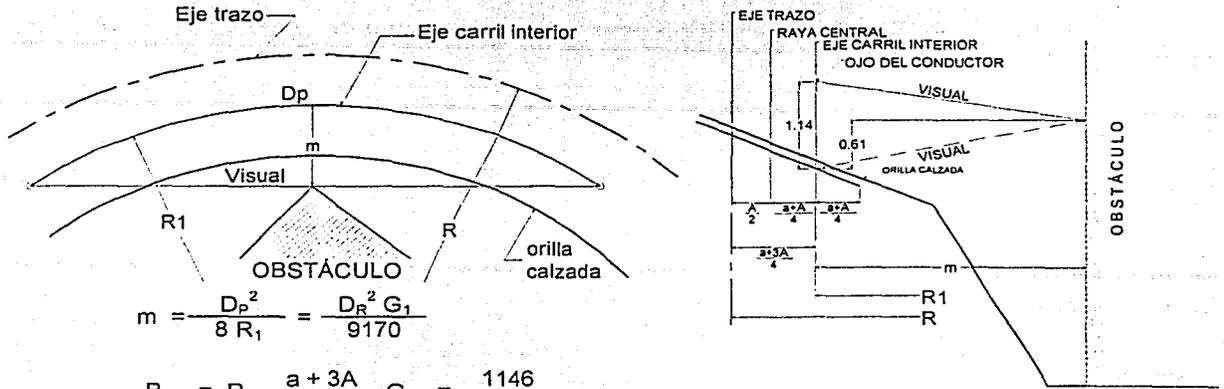
En donde

$L_{\min}$	Longitud mínima de la espiral en metros
$V$	Velocidad de proyecto, en km/h
$S$	Sobreelevación de la curva circular en m/m

Para carreteras **Tipo "A"** de cuatro carriles en un solo cuerpo (A-4), la longitud mínima de la espiral calculada con esta fórmula deberá multiplicarse por uno punto siete (1.7)

- A) Las curvas espirales de transición se utilizarán exclusivamente en carreteras **Tipo "A"**, **"B"** y **"C"** y sólo cuando la sobreelevación de las curvas circulares sea de siete por ciento (7 %) ó mayor.
- B) En la *Figura 1.11* se muestran los elementos que caracterizan a las curvas circulares con espirales de transición.

**Visibilidad.** Toda curva horizontal deberá satisfacer la distancia de Visibilidad de Parada a que se refiere en el inciso correspondiente de este Capítulo, para una velocidad de proyecto y grado de curvatura dados; para ello, cuando exista un obstáculo en el lado interior de la curva, la distancia mínima "m", que debe haber entre él y el eje del carril interior de la curva, estará dada por la expresión y la gráfica que aparecen en la *Figura 1.12*.



$$m = \frac{D_p^2}{8 R_1} = \frac{D_R^2 G_1}{9170}$$

$$R_1 = R - \frac{a + 3A}{4} \quad G_1 = \frac{1146}{R_1}$$

- a - Ancho de la calzada en tangente
- A - Ampliación en la curva
- D<sub>p</sub> - Distancia de visibilidad de parada

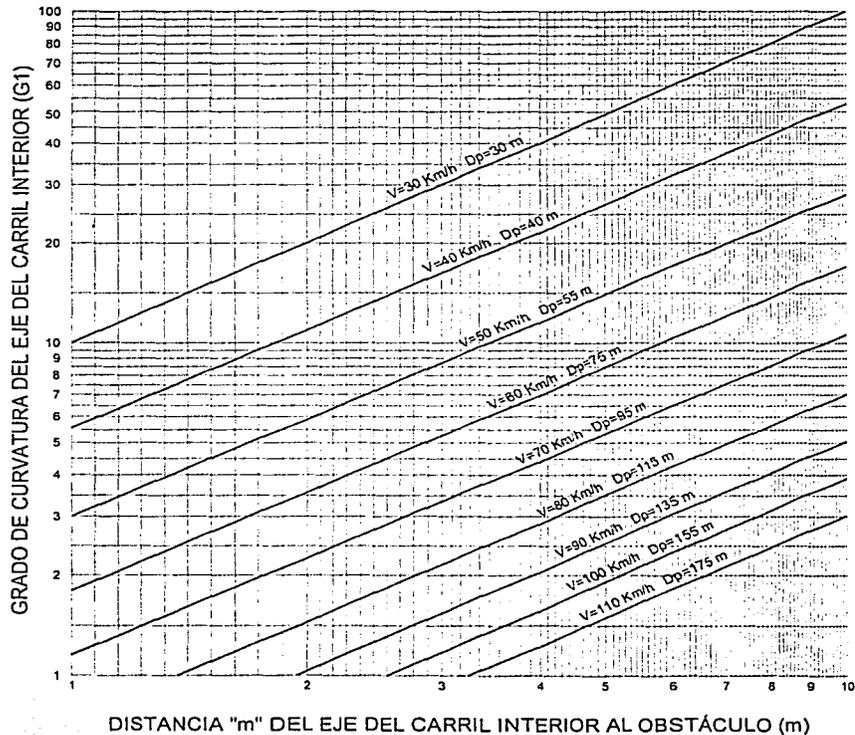


Figura 1.12. Distancia mínima necesaria a obstáculos en el interior de curvas circulares para dar la distancia de visibilidad de parada.

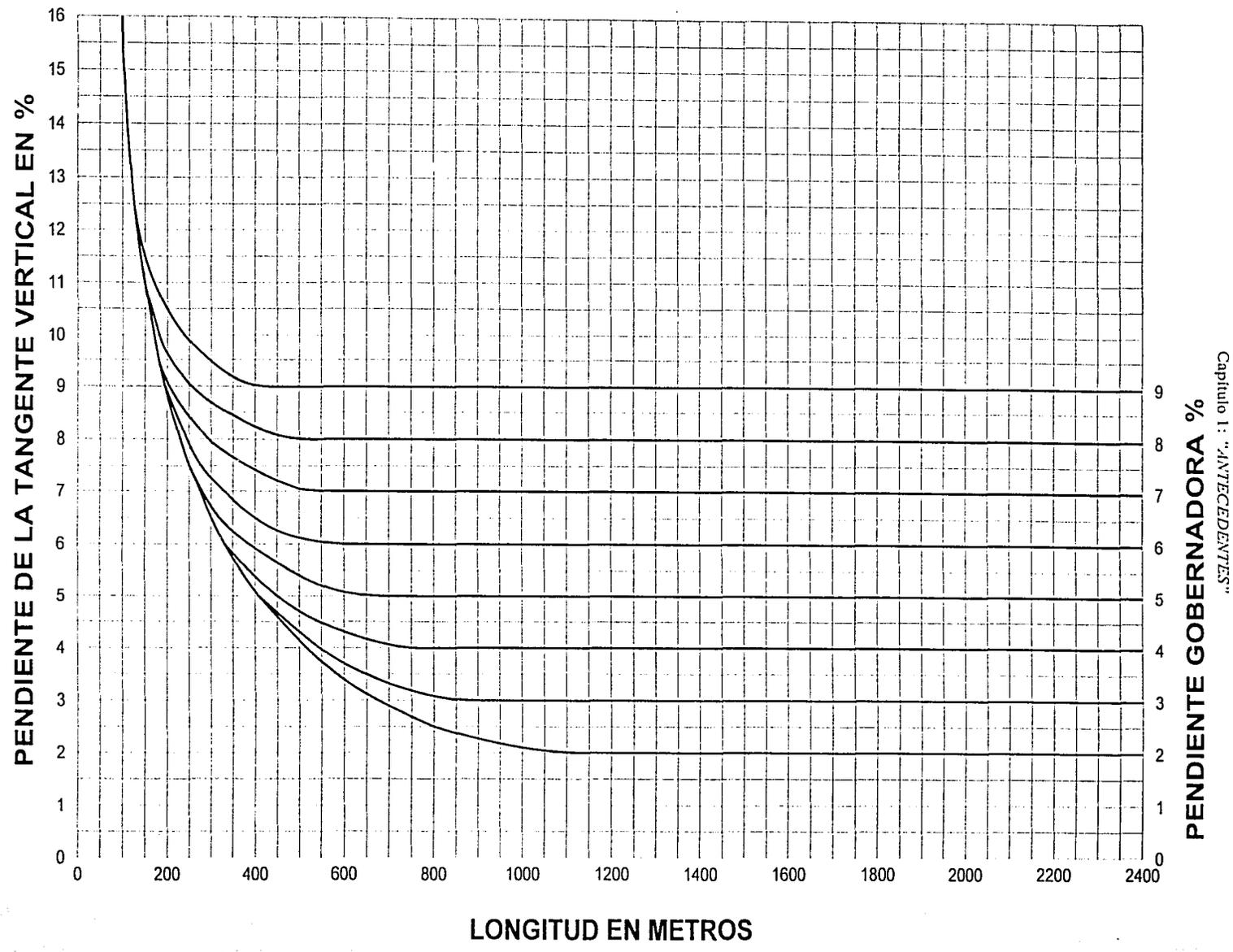


Figura 1.13. Longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora

Los valores de las principales características geométricas se citan a detalle a continuación.

## DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

### Distancia de Visibilidad de Parada

VELOCIDAD DE PROYECTO	VELOCIDAD DE MARCHA	REACCIÓN		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL	DISTANCIA DE FRENADO	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		Tiempo	Distancia			Calculada	Para Proyecto
km/h	km/h	seg	m		m	m	m
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

*Cuadro 1.18. Distancia de Visibilidad de Parada*

La *Distancia de Visibilidad de Parada* se obtiene con la expresión:

$$D_p = \frac{V t}{3.6} + \frac{V^2}{254 f}$$

En donde:

$D_p$  = Distancia de Visibilidad de Parada, en metros.

$V$  = Velocidad de marcha, en km/h.

$t$  = Tiempo de reacción, en segundos.

$f$  = Coeficiente de fricción longitudinal.

En el *Cuadro 1.18* se indican los valores para proyecto de la Distancia de Visibilidad de Parada que corresponden a velocidades de proyecto de treinta (30) km/h a ciento diez (110) km/h.

### **Distancia de Visibilidad de Rebase**

La *Distancia de Visibilidad de Rebase* se determina con la expresión:

$$D_r = 4.5 V$$

En donde:

$D_r$  = Distancia de Visibilidad de rebase, en metros.

$V$  = Velocidad de proyecto, en km/h.

Los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de rebase se indican en los cuadros referentes a las características de cada tipo de carretera.

### **Distancia de Visibilidad de Encuentro**

La Distancia de Visibilidad de encuentro se calcula con la expresión:

$$D_e = 2 D_p$$

En donde:

$D_e$  = Distancia de Visibilidad de encuentro, en metros.

$D_p$  = Distancia de Visibilidad de parada, en metros

## DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

**Tangentes.-** Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

- A) Pendiente Gobernadora.- Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora se indican en el *Cuadro 1.20* para los diferentes tipos de carretera y terreno.
- B) Pendiente Máxima.- Los valores determinados para pendiente máxima se indican en el *Cuadro 1.20* para los diferentes tipos de carretera y terreno.
- C) Pendiente Mínima.- La pendiente mínima en zonas con sección en corte y/o balcón, no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5 %) y en zonas con sección en terraplén la pendiente podrá ser nula.
- D) Longitud Crítica.- Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de la gráfica mostrada en la *Figura 1.13*.

CARRETERA TIPO	PENDIENTE GOBERNADORA (%)			PENDIENTE MÁXIMA (%)		
	TIPO DE TERRENO			TIPO DE TERRENO		
	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
A	-	3	4	4	6	6
B	-	4	5	4	7	7
C	-	5	6	5	8	8
D	-	6	8	6	9	12
E	-	7	9	7	10	13

*Cuadro 1.20. Valores Máximos de la Pendiente Gobernadora y de la Pendiente Máxima.*

### Visibilidad

- A) Curvas Verticales en Cresta.- Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}$$

En donde:

- D      Distancia de visibilidad, en metros.
- H      Altura del ojo del conductor (1.14 m).
- h      Altura del objeto (0.15 m).

B) Curvas Verticales en Columpio.- Para que las curvas verticales en columpio con la distancia cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

En donde:

- D Distancia de visibilidad, en metros.
- T Pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175).
- H Altura de los faros (0.61 m).

C) Requisitos de visibilidad:

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	VALORES DEL PARAMETRO K (m/%)			LONGITUD MÍNIMA ACEPTABLE (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO	
	CARRETERAS TIPO		CARRETERAS TIPO	
	A, B, C, D	E	A, B, C, D, E	
30	3	4	4	20
40	4	7	7	30
50	8	12	10	30
60	14	23	15	40
70	20	36	20	40
80	31	-	25	50
90	43	-	31	50
100	57	-	37	60
110	72	-	43	60

**Cuadro 1.21.** Valores Mínimos del parámetro K y de la Longitud Mínima aceptable de las curvas verticales.

- C.1) La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K especificado en el Cuadro 1.21.
- C.2) La distancia de visibilidad de encuentro deberá proporcionarse en las curvas verticales en cresta de las carreteras Tipo "E", tal como se especifica en el Cuadro 1.21.

C.3) La distancia de visibilidad de rebase solo se proporcionará cuando así lo indiquen las especificaciones de proyecto y/o lo ordene la *Secretaría*. Los valores del parámetro K para satisfacer este requisito son:

VELOCIDAD PROYECTO EN km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
PARÁMETRO K PARA REBASE EN m/%	18	32	50	73	99	130	164	203	245

**Cuadro 1.22.** Valores de K para satisfacer la DVR, con distintas velocidades de proyecto.

**Curvas Verticales.**- Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que unen. Los elementos que las caracterizan se muestran en la *Figura 1.14*.

A) Longitud Mínima:

A.1) La longitud mínima de las curvas verticales se calculará con la expresión:

$$L = K A$$

En donde:

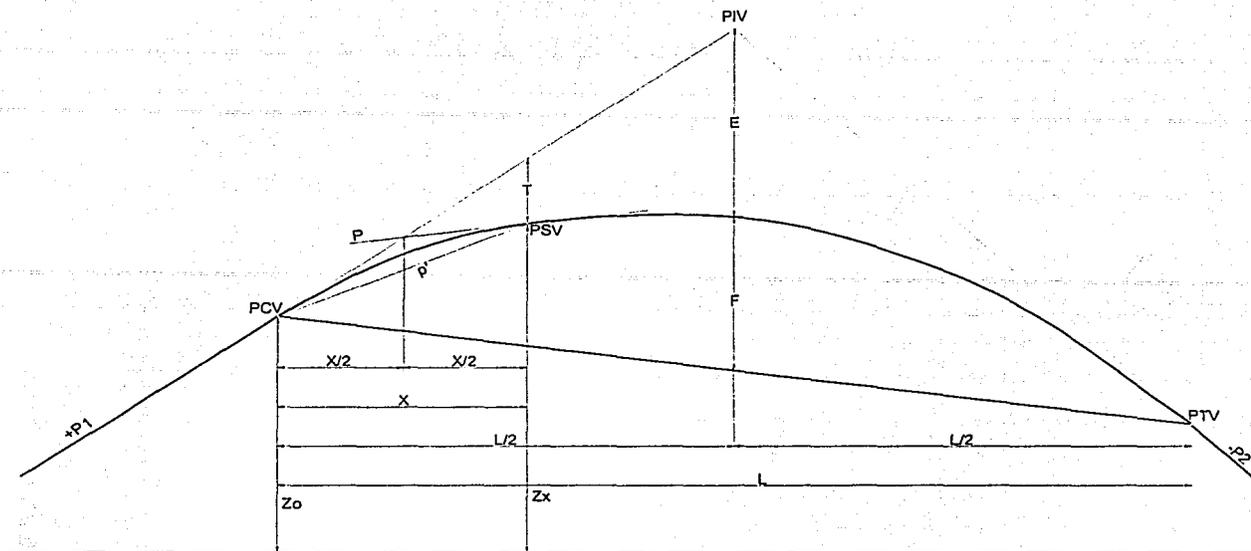
L Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

K Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en el *Cuadro 1.21*.

A Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en por ciento.

A.2) La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en el *Cuadro 1.21* y a la mostrada en las *Figs. 1.24* y *1.25*.

B) Longitud Máxima.- No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En el caso de curvas verticales en cresta con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando a la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.



PIV Punto de intersección de las tangentes verticales  
 PCV Punto en donde comienza la curva vertical  
 PTV Punto en donde termina la curva vertical  
 PSV Punto cualquiera sobre la curva vertical

$P_1$  Pendiente de la tangente de entrada, en m/m  
 $P_2$  Pendiente de la tangente de salida, en m/m  
 A Diferencia algebraica de pendientes  
 L Longitud de la curva vertical, en metros  
 K Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

$$A = P_1 - (-P_2)$$

$$K = L/A$$

X Distancia del PCV a un PSV, en metros  
 P Pendiente de un PSV, en m/m  
 $P'$  Pendiente de una cuerda, en m/m  
 E Externa, en metros  
 F Flecha, en metros  
 T Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros  
 $Z_0$  Elevación del PCV, en metros  
 $Z_x$  Elevación de un PSV, en metros

$$P = P_1 - A(X/L)$$

$$P' = 1/2(P_1 + P)$$

$$E = (A L)/8$$

$$F = E$$

$$T = 4 E (X/L)^2$$

$$Z_x = Z_0 + (P_1 - AX/2L) X$$

Nota.- Si X y L se expresan en estaciones de 20m. la elevación de un PSV puede calcularse con cualquiera de las expresiones:

$$Z_x = Z_0 + (20 P_1 - 10AX/L) X$$

$$Z_x = Z_{x-1} + 20 P_1 - (10A/L) (2x-1)$$

Figura 1.14. Elementos de la curva vertical.

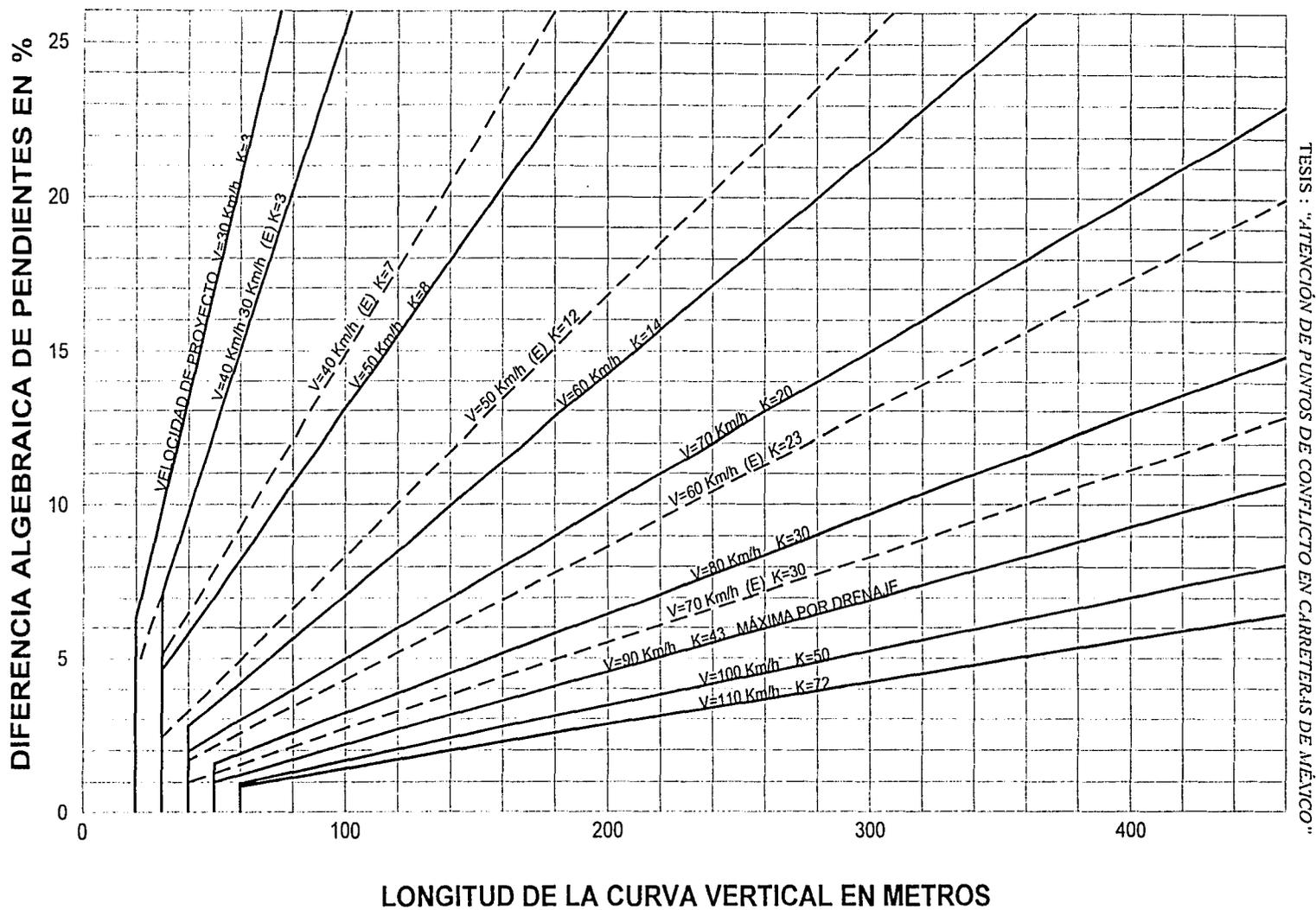


Figura 1.15. Longitud mínima de las curvas verticales en cresta.

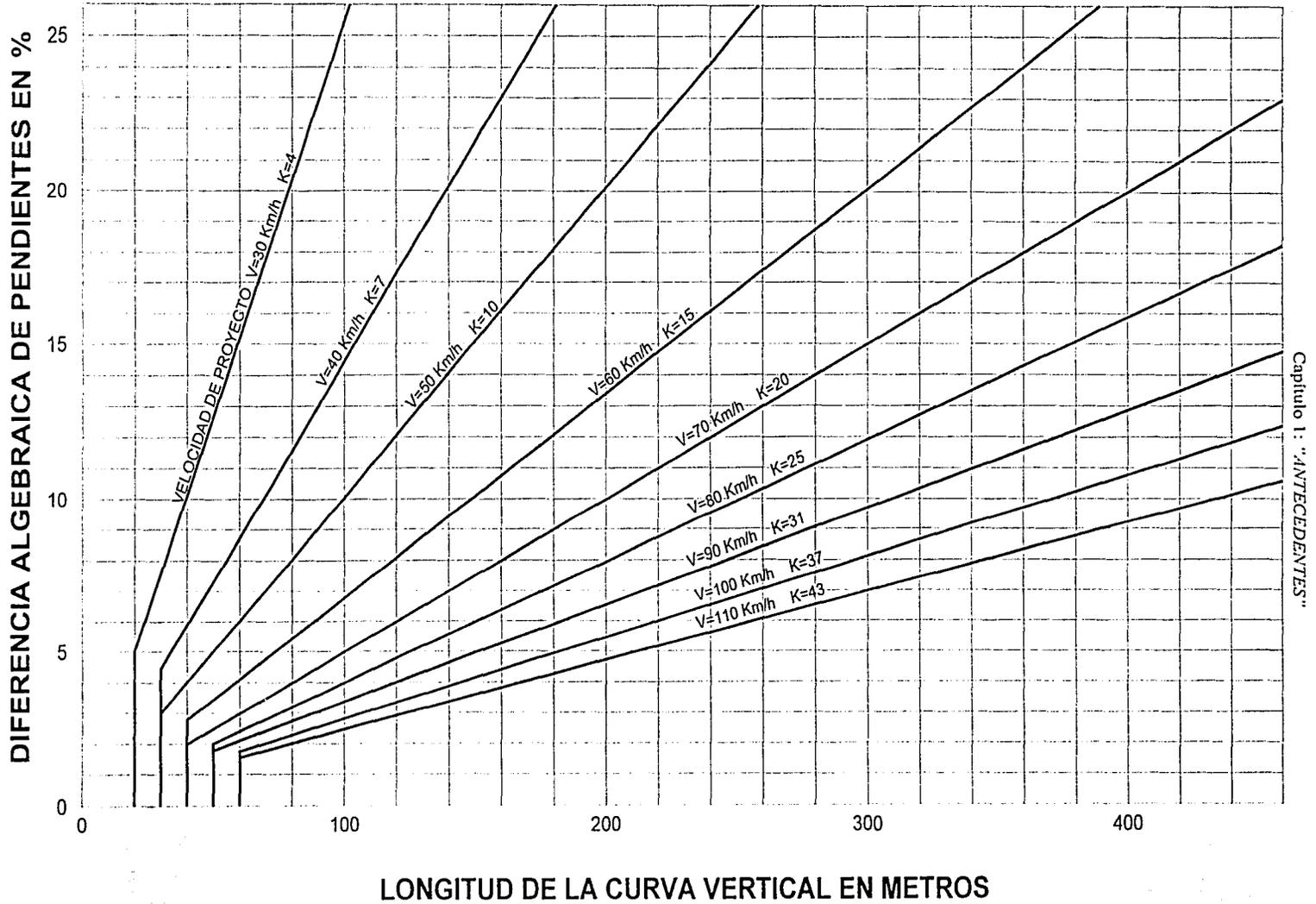


Figura 1.16. Longitud mínima de las curvas verticales en columpio.

## DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contracunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía, como se muestra en las Figuras 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 y 1.9.

**Corona.-** La corona está definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente transversal, y en su caso, la faja separadora central.

En las tangentes del alineamiento horizontal, el ancho de la corona para cada tipo de carretera y de terreno se encuentra especificado en el Cuadro 1.23.

En las curvas y transiciones del alineamiento horizontal, el ancho de la corona deberá ser la suma de los anchos de la calzada, de los acotamientos y, en su caso, de la faja separadora central.

TIPO DE CARRETERA		ANCHOS DE				
		CORONA (m)	CALZADA (m)	ACOTAMIENTOS (m)		FAJA SEPARADORA CENTRAL (m)
A	(A2)	12.00	7.00	2.50		-
	(A4)	22.00 MÍNIMO	2 X 7.00	EXT	INT	1.00 MÍNIMO
				3.00	0.5 *	
(A4S)	2 X 11.00	2 X 7.00	EXT	INT	8.00 MÍNIMO	
			3.00	1.0		
B		9.00	7.00	1.00		-
C		7.00	6.00	0.50		-
D		6.00	6.00	-		-
E		4.00	4.00	-		-

\* - La carpeta deberá prolongarse hasta la guarnición.

**Cuadro 1.23.** Anchos de Corona, de Calzada, de Acotamientos y de la Faja Separadora Central.

**Calzada.-** El ancho de la calzada deberá ser:

- En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en el Cuadro 1.23.
- En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente más una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en los Cuadros 1.24, 1.25, 1.26 y 1.27.
- En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas. El ancho en tangente más una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor está dado por la expresión:

$$A = (L / L_e) A_c$$

VELOCIDAD		70					80					90					100					110				
Gc	Rc	Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le		Ac		Sc	Le	
		A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4
0°15'	4583.63	0	20	2.0	39	67	0	20	2.0	45	76	0	30	2.0	50	86	0	30	2.0	56	95	0	30	2.0	52	105
0°30'	2231.84	20	30	2.0	39	67	20	30	2.0	45	76	20	40	2.0	50	86	20	40	2.3	56	95	20	50	2.7	62	105
0°45'	1527.33	20	40	2.0	39	67	20	40	2.5	45	76	30	50	2.8	50	86	30	60	3.4	56	95	30	60	4.0	62	105
1°00'	1149.32	20	50	2.5	39	67	30	50	3.0	45	76	30	60	3.5	50	86	30	70	4.5	56	95	30	70	5.2	62	105
1°15'	916.44	30	50	3.0	39	67	30	60	3.7	45	76	40	60	4.5	50	86	40	70	5.5	56	95	40	80	6.3	62	105
1°30'	753.94	30	60	3.5	39	67	30	60	4.4	45	76	40	70	5.3	50	86	40	80	6.4	56	95	40	90	7.3	64	109
1°45'	684.81	30	60	4.1	39	67	40	70	5.0	45	76	40	80	6.1	50	86	40	80	7.3	58	99	50	100	8.1	71	121
2°00'	572.96	30	70	4.6	39	67	40	80	5.7	45	76	40	90	6.7	50	86	50	80	8.1	65	110	50	100	8.9	78	133
2°15'	509.30	40	80	5.1	39	67	40	90	6.2	45	76	50	100	7.1	53	89	50	100	8.7	70	118	60	110	9.4	83	141
2°30'	458.37	40	80	5.5	39	67	50	90	6.9	45	76	50	100	7.9	57	97	60	110	9.2	74	125	60	120	9.8	86	147
2°45'	416.70	40	80	6.0	39	67	50	90	7.3	47	79	50	110	8.4	60	103	60	110	9.8	77	131	60	120	10.0	98	150
3°00'	381.97	50	90	6.4	39	67	50	100	7.7	49	84	60	110	8.8	63	108	60	120	9.9	79	135					
3°15'	352.59	50	90	6.7	39	67	50	110	8.1	52	88	60	120	9.2	66	113	60	130	10.0	80	136					
3°30'	327.40	50	100	7.1	40	68	50	110	8.5	54	92	60	120	9.6	69	113										
3°45'	305.81	50	110	7.5	42	71	60	120	8.8	55	96	60	130	9.8	71	120										
4°00'	286.48	50	110	7.8	44	74	60	120	9.1	58	99	70	130	9.9	71	121										
4°15'	269.63	60	110	8.1	45	77	60	130	9.4	60	102	70	140	10.0	72	122										
4°30'	254.65	60	120	8.4	47	80	70	130	9.6	61	104															
4°45'	241.25	60	120	8.7	49	83	70	140	9.7	62	108															
5°00'	229.18	60	130	8.9	50	85	70	140	9.9	63	108															
5°15'	218.27	60	130	9.1	51	87	80	140	10.0	63	108															
5°30'	204.35	70	140	9.3	52	89	80	150	10.0	64	109															
5°45'	199.29	70	140	9.5	53	90																				
6°00'	190.99	70	150	9.6	54	91																				
6°15'	183.35	70	150	9.7	54	92																				
6°30'	176.29	80	160	9.8	55	93																				
6°45'	169.77	80	160	9.9	55	94																				
7°00'	163.70	80	160	9.9	55	94																				
7°15'	158.06	80	160	10.0	56	95																				
7°30'	152.79	80	170	10.0	56	95																				

Ac: Ampliación de la Calzada y la Corona en cm

Sc: Sobreelevación en porcentaje

Le: Longitud de la transición en m

(Debajo de esta doble línea se emplearán espirales de transición, y arriba de ella se usarán transiciones mixtas)

Nota: Para Grados intermedios no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

A4s Dos carriles en cada cuerpo con el eje de proyecto en el centro de cada calzada  
A4 Cuatro carriles en un solo cuerpo con el eje de proyecto coincidiendo con el eje geométrico

Cuadro 1.24. Ampliaciones, Sobreelevaciones y Transiciones para Carreteras Tipo A (A4S yA4).

VELOCIDAD		50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0°15'	4583.68	0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
0°30'	2291.84	0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62
0°45'	1527.89	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62
1°00'	1145.92	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.5	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.5	56	30	5.2	62
1°15'	916.74	20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.5	56	40	6.3	62
1°30'	763.94	20	2.0	28	30	2.8	34	30	3.5	39	30	4.4	45	40	5.3	50	40	6.4	56	40	7.3	64
1°45'	654.81	30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	58	50	8.1	71
2°00'	572.96	30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	65	50	8.9	78
2°15'	509.30	30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	53	50	8.7	70	60	9.4	83
2°30'	458.37	30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	57	60	9.2	74	60	9.8	86
2°45'	416.70	30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	60	60	9.6	77	60	10.0	88
3°00'	381.97	40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	63	60	9.9	79			
3°15'	352.59	40	3.9	28	40	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	66	60	10.0	80			
3°30'	327.40	40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	69						
3°45'	305.58	40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	71						
4°00'	286.48	40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71						
4°15'	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	60	8.1	45	60	9.4	60	70	10	72						
4°30'	254.65	50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61									
4°45'	241.25	50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62									
5°00'	229.18	50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	50	70	9.9	63									
5°15'	208.35	60	6.0	28	70	7.8	37	70	9.3	52	80	10.0	64									
6°00'	190.99	60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54												
6°30'	176.29	60	6.7	28	70	8.6	41	80	9.8	55												
7°00'	163.70	60	7.0	28	80	8.9	43	80	9.9	55												
7°30'	152.79	70	7.3	29	80	9.1	44	80	10.0	56												
8°00'	143.24	70	7.6	30	80	9.4	45															
8°30'	134.81	70	7.9	32	90	9.6	46															
9°00'	127.32	80	8.2	33	90	9.7	47															
9°30'	120.62	80	8.4	34	90	9.8	47															
10°00'	114.59	80	8.6	34	90	9.9	48															
10°30'	109.13	90	8.8	35	100	10.0	48															
11°00'	104.17	90	9.0	36	100	10.0	48															
11°30'	99.64	90	9.2	37																		
12°00'	95.49	100	9.3	37																		
12°30'	91.67	100	9.5	38																		
13°00'	88.15	100	9.6	38																		
13°30'	84.88	110	9.7	39																		
14°00'	81.85	110	9.8	39																		
14°30'	79.03	110	9.8	39																		
15°00'	76.39	110	9.9	40																		
15°30'	73.93	120	9.9	40																		
16°00'	71.62	120	10.0	40																		
16°30'	69.45	120	10.0	40																		
17°00'	67.41	130	10.0	40																		

Ac: Ampliación de la Calzada y la Corona en cm

Sc: Sobreelevación en porcentaje

Le: Longitud de la transición en m

(Debajo de esta doble línea se emplearán espirales de transición, y arriba de ella se usarán transiciones mixtas)

Nota: Para Grados intermedios no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

Cuadro 1.25. Ampliaciones, Sobreelevaciones y Transiciones para Carreteras Tipo B y A (A2).

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0°15'	4583.63	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0°30'	2291.84	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0°45'	1527.89	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
1°00'	1145.92	20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
1°15'	916.74	30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
1°30'	763.94	30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
1°45'	654.81	30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	5.0	45	50	6.0	50	60	7.3	58
2°00'	572.96	30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
2°15'	509.30	30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	53	60	8.7	70
2°30'	458.37	40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
2°45'	416.70	40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
3°00'	381.97	40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
3°15'	352.59	40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
3°30'	327.40	40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
3°45'	305.58	50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71			
4°00'	286.48	50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
4°15'	269.63	50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
4°30'	254.65	50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
4°45'	241.25	50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
5°00'	229.18	50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
5°30'	208.35	60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10	64						
6°00'	190.99	60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
6°30'	176.29	60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
7°00'	163.70	70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
7°30'	152.79	70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10	56									
8°00'	143.24	70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
8°30'	134.81	80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
9°00'	127.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
9°30'	120.62	80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10°00'	114.59	90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11°00'	104.17	90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12°00'	95.49	100	7.3	23	110	9.3	37															
13°00'	88.15	100	7.6	24	110	9.6	38															
14°00'	81.85	110	7.9	25	120	9.8	39															
15°00'	76.39	110	8.2	26	120	9.9	40															
16°00'	71.62	120	8.5	27	130	10.0	40															
17°00'	67.41	120	8.7	28	140	10.0	40															
18°00'	63.66	130	8.9	28																		
19°00'	60.31	130	9.1	29																		
20°00'	57.30	140	9.2	29																		
21°00'	54.57	140	9.4	30																		
22°00'	52.09	150	9.5	30																		
23°00'	49.82	150	9.6	31																		
24°00'	47.75	160	9.7	31																		
25°00'	45.84	160	9.8	31																		
26°00'	44.07	170	9.9	32																		
27°00'	42.44	170	9.9	32																		
28°00'	40.93	180	10.0	32																		
29°00'	39.51	190	10.0	32																		
30°00'	38.20	190	10.0	32																		

Ac: Ampliación de la Calzada y la Corona en cm

Sc: Sobrelevación en porcentaje

Le: Longitud de la transición en m

(Debajo de esta doble línea se emplearán espirales de transición, y arriba de ella se usarán transiciones mixtas)

Nota: Para Grados intermedios no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

Cuadro 1.26. Ampliaciones, Sobrelevaciones y Transiciones para Carreteras Tipo C.

VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0°30'	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1°00'	1145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1°30'	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2°00'	572.26	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2°30'	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3°00'	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3°30'	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	28
4°00'	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30
4°30'	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5°00'	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5°30'	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6°00'	190.99	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6°30'	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7°00'	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7°30'	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.9	33	90	10.0	55
8°00'	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8°30'	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9°00'	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9°30'	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10°00'	114.59	60	3.0	10	70	3.5	13	80	5.9	24	90	9.1	44			
11°00'	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48			
12°00'	95.49	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13°00'	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.5	31						
14°00'	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15°00'	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16°00'	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17°00'	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18°00'	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19°00'	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20°00'	57.30	90	3.5	10	100	6.7	21									
22°00'	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24°00'	47.75	100	4.0	10	120	8.0	27									
25°00'	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28°00'	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30°00'	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32°00'	35.81	130	5.3	13												
34°00'	33.70	130	5.7	14												
36°00'	31.83	140	6.0	14												
38°00'	30.16	150	6.3	15												
40°00'	28.65	150	6.7	16												
42°00'	27.28	160	7.0	17												
44°00'	26.04	160	7.3	18												
46°00'	24.91	170	7.7	18												
48°00'	23.87	180	8.0	19												
50°00'	22.92	180	8.3	20												
52°00'	22.04	190	8.7	21												
54°00'	21.22	190	9.0	22												
56°00'	20.46	200	9.3	22												
58°00'	19.75	200	9.7	23												
60°00'	19.10	210	10.0	24												

**Ac** - Ampliación de la Calzada y la Corona en cm  
 En carreteras Tipo E, no se dará la Ampliación por Curvatura, a menos que se proyecten libraderos en curva horizontal

**Sc** - Sobreelevación en porcentaje

**Le** - Longitud de la transición Mixta en m

**Nota:** Para Grados intermedios no previstos en la tabla, **Ac**, **Sc** y **Le** se obtienen por interpolación lineal.

**Cuadro 1.27.** Ampliaciones, Sobreelevaciones y Transiciones para Carreteras Tipo E y D.

En donde:

- A** Ampliación del ancho de la calzada en un punto de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.
  - L** Distancia del origen de la transición al punto cuya ampliación se desea determinar en metros.
  - Le** Longitud de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.
  - Ac** Ampliación total del ancho de la calzada correspondiente a la curva circular, en metros.
- d) En tangentes y curvas horizontales para carreteras **Tipo "E"**.
- d.1) El ancho de la calzada en carreteras **Tipo "E"**, no requerirá de ampliación por curvatura horizontal.
  - d.2) Por requisitos operacionales será necesario ampliar el ancho de la calzada, formando libraderos, para permitir el paso simultaneo a dos vehículos que circulan en el mismo sentido. El ancho de la calzada en la zona del libradero será el correspondiente al de la carretera **Tipo "D"**.
  - d.3) La longitud de los libraderos será de veinte (20) metros más dos transiciones de cinco (5) metros cada una.
  - d.4) Los libraderos se espaciarán a una distancia de doscientos cincuenta (250) metros, o menos, si así lo requiere la visibilidad entre ellos.

**Acotamientos.-** El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno, según se indica en el *Cuadro 1.23*.

**Pendiente Transversal.-** En tangentes del alineamiento horizontal, el bombeo de la corona deberá ser:

- a) De menos dos por ciento (-2 %) en carreteras **Tipo "A", "B", "C" y "D"** pavimentadas.
- b) De menos tres por ciento (-3 %) en carreteras **Tipo "D" y "E"** revestidas.

En curvas circulares, la sobreelevación de la corona deberá ser:

- a) De diez por ciento (10 %) para el grado máximo de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto.
- b) Igual a los valores indicados en los *Cuadros 1.24, 1.25, 1.26 y 1.27*, para grados de curvatura inferiores al grado máximo correspondiente a cada velocidad de proyecto.

En curvaturas espirales de transición y en transiciones mixtas, la sobreelevación de la corona en un punto cualquiera de las curvas estará dada por la expresión:

$$S=(L / Le) S_c$$

En donde:

- S Sobreelevación de la corona en un punto cualquiera de la curva espiral de transición o de la transición mixta, en por ciento.
  - L Distancia del origen de la transición al punto considerado en el que se desea determinar la sobreelevación de la corona, en metros.
  - Le Longitud de la curva espiral de transición o de la transición mixta, en metros
  - Sc Sobreelevación de la corona correspondiente al grado de curvatura, en por ciento.
- a) Para el desarrollo de la sobreelevación de la corona se utilizará la longitud de la espiral de transición o de la transición mixta, según se indica en la *Figura 1.17*.
  - b) En los extremos de las curvas espirales de transición o de las transiciones mixtas, se harán los ajustes indicados en la *Figura 1.17*. para ligar la sobreelevación con el bombeo.
  - c) La longitud mínima de las transiciones mixtas y de las espirales de transición será la indicada en los *Cuadros 1.24, 1.25, 1.26 y 1.27*.
  - d) En todos los casos la transición mixta deberá proyectarse considerando un medio de su longitud sobre la tangente del alineamiento horizontal y el medio restante dentro de la curva circular.

**Faja Separadora Central.-** La faja separadora central deberá proyectarse únicamente en carreteras **Tipo A** de cuatro carriles.

- a) Cuando la sección transversal esté formada por un solo cuerpo, el ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de un (1.00) metro.
- b) Cuando la sección transversal este formada por dos cuerpos separados, el ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de ocho (8.00) metros.

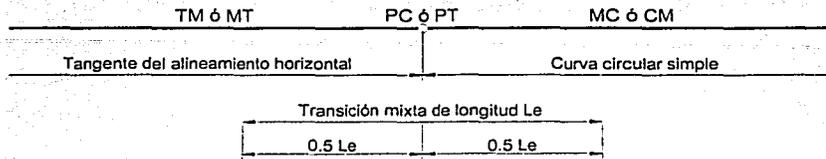
**Taludes.-** Los taludes estarán definidos por su inclinación, expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente.

- a) En Terraplén.- El talud de la sección transversal en terraplén deberá ser de uno y medio a uno (1.5 : 1), pudiendo tener una inclinación diferente si así lo especifica la *Secretaría*.
- b) En Corte.- El talud de la sección transversal en corte deberá ser el que especifique la *Secretaría*.

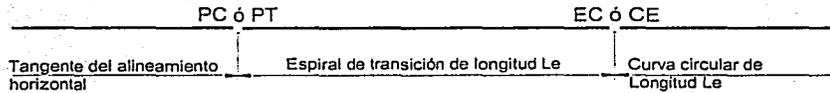
**Cunetas.-** Las cunetas serán de forma triangular y están definidas por su ancho y sus taludes.

LOCALIZACIÓN RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

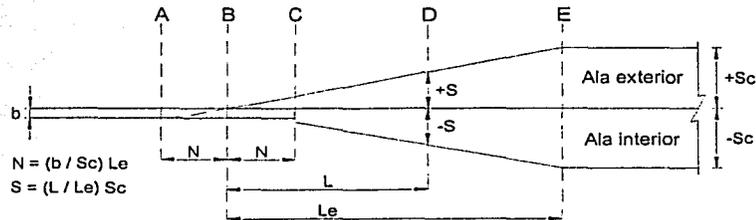
a) Transición Mixta



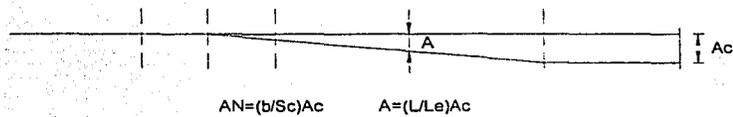
b) Espiral de Transición



VARIACIÓN DE LA SOBREELEVACIÓN



VARIACIÓN DE LA AMPLIACIÓN



SECCIONES TRANSVERSALES

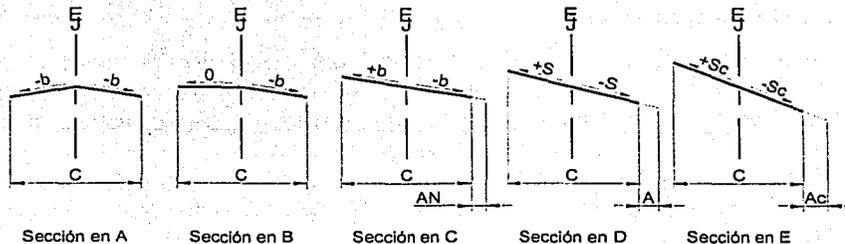


Figura 1.17. Desarrollo de la sobre elevación y la ampliación.

- a) Ancho.- El ancho de la cuneta, medido horizontalmente entre el hombro de la corona y el fondo de la cuneta, deberá ser de un metro (1.00 m), pudiendo ser mayor si, por capacidad hidráulica, así se requiere.
- b) Taludes.- El talud interno de la cuneta debe ser de tres a uno (3 : 1). El talud externo de la cuneta será el correspondiente al de corte.

*Contracunetas.*- Las contracunetas serán, generalmente, de forma trapezoidal y están definidas por su ancho de plantilla, su profundidad y sus taludes. Su utilización, ubicación y dimensiones estarán sujetas a los estudios de drenaje y geotécnicos, o a lo que especifique la *Secretaría*.

*Obras Complementarias.*- Las obras complementarias de la sección transversal, tales como guarniciones, bordillos, lavaderos, banquetas, defensas y dispositivos para el control del tránsito deberán considerarse en el proyecto cuando así lo especifique la *Secretaría*.

*Derecho de Vía.*- El derecho de vía esta definido por su ancho y su longitud. El ancho del derecho de vía es variable.

## RECOMENDACIONES GENERALES

### DE LA CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS.

Para la selección del tipo de carretera con fines de proyecto, se observará lo siguiente:

- a) Con base en el TDPA para el horizonte de proyecto, el cual no será mayor de veinte (20) años, se adoptará uno de los tipos de carretera establecidos en este capítulo.
- b) En la aplicación de los distintos tipos mencionados, deberá tenerse en cuenta que a lo largo de la carretera en proyecto podrán existir tramos con volúmenes de tránsito muy diferentes, en tales casos, se deberá contar con los datos del párrafo a) de este Inciso, para proyectar cada tramo de acuerdo al tipo, de carretera que corresponda.
- c) Cuando el TDPA estimado para el horizonte de proyecto, sea similar o coincida con alguno de los límites establecidos para clasificar los diferentes tipos de carretera y se presente en consecuencia un caso de frontera se deberá seleccionar el tipo de carretera de rango Inferior.
- d) En algunos casos de frontera y cuando las condiciones particulares lo ameriten para decidir el tipo de carretera, es recomendable efectuar evaluaciones operacionales y económicas que contemplen tanto los costos de construcción de la obra, como los correspondientes a la operación y conservación de la misma, eventualmente se podrán considerar estrategias de construcción de tipo evolutivo, contemplando la posibilidad de pasar de un tipo de carretera a otro de rango superior.

Para la determinación de las características de la carretera, dentro de los tipos definidos en este capítulo, se observará lo siguiente:

- a) En lo que se refiere a la configuración terreno, para la correcta interpretación de estas especificaciones se conviene en clasificarlas como sigue:
  - a.1. TERRENO TIPO PLANO. Aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y generalmente de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.
  - a.2. TERRENO TIPO LOMERÍO. Aquel cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendientes transversales no mayor de cuarenta y cinco (45) por ciento.
  - a.3. TERRENO TIPO MONTAÑOSO. Aquel que tiene pendientes transversales mayores de cuarenta y cinco (45) por ciento, caracterizado por accidentes topográficos notables.
- b) La clasificación del terreno, se definirá no solamente por la configuración topográfica general, sino por las características que el terreno imprime a la carretera, tanto por lo que se refiere a su geometría, como a la magnitud de sus movimientos de tierra; como puede ser el caso de una carretera localizada en un parteaguas de zona montañosa en donde el terreno pudiera clasificarse como plano o lomerío.
- c) La velocidad de proyecto, se seleccionará de acuerdo a la severidad de las condiciones topográficas y a la función de la carretera. Cuando la magnitud de los volúmenes de tránsito lo ameriten, se requiere hacer análisis económicos para determinar la velocidad de proyecto óptima.
- d) Cuando en el proyecto, por razones topográficas, se pase de un tramo de alta velocidad a otro de baja, se procurará intercalar un tramo de transición con velocidades intermedias, para que el cambio sea gradual. Los decrementos en velocidad de proyecto serán de diez (10) kilómetros por hora.

## DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD.

Como mínimo las carreteras deberán proyectarse con la distancia de visibilidad de parada, o de encuentro para carreteras Tipo "E", sin embargo, para carreteras de dos carriles, se procurará proyectar tramos con distancia de visibilidad de rebase siempre que no se eleven considerablemente los costos de construcción, de manera que en tramos de cinco (5) kilómetros, se tengan los siguientes subtramos con distancia de visibilidad de rebase.

- a) Para carreteras Tipo "D"  
Un subtramo de 600 m,  
ó  
Dos subtramos de 300 m.
- b) Para carreteras Tipo "C"  
Un subtramo de 1,500 m,  
ó  
Dos subtramos de 750 m,  
ó  
Tres subtramos de 500 m,  
ó  
Cuatro subtramos de 375 m.
- c) Para carreteras Tipo "B" y "A2"  
Un subtramo de 3,000 m,  
ó  
Dos subtramos de 1,500 m,  
ó  
Tres subtramos de 1,000 m,  
ó  
Cuatro subtramos de 750 m,  
ó  
Cinco subtramos de 600 m,  
ó  
Seis subtramos de 500 m.

## DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Para el proyecto del alineamiento horizontal conviene observar lo siguiente:

- a) Las tangentes muy largas pueden resultar peligrosas, sobre todo para carreteras con altas velocidades de proyecto. Esta situación podrá evitarse sustituyendo dichas tangentes por otras de menor longitud unidas entre sí por curvas suaves.
- b) El grado de las curvas circulares se debe elegir de manera que se ajusten lo mejor posible a la configuración del terreno. En general, el grado de curvatura será el menor posible para permitir la mayor fluidez del tránsito, pero sin perder de vista el costo de construcción.
- c) Se evitarán cambios bruscos en el alineamiento horizontal. Así, al pasar de una tangente larga a una curva, esta debe ser de grado pequeño bastante menor que el

máximo especificado. Análogamente, si el proyecto comprende un tramo sinuoso entre dos (2) de buen alineamiento se procurará que el grado de las curvas vaya aumentando paulatinamente hacia las curvas de mayor grado usadas en el tramo sinuoso.

- d) El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible; sin dejar de ser congruente con la topografía. Un alineamiento que se adapta al terreno es preferible a otro con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
- e) Conviene evitar las curvas circulares compuestas y las curvas consecutivas en el mismo sentido. El efecto desfavorable que estas curvas ejercen sobre el conductor de un vehículo se reduce cuando:
  - e.1. La longitud en metros de la tangente que separa el PT del PC de dos curvas circulares con transiciones mixtas es mayor o igual a uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora.
  - e.2. La longitud en metros de la tangente que separa el ET del TE de dos curvas circulares con espirales de transición es mayor o igual uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora, menos la semisuma de las longitudes de las espirales.
  - e.3. La longitud en metros de la tangente que separa el PT del TE o el ET del PC de dos curvas circulares, teniendo una de ellas espiral y la otra transición mixta es mayor o igual uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora, menos la longitud de la espiral.
- f) Cuando la longitud de la tangente entre curvas consecutivas en el mismo sentido no cumpla con lo indicado en el párrafo anterior, se podrán sustituir por:
  - f.1. Una sola curva que se ajuste, en lo posible al trazo original.
  - f.2. Otras curvas de mayor grado, pero menores al máximo, para lograr la condición de tangente libre de uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora.
- g) Cuando en una curva horizontal con talud de corte en su lado interior, no se satisfaga la distancia de visibilidad de parada, se puede recurrir a cualquiera de las soluciones siguientes:
  - g.1. Recortar el talud interior de la curva.
  - g.2. Disminuir el grado de la curva.
- h) Cuando los ángulos centrales de las curvas sean pequeños, se evitarán longitudes de curva corta para quitar la apariencia de codo.
- i) Se procurará que la longitud máxima de una curva horizontal con o sin espirales de transición no exceda la distancia recorrida por el vehículo en 20 segundos a la velocidad de proyecto.

Con relación al alineamiento vertical, se procurará observar lo siguiente:

- a) Se proyectarán alineamientos con cambios de pendientes suaves, en vez de tangentes verticales con variaciones bruscas de pendiente. Los controles para el proyectista son la pendiente gobernadora, la pendiente máxima y su longitud crítica, que siempre que sea posible se escogerán menores a los máximos especificados.
- b) Cuando para salvar desniveles apreciables se disponga de tangentes verticales con pendientes escalonadas, se procurará poner las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
- c) Es preferible un perfil escalonado, en lugar de una pendiente sostenida. Para proyectar este tipo de alineamiento deben tomarse en cuenta los conceptos de pendiente gobernadora, pendiente máxima y longitud crítica de pendiente.
- d) El alineamiento vertical deberá prever el espacio para alojar las obras de drenaje u otra estructura que se requiera.
- e) Se debe evitar que la cima de un columpio quede alojada en corte o balcón a menos que se justifique económicamente.
- f) Los alineamientos verticales que tienen sucesivamente curvas pronunciadas en cresta y en columpio, suelen presentarse en alineamientos horizontales rectos en donde el alineamiento vertical sigue sensiblemente el perfil del terreno, resultando caminos antiestéticos y peligrosos en las maniobras de rebase. Estos perfiles pueden evitarse introduciendo cierta curvatura horizontal y/o suavizando las pendientes con algunos cortes y terraplenes. Esta recomendación es particularmente aplicable a caminos con altos volúmenes de tránsito.
- g) Siempre que económicamente sea posible, se procurará que la longitud de las curvas verticales sea mayor que la mínima, aún para bajas velocidades de proyecto.
- h) Deberá evitarse el proyecto de curvas verticales sucesivas con la misma concavidad o convexidad, con tangentes intermedias muy cortas; esta recomendación es particularmente aplicable a curvas en columpio.
- i) Cuando el terreno lo permita y no se incremente sensiblemente el costo de construcción las curvas verticales deberán proyectarse para satisfacer las distancias de visibilidad de rebase.
- j) Cuando el desnivel a vencer obligara mantener una pendiente en tramos de gran longitud o en longitudes superiores a la crítica, puede proyectarse un carril de ascenso adicional, si el nivel de servicio deseado lo justifica.
- k) Cuando esté previsto el proyecto de un entronque a nivel en tangentes con pendiente, que afecte sensiblemente la incorporación o desincorporación, se procurará disminuir la pendiente en la zona del entronque.

Con relación a la combinación del alineamiento horizontal con el vertical, se procurará observar lo siguiente:

- a) En alineamientos verticales que originen terraplenes altos y largos son deseables alineamientos horizontales rectos o de muy suave curvatura.
- b) Los alineamientos horizontal y vertical deben estar balanceados. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes y curvas verticales cortas, o bien una curvatura excesiva con pendientes suaves corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo el máximo de seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de las restricciones impuestas por la topografía.
- c) Cuando el alineamiento horizontal está constituido por curvas con grados menores al máximo, se recomienda proyectar curvas verticales con longitudes mayores que las mínimas especificadas; siempre que no se incrementa considerablemente el costo de construcción de la carretera.
- d) Conviene evitar la coincidencia de la cima de una curva vertical en cresta, con el inicio o terminación de una curva horizontal.
- e) Debe evitarse proyectar la cima de una curva vertical en columpio, en o cerca de una curva horizontal.
- f) En general, cuando se combinen curvas verticales y horizontales, o una esté muy cerca de la otra, debe procurarse que la curva vertical esté fuera de la curva horizontal o totalmente incluida en ella, con las salvedades mencionadas.
- g) Los alineamientos deben combinarse para lograr el mayor número de tramos con distancias de visibilidad de rebase.
- h) En donde este previsto el proyecto de un entronque, los alineamientos deben ser lo mas suave posible.

Con relación a la sección transversal, se procurará observar lo siguiente:

- a) Cuando se prevean defensas, bordillos, señales, etc., a los lados del camino, deberá ampliarse la corona, de manera que los anchos de los acotamientos correspondan a los especificados.
- b) Los bordillos sólo deberán proyectarse en terraplenes con taludes erosionables.
- c) El ancho del derecho de vía deberá determinarse por tramos ó zonas de acuerdo al tipo de carretera, para lo cual se establecerá en cada caso su función, su evolución, requerimientos de construcción, conservación, futuras ampliaciones, uso actual y futuro de la tierra, as como servicios requeridos por los usuarios. Esta determinación debe apoyarse en un análisis económico y en la disponibilidad de recursos.



## CAPÍTULO II: ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO

### II.1 ANTECEDENTES.

De manera cotidiana, los usuarios de las carreteras presenciamos los accidentes que suceden a diario en las carreteras del país, para las personas que se encuentran directamente implicadas, aparece inmediatamente la búsqueda de culpables, y se mencionan términos como "imprudencia", "alcohol", "velocidad", "rebase incorrecto" y "falta de vigilancia", entre otras causas.

En el marco de crecimiento de todo tipo de vehículos automotores en México, se han multiplicado los lugares donde son más frecuentes los siniestros. Estos puntos los "vemos" en los accesos y en las travesías de las rutas por ciudades y también en lugares en que se realizan cambios de dirección (empalmes de rutas, intersecciones, etc.)

Todos sabemos, o por lo menos intuimos, que las soluciones más eficaces y efectivas están en mejorar el comportamiento del factor humano denominado "conductor", así como el de la infraestructura vial que aún mantiene varios puntos problemáticos.

Es allí donde, con una correcta práctica de la *Ingeniería de Tránsito*, se puede incrementar sustancialmente la seguridad. En efecto, un adecuado diseño de la infraestructura carretera, así como una señalización eficiente reduciría una gran parte de los siniestros.

Para que este aporte sea efectivo es necesario adoptar una metodología de trabajo propia de la *Ingeniería de Tránsito*, llamada "**Tratamientos de Puntos de Conflicto**", por parte de autoridades Municipales, Estatales y Federales.

Los puntos de conflicto, antiguamente llamados "puntos negros", son aquellos lugares, tramos o intersecciones, que presentan altas tasas de accidentes, por lo que deben tratarse en forma prioritaria, con la consecuente disminución de accidentes.

Como es sabido, a nivel mundial una de las principales preocupaciones de los organismos encargados de la operación de las carreteras es la seguridad vial, la cual puede definirse como "la certidumbre de que el usuario que circula por las carreteras lo haga con una baja probabilidad de verse involucrado en un accidente de tránsito".

El accidente a su vez se define como "un suceso o hecho eventual, imprevisible, inesperado e inevitable en el momento de su ocurrencia"; sin embargo, los especialistas en éste fenómeno desde hace tiempo detectaron que los accidentes no son en absoluto acontecimientos fortuitos, inevitables, impredecibles y dependientes de la suerte, sino que en la inmensa mayoría de los casos siguen parámetros característicos de distribución; es decir, el accidente generalmente es siempre una consecuencia de alguna falla evitable y hasta cierto punto predecible del sistema.

Para hablar de accidentes, resulta conveniente definir algunos términos:

- **Atropello:** acción en la que un vehículo embiste y derriba o empuja violentamente a uno o más peatones para pasar.
- **Colisión:** encuentro violento entre dos o más vehículos en movimiento.
- **Choque:** encuentro violento de un vehículo en movimiento contra un objeto en reposo.
- **Volcamiento:** acción mediante el cual un vehículo se tuerce hacia un lado y cae.
- **Lesiones Graves:** fractura sufrida por la víctima involucrada en el accidente de tránsito.
- **Lesiones menos Graves:** cortaduras y contusiones menores sufridas por la víctima.
- **Daños:** deterioro del vehículo involucrado en un accidente.

De acuerdo a las estadísticas a nivel mundial, el causante principal de los accidentes de tránsito es el conductor, siendo el exceso de velocidad la circunstancia que en mayor medida contribuye a su ocurrencia. Estas apreciaciones están estrechamente relacionadas con las características de la infraestructura y las características de los vehículos, aunque desde luego influye de manera importante el comportamiento de los conductores. En México, en el año de 1999 se registraron 60,507 accidentes en la red federal, con un saldo de 36,528 heridos, 5,106 muertos y daños materiales por 1,513.8 MDP. Del total de accidentes, en el 81.8 % el conductor fue el causante principal y de este porcentaje el 62.5 % se debió al exceso de velocidad.

En consecuencia, es conveniente recalcar que el desarrollo de la velocidad en los vehículos modernos, en contraste con una infraestructura vial que se ha rezagado con respecto a los avances tecnológicos en materia, y en combinación con nuestra inadaptación a estas dos situaciones, lo que en suma provoca la mayor parte de los accidentes.

Lo anterior es fácilmente explicable si retrocedemos un poco al pasado y observamos que en lo concerniente a la infraestructura una buena parte de las carreteras fue proyectada y construida desde hace aproximadamente 50 años, en una época en la que una velocidad de 60 km/hr se consideraba como alta para un vehículo automotor. Ello queda de manifiesto si asumimos que la evolución de la red federal ha sido lenta ya que el 16 % de la red federal tiene menos de 20 años de edad y el 53 % tiene más de 40 años. Por su parte, el progreso del vehículo automotor durante los últimos 50 años ha tenido un desarrollo vertiginoso, experimentando cambios extraordinarios principalmente en su potencia, velocidad y comodidad; estos cambios siguen sucediendo año con año y no se ve fin a su evolución. Como ejemplo podemos citar que un tractocamión quinta rueda con dos remolques y un peso de 70 toneladas sube sin dificultad una pendiente hasta de 8 grados como las que existen en las Cumbres de Maltrata, en Veracruz, o bien acelerar en regiones planas en algunos segundos, hasta 100 km/hr. El tercer y principal elemento involucrado en los accidentes es el conductor, el cual cuenta con la ayuda del vehículo de combustión interna desde hace menos de 90 años, por lo se puede inferir que se trata de un "juguete novedoso", que históricamente se acaba de incorporar a nuestra vida cotidiana y, por lo tanto, aún no asimilamos sus bondades y sus peligros.

Para contrarrestar estas inconsistencias que prevalecen dentro de lo que podemos denominar el "sistema de accidentes", la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes* en el marco establecido en los Planes de Desarrollo, tiene como una de las encomiendas principales, actuar directamente en la infraestructura para corregirlas, razón por la cual se ha establecido el "Programa Nacional de Atención de Puntos de Conflicto".

## II.2. SITUACIÓN ACTUAL.

La seguridad vial ha adquirido una mayor importancia social en los últimos años, lo cual se ve en una mayor concientización y dedicación de recursos humanos y económicos por parte de instituciones públicas y privadas, y en el esfuerzo de muchas personas que creen en la posibilidad de reducir los accidentes.

Ahora bien, toda inversión de recursos conlleva deficiencias. En primer lugar se puede señalar, por ejemplo, la todavía insuficiente contribución a este renglón, aunque podemos afirmar que la inversión tiene una tendencia ascendente, los recursos siguen siendo insuficientes si consideramos la gravedad del problema. Esa mayor inversión debe estar dirigida hacia dos actuaciones fundamentales:

- a) La implementación de más acciones.
- b) El desarrollo de mayor número de investigaciones.

En segundo lugar, podemos mencionar la falta de formación por parte de numerosos profesionales de la seguridad vial o profesionistas que, dentro de esta labor, reciben o asumen esta competencia.

De esta serie de actuaciones, a la *SCT* le corresponde una buena parte de la responsabilidad de llevarlas a cabo pero fundamentalmente en ella recae la atención en la implementación de más acciones.

De acuerdo a ello y como consecuencia del gran diferencial que existe entre las características de la infraestructura y las de los vehículos, la *SCT* ha tratado de dar solución a los problemas de los accidentes mediante acciones aplicadas directamente en la infraestructura; sin embargo, puesto que también los recursos han sido escasos, los esfuerzos por atacar de lleno el problema de los accidentes han quedado aislados del resto de las acciones que en otros ámbitos deberían estarse aplicando, tales como la educación vial, la aplicación adecuada de la reglamentación y la vigilancia por parte de la autoridad correspondiente.

En los años recientes y con un enfoque sistemático de las acciones, se han realizado ciertos programas abocados a modificar algunos puntos en la infraestructura carretera que provocaban o se estimaba que tenían un grado de influencia en los accidentes. Fue así que en el año de 1995 se asignaron recursos específicos para llevar a cabo el mejoramiento de 350 entronques a nivel en donde la ocurrencia de percances era sistemáticamente elevada; las mejoras consistieron en la instalación de señalamiento (vertical y horizontal) y la ejecución de obras de bajo costo con las que se logró a

canalización adecuada del tránsito. Con ello los percances disminuyeron en un 50% según los saldos registrados antes y después de la ejecución de las obras. En 1996 se atendieron 351 "puntos de conflicto" y se adecuaron, también con señalamiento, 30 pasos a nivel con vías del ferrocarril y pequeñas obras para que la operación del tránsito fuera más segura.

En ese mismo año de 1996 se identificaron 1,451 puntos peligrosos sobre la red carretera federal libre de peaje, con los que se formuló el "Programa Nacional 1997 de atención de puntos de conflicto", atendiéndose un total de 716 sitios, con una inversión de 142.7 millones de pesos. Durante el año de 1995 ocurrieron 4,849 accidentes, con un saldo de 360 muertos y 2,663 heridos. En 1998 se reidentificaron 781 puntos de conflicto, de los cuales pudo lograrse la atención de 198 puntos, con una inversión de 76.8 millones de pesos, y durante el año de 1996 ocurrieron 1,184 accidentes, con saldos de 103 muertos y 710 heridos.

En ambos programas se implementaron acciones como intensificar el señalamiento, mejorar la geometría, mejorar el estado físico del pavimento o mejorar la operación del punto combinando varias de estas acciones, dando solución a 279 curvas, 256 entronques, 292 tramos cortos de carretera, 30 retornos, 24 cruces a nivel de ferrocarril, 19 puentes vehiculares, 13 puentes peatonales y un paradero.

Por causas de orden presupuestal en los años de 1999 y 2000 no se llevó a cabo el "Programa"; sin embargo, se continuó trabajando en la identificación de puntos de conflicto y mejorando los procedimientos para su investigación y análisis. Durante ese período se han identificado 779 puntos adicionales a los que se habían detectado en años anteriores. De acuerdo a ello, desde la implementación formal del "Programa Nacional de Atención de Puntos de Conflicto" se han detectado 3,011 puntos, de los cuales se han atendido 914, como ya se mencionó, quedando por atender 2,097 puntos cuyos saldos asociados son 18,960 accidentes, 9,595 heridos y 1,424 muertos. Para el año 2001 se autorizaron recursos por 12.6 millones de pesos para atender 68 puntos de conflicto.

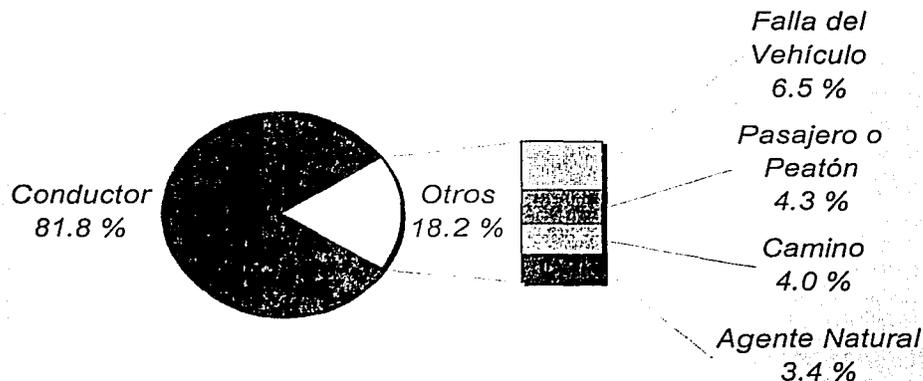
### II.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONFLICTO.

De acuerdo a la información estadística de los accidentes mencionados al inicio de este Capítulo, sólo para identificar la participación del resto de los causantes, del total de accidentes ocurridos en 1999, después del conductor como causante principal, siguen en orden descendente la falla del vehículo con un 6.5 %, pasajero o peatón con un 4.3 %, el camino con un 4.0 % y agente natural con 3.4 % (*Figura 2.1*).

Toda esta información de los accidentes que en "números fríos" nos muestra hacia donde se puede atacar el problema, tienen el inconveniente de la inconsistencia pues en la mayoría de los casos sólo reflejan lo que en el instante o en un tiempo determinado, después de ocurrido el accidente, el agente de la policía percibe cuando realiza el reporte correspondiente. Aunque esté plenamente capacitado para realizar esta actividad, no efectúa un análisis detallado de lo que ocurrió en el mismo. Si el resultado de algún percance arroja saldos mortales, el agente del ministerio público se apoya en el reporte

del agente del tránsito para dar fe de lo acontecido y poder levantar el o los cadáveres del lugar, sin analizar el entorno en el que ocurrió.

## Causantes de Accidentes en Carreteras (1999)



**Figura 2.1.** Gráfico de participación de los diferentes causantes de accidentes.

Los peritajes para establecer en forma contundente todos los causales del accidente no se llevan a cabo y si estos se llegan a realizar por alguna querrela, los resultados no son incorporados al expediente que se generó del accidente.

Una situación adicional a lo anterior es el nulo seguimiento que se le da a un accidente en el que existieron saldos con heridos, pues se desconocen los resultados posteriores al percance respecto a esta situación.

No obstante lo anterior, las estadísticas de accidentes, con todas sus deficiencias, son la única fuente de información para dar inicio a todo un proceso que, de acuerdo a la "Ingeniería de Tránsito", debe seguirse en la identificación de sitios peligrosos.

Esta identificación que requiere una técnica especial y conocimientos amplios sobre el tratamiento analítico de los lugares con alta frecuencia de accidentes se describe brevemente en este Capítulo, no sin antes advertir que el procedimiento se ha establecido desde hace varios años de acuerdo a las experiencias acumuladas en otros países y que son tratados con todo detalle en los programas de especialización en Ingeniería de Tránsito.

En México, la planeación estratégica de la SCT plantea como una de sus acciones, el atender la seguridad vial; en este concepto, en el área de infraestructura es necesario resolver los sitios que presentan mayor ocurrencia de accidentes, por lo que dentro de

este rubro se tiene como meta realizar las propuestas de solución para los sitios conflictivos a nivel nacional.

A continuación se presentan los siete pasos básicos que deben llevarse a cabo para identificar los "puntos de conflicto", analizarlos, jerarquizarlos, estudiar las causas de los accidentes y proponer soluciones, los cuales se enuncian y se describen a continuación:

### **1.- Creación de un banco de datos con los reportes de accidentes, levantados por la Policía Federal Preventiva.**

Partiendo de la información contenida en el reporte de accidentes elaborado por la Policía Federal Preventiva, se forma un banco de datos, el cual debe estar organizado para su consulta por ubicación de los accidentes, es decir, agrupado por sitios, indicando nombre de la carretera, tramo y kilometraje.

Esta información es procesada por la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes* desde el punto de vista técnico, de donde surgen una serie de datos estadísticos que muestran diversidad de información relacionada con los accidentes y analizada de tal forma que pueden conocerse los saldos, causas, tipos, fechas, características de los vehículos, etc. Esta información, debe ser ordenada y analizada para que se puedan seleccionar los lugares con alta frecuencia de accidentes.

### **2.- Seleccionar los lugares de alta frecuencia de accidentes.**

El criterio que se debe aplicar para seleccionar un punto peligroso (o punto de conflicto), no sólo es aquel en el que se han registrado mas accidentes, sino que hay que tomar en cuenta los saldos (heridos y muertos principalmente); esto es con objeto de ponderar adecuadamente los sitios peligrosos para darles la atención requerida.

Para el análisis deberá tenerse en cuenta el área de influencia del sitio (tramo o punto) que se estudia, dado que en el punto de ocurrencia del accidente se conjugan una serie de factores previos, que pueden ser operacionales (velocidad, volumen, etc.) y/o físicos (distancia de visibilidad, estado del pavimento, etc.).

Los sitios para su análisis se definirán como "puntos" o "tramos".

Un "punto" podrá ser una curva, entronque, puente, etc., cuya longitud total para el análisis no podrá exceder de 1 km; sólo bajo circunstancias especiales y para el caso de un entronque puede considerarse mayor, así podrán ser hasta 400, 500 ó 600 metros en cada rama, dependiendo de donde se inicia propiamente la intersección (considerar los carriles de cambio de velocidad, la ubicación del señalamiento preventivo, informativo o restrictivo, la distancia de visibilidad, etc). En el punto en estudio deberán haber ocurrido por lo menos 4 accidentes en cada año.

Para que un "tramo", como tangente, zona de curvas, etc. pueda considerarse como tal, deberá presentar características físicas y de operación similares en toda su longitud. La longitud del tramo no deberá ser mayor de 15 km y haber ocurrido como mínimo ocho accidentes por año.

Los sitios en los que se registran gran cantidad de accidentes indican la necesidad de un cambio y los informes de estos accidentes revelan algunos de los probables cambios requeridos. El problema de los accidentes puede considerarse como relativo y es una cuestión de opinión, no habiendo entre la sociedad un número aceptable de accidentes a menos que este sea cero.

Los datos estadísticos actuales con que cuenta la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes* permiten una identificación adecuada de los sitios con alta frecuencia de accidentes. Esta información, la cual existe en el documento denominado "Estadística de Accidentes de Tránsito", contiene una serie de datos ordenados en diversas secciones, en las que puntualmente se pueden detectar los "Saldos, Causas, Número y Clasificación de Accidentes", proporcionando también gráficas como el de la *Cuadro 2.2* del anexo en la que se muestra para un tramo específico, la frecuencia de accidentes por kilómetro, siendo esto un buen punto de partida para el análisis.

Es conveniente que se elijan para aplicar el procedimiento enunciado, los sitios que presentan el mayor número de accidentes y no basarse en el criterio de que cumplan con el valor mínimo previamente indicado, con lo cual se pretende estudiar primeramente los puntos con mayor accidentalidad.

El criterio general para seleccionar los puntos de conflicto, incluye la determinación del impacto de los muertos y los heridos en los accidentes, los cuales se calculan mediante un indicador denominado "número de accidentes equivalente", el cual considera que por cada muerto se cuantifican seis accidentes y por cada herido dos accidentes; así, el número de accidentes equivalente en cada sitio se determina por la siguiente expresión:

$$NAE = (ACC \times 1) + (M \times 6) + (H \times 2)$$

En donde:

*NAE* = Número de accidentes equivalentes.

*ACC* = Número de accidentes anuales en el sitio analizado.

*M* = Número de muertos registrados anualmente en el sitio analizado.

*H* = Número de heridos registrados anualmente en el sitio analizado.

Por el contrario de todo lo expresado anteriormente, cuando en algún sitio se detecte que existen muchos muertos o heridos y pocos accidentes, se tendrá que cerciorar que la causa aparente sea atribuible a condiciones frecuentes que puedan ser corregidas y no causas aisladas.

De los sitios resultantes con el procedimiento anterior, se sustraen los puntos o tramos, en los que se han desarrollado acciones correctivas o se han programado efectuar como parte de los programas de modernización de la red.

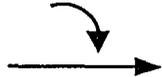
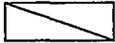
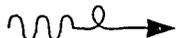
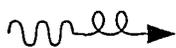
Para el análisis definitivo solo se estudiará de manera detallada como máximo 7 sitios por entidad federativa. Si utilizando el procedimiento indicado existen más de 7 sitios, se efectuará una jerarquización haciendo participar los saldos de los accidentes.

### 3.- Preparar Diagrama de Colisiones.

Posteriormente a la selección de sitios con alta frecuencia de accidentes, debe prepararse un "Diagrama de Colisiones" para cada sitio seleccionado, dibujando esquemáticamente la intersección o tramo del camino en el que se pueda mostrar claramente la trayectoria de cada vehículo involucrado en cada uno de los accidentes.

El diagrama de colisiones debe mostrar gráficamente la índole de todos los accidentes ocurridos en el sitio, por medio de símbolos como los que se muestran en el *Cuadro 2.1*.

No es necesario que el diagrama de colisiones se dibuje a escala, sin embargo deberá indicarse por medio de flechas, la dirección del movimiento de cada vehículo o peatón involucrado en cada uno de los accidentes registrados en el diagrama.

Vehículo en movimiento		Colisión de frente	
Vehículo en reversa		Colisión en ángulo recto	
Peatón		Colisión lateral	
Accidente fatal		Colisión vuelta izquierda	
Accidente con herido(s)		Colisión de frente, con muertos	
Colisión por detrás (alcance)		Colisión de frente, con heridos	
Vehículo estacionado		Colisión de frente, con muertos y heridos	
Objeto fijo		Salida del camino	
Volcadura		Salida del camino, con volcadura	
Vehículo sin control		Incendio	
Hora	A = AM; P = PM		<b>Clasificación de Vehículos:</b>
Pavimento	S = Seco; H = Hielo; M = Mojado	AI Automóvil, Pickup	B Autobús
Tiempo	C = Claro; N = Niebla; LL = Lluvia.	C Camión	TS Camión Articulado

Cuadro 2.1. Simbología a emplear en "Diagrama de Colisiones".



El punto del impacto no se necesita ubicar exactamente (a escala). Puede agregarse un número clave a cada flecha para proporcionar una referencia al reporte del accidente.

Debe indicarse sobre las flechas, la fecha, hora del día y día de la semana, también se indicará si se presentaron condiciones poco usuales en el estado del tiempo, del pavimento o acciones del conductor. Los accidentes nocturnos se marcarán, para poder comparar las colisiones ocurridas durante el día y durante la noche.

De esta manera el diagrama de colisiones puede revelar los meses, días y horas cuando tienden a ocurrir la mayoría de los accidentes así como el efecto de las condiciones del tiempo.

El diagrama de colisiones es particularmente útil, para identificar los accidentes con una o más de las clasificaciones siguientes:

- Colisiones en ángulo recto entre vehículos que entran o cruzan.
- Colisiones de vueltas izquierdas contra vehículos que se aproximan en dirección contraria.
- Alcances de vehículos.
- Colisiones de vehículos contra peatones.
- Colisiones entre vehículos viajando en la misma dirección involucrando vueltas, cambios de carril o golpes laterales..
- Colisiones de frente.
- Vehículos que salen del camino en curvas o cambios de sección transversal.
- Colisiones contra vehículos estacionados.

#### 4.- Hacer un resumen de los hechos.

Posteriormente a la elaboración del diagrama de colisiones se realizaran diversos resúmenes de los datos obtenidos. Deberá formularse por número total de cada tipo de accidente, tal como vuelta izquierda, colisión lateral, alcance, salida del camino, etc., otro para el número de accidentes mortales, accidentes con heridos y accidentes sólo con daños materiales, así como el número de colisiones por cada acceso del cruce u otra situación sobre el camino.

Deben obtenerse resúmenes del número de accidentes ocurridos en distintas estaciones del año y durante varios períodos del día, por día de la semana, así como el número de colisiones bajo diferentes condiciones del tiempo, tales como lluvia, niebla, nieve, tiempo despejado.

Todos los datos sobresalientes deberán ser resaltados, para su uso en análisis posteriores.

En el *Cuadro 2.3* se presenta, a manera de ejemplo, la información que puede obtenerse, sin embargo no esta limitada a estos conceptos.

**RESUMEN DE ACCIDENTES PARA DIFERENTES ASPECTOS**

Sitio No. : \_\_\_\_\_ Carr.: \_\_\_\_\_  
 Tramo: \_\_\_\_\_  
 Estado: \_\_\_\_\_

Período de Análisis: \_\_\_\_\_  
 Analista: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

Hora del día	Número de accidentes	Dirección de acceso (hacia él)	Número de vehículos
6 a.m. – 10 a.m.	7	Norte	18
10 a.m. – 4 p.m.	12	Sur	20
4 p.m. – 7 p.m.	10	Oriente	15
7 p.m. – 12 p.m.	9	Poniente	24
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>Total</b>	<b>77</b>
Tiempo	Número de accidentes	Tipo de Colisión	Número de accidentes
Despejado	28	Lateral	4
Neblina	2	Alcance	11
Lluvia	4	Angulo recto	5
Agua-nieve	0	Vuelta Izquierda	16
Nieve	4	Peatón	0
		Otros	2
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>Total</b>	<b>38</b>
Pavimento	Número de accidentes	Severidad del Accidente	Número de accidentes
Seco	28	Muertos	0
Con hielo	4	Lesionados	8
Húmedo	6	Solamente daños materiales	30
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>Total</b>	<b>38</b>
Época del año	Número de accidentes	Tipo de vehículos	Número de vehículos
Invierno (diciembre-febrero)	8		
Primavera (marzo-mayo)	7	Automóviles	69
Verano (junio-agosto)	14	Vehículos comerciales	8
Otoño (septiembre-noviembre)	9		
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>Total</b>	<b>77</b>

**Cuadro 2.3. Aspectos a considerar en la ocurrencia de accidentes.**

## 5.- Reunir datos complementarios con observaciones de campo.

Una mejor comprensión del panorama de accidentes en un sitio se logra con una visita al lugar, debido a que es muy conveniente observar el movimiento del tránsito durante las horas en las que han ocurrido la mayoría de las colisiones. También, en estos períodos deberán tomarse fotografías del lugar, siendo muy útiles en el análisis final de las causas de los accidentes.

El diagrama de colisiones y el resumen de accidentes serán utilizados como referencia durante la visita de campo, para tomar decisiones referentes a las probables soluciones.

Durante la visita, también deberán obtenerse las características físicas del sitio en estudio (anchos de calzada y corona, pendientes, distancia de visibilidad, radios de curvatura, etc.) para formular un diagrama de condiciones físicas, útil también durante el análisis.

Para un mejor análisis de la situación particular se deben plantear las siguientes preguntas durante el estudio de campo:

- ¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?
- ¿Es responsable un punto sin visibilidad?, ¿Puede ser suprimido?. Si no, ¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?.
- ¿Están los dispositivos de control del tránsito (semáforos, señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?. ¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?
- ¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?
- ¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?
- ¿Está el número de los accidentes nocturnos muy afuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, e indicando la necesidad de protección especial durante la noche, tal como alumbrado público, señales y marcas reflejantes, etc.?
- ¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policiaca?
- ¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados, próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?
- ¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada? Si es así, quizá la reducción del ancho de los carriles en el acceso o las obstrucciones a la visibilidad en el cruce, como resultado del estacionamiento, están contribuyendo a los accidentes.
- ¿Indica el señalamiento informativo previo, sobre los destinos de manera correcta, permitiendo la elección del carril oportunamente, reduciendo al mínimo la necesidad de cambiar bruscamente de carril, cerca del lugar de los accidentes?

Naturalmente, el analista deberá recopilar, toda la información que considere pertinente, y formular las respuestas a cualquier pregunta que pueda dar luz a la causa real de los accidentes que ocurren en el sitio.

Para el caso de los estudios de *Ingeniería de Tránsito* que se requieran, también deberán tomarse en consideración los alcances de los estudios de "Antes y Después" que se llevarán a cabo para definir la eficacia de la medida, una vez que ésta haya sido implementada.

El diagrama de colisiones y el resumen de los hechos, formulados previamente, permiten obtener información para el estudio, como:

- El período del día, donde ocurre el número más alto de accidentes.
- La dirección que con mayor frecuencia presentaban los vehículos que se vieron involucrados en un accidente y el tipo de colisión en que participaron.
- Estado del tiempo y del pavimento en que ocurrió la mayor parte de los accidentes.
- Los tipos de accidentes que con mayor frecuencia ocurren.
- Tipo de daños que predominan.
- En que estación del año se presentó el mayor número de accidentes.
- Proporción en que participan en los accidentes los vehículos pesados.

Las observaciones hechas en campo pueden darle significado a algunos de los datos de los accidentes, resultando así más claros y significativos.

El razonamiento del analista debe de enfocarse durante la investigación, bajo tres formas: como conductor de un vehículo, como pasajero y como peatón, sin embargo no siempre las tres son necesarias en todos los sitios. Para esta investigación el observador deberá ubicarse en puntos clave cerca del sitio.

El observador, partiendo de los resúmenes realizados, deberá efectuar recorridos en todas las trayectorias y verificar cualquier condición que pueda ser la causa de accidentes (falta de visibilidad, condiciones del pavimento o geométricas inadecuadas, cambios bruscos de carril, incorrecta ubicación de dispositivos de control de tránsito, falta de carril de vuelta izquierda, etc.).

## 6.- Proponer tratamiento correctivo.

El estudio de la información recopilada en campo, así como de los datos de estudios de tránsito (volúmenes, velocidades, etc.) revelará la necesidad de efectuar tratamientos correctivos al sitio en estudio, como pueden ser:

### a) En carreteras

Relocalización y mejoramiento del señalamiento vertical y horizontal, instalar acotamientos, defensas metálicas, eliminar objetos fijos, reducir pendientes, eliminar las condiciones deslizantes del pavimento a base de un sello, cambiar la carpeta de rodada, ensanchar los carriles, construcción de isletas, instalar barrera central e instalar o mejorar la iluminación, estabilización de taludes.

b) En curvas

Instalar acotamiento y defensa metálica, cambiar la carpeta de rodada, instalar señalización preventiva (líneas logarítmicas y botones), reconstruir la curva, cambiar o modificar la contrapendiente, ampliación y/o sobreelevación adecuada, modificación de curva horizontal o vertical.

c) En Puentes o pasos a desnivel

Instalar acotamiento, modificar o instalar alumbrado, colocar defensas, colocar señalamiento preventivo y restrictivo.

d) En Intersecciones

Instalar o mejorar la señalización preventiva y/o direccional, instalar señal de alto, instalar alumbrado, semáforo preventivo, restringir giros a la izquierda, proveer giro especial a la izquierda, reducir condición deslizante del pavimento. Construcción de isletas.

En general:

- Sugerir vigilancia policiaca en los sitios y periodos de mayor frecuencia de accidentes.
- Desarrollar acciones que revelen a los conductores y peatones, las causantes de los accidentes, que pueden ser mejoradas o suprimidas.
- Indicar la necesidad de una mejor conservación física del camino y de los dispositivos de control del tránsito.
- Determinar las prioridades en la instalación de alumbrado publico.

Es conveniente que la solución se defina conjuntamente por todos los involucrados en la toma de decisiones. El procedimiento que se ha venido sugiriendo por parte de la SCT es que las propuestas de solución sean presentadas en un comité denominado "Comité de Estudios y Proyectos", que en cada Centro de dicha Secretaría se lleva a cabo para discutir decisiones importantes en la ejecución de acciones tendientes a mejorar la infraestructura carretera, y en el cual participan autoridades del propio Centro SCT, así como funcionarios de la *Policía Federal Preventiva* y en algunos casos funcionarios de los *Gobiernos Municipales o Estatales*.

Con objeto de atender el mayor número de sitios, se deberán proponer seis con un costo que no exceda de \$ 500,000.00 (Quinientos Mil Pesos 00/100 M.N.) y sólo uno con una inversión mayor, haciendo énfasis en que las propuestas que se formulen deben resolver el problema que se presenta totalmente y no solo ser un paliativo a la situación imperante.

**7.- Efectuar estudios de "Antes y Después", para evaluar las mejoras realizadas.**

Con toda la información del análisis anterior, deberá formularse un expediente técnico para cada sitio en estudio, lo cual permitirá llevar a cabo una evaluación de las propuestas sugeridas, que indique la eficacia o eficiencia de cada una de las mejoras, para tal efecto deberán desarrollarse estudios de "antes y después".

El procedimiento para llevar a cabo la evaluación de las acciones implementadas, será remitido en su oportunidad y para su elaboración, se tomarán en cuenta la experiencias obtenidas durante las evaluaciones anteriores de los programas de atención de puntos conflictivos.

Además también será útil para formular un banco de datos, con todas las experiencias que surjan durante la aplicación del programa y estar en posibilidad de obtener información para definir bajo nuestra idiosincrasia, el porcentaje de reducción de un tipo de accidente bajo cierta medida aplicada.

#### II.4. CONSIDERACIONES PARA LA PLANEACIÓN.

Para la "planeación" se consideraran una serie de actividades encaminadas a lograr una o varias metas y objetivos; no obstante, tal como lo establece el marco teórico de la planeación se debe enfatizar en ciertos aspectos para lo cual se cuenta ahora con la participación de más especialistas y entidades.

Para reflexionar en ello citaremos la forma en la que se visualizaba el desarrollo de la infraestructura hasta hace 70 años. En aquella época, es decir, aproximadamente en la tercera década del siglo pasado, México tuvo que afrontar la urgente necesidad de contar con la infraestructura para impulsar su desarrollo económico y su evolución social. Las inversiones se realizaron mediante el análisis individual de la bondad de cada proyecto, sin establecer una relación con la economía general. Los resultados fueron satisfactorios, porque la magnitud de los problemas requería solución inmediata y no resultaba necesario establecer una relación en las inversiones: era urgente lograr la comunicación entre las ciudades más importantes del país; era indispensable dotar de servicios a las grandes ciudades, rehabilitar los ferrocarriles y los puertos y proporcionar energía eléctrica a la incipiente industria.

Hoy la Planeación puede definirse como "El ejercicio de reflexión directivo, donde se hacen presentes las decisiones futuras con base en el análisis de una serie de factores, considerando un grado de riesgo". Para lo cual se proponen una serie de estrategias y acciones que propiciarán el desarrollo del Sector Carretero.

En la definición de los objetivos para el Subsector Transportes se tomó como premisa que "las carreteras y los caminos son la base de la infraestructura del transporte en México, contribuyendo decisivamente en la integración económica, social y cultural de la nación, fomentando el comercio entre los principales centros de producción y de consumo, fortaleciendo la articulación de cadenas productivas y corredores industriales y como medio indispensable para la integración de las zonas aisladas y marginadas proporcionando el acceso a servicios básicos como la educación y la salud".

Dentro de los objetivos para la infraestructura carretera, destaca en el aspecto de seguridad vial el de planear de manera adecuada las actividades a realizar para de esta forma "Mejorar la operación de la red carretera superando las condiciones que inhiben el uso óptimo de la capacidad instalada".

Las líneas de acción correspondiente son:

- Prevenir accidentes en carreteras federales.
- Aplicar el Plan Nacional de Prevención de Accidentes.
- Crear un sistema de transferencia de información de carreteras.
- Garantizar altos niveles de seguridad y de servicio de la infraestructura carretera.
- Concretar el programa de homologación entre legislaciones estatales y la federal, y reforzar la coordinación con los Gobiernos Estatales y Municipales.
- Elaborar un programa de eliminación de puntos conflictivos en la Red Federal de Carreteras.

Para estas líneas de acción se definen los factores implicados para llevar a cabo tales programas / proyectos, los cuales se mencionan a continuación:

Para el programa de eliminación de puntos conflictivos en la red federal de carreteras:

**Objetivos del programa:**

Disminuir el número de accidentes y costos en el sistema carretero nacional

Reducir la frecuencia de accidentes debidos a la infraestructura existente.

Fortalecimiento de la capacidad de gestión en materia de carreteras, tanto a nivel federal como estatal y municipal.

Fortalecimiento del área de investigación de accidentes, para lo cual se requiere contar con personal capacitado para la investigación de accidentes.

**Riesgos:**

Inadecuada forma de dar prioridad a inversiones así como recursos insuficientes para llevar a cabo una solución adecuada.

Dispersión de esfuerzos y desaprovechamiento de avances ya alcanzados.

**Aplicaciones financieras:**

Necesidad de contar con un presupuesto suficiente para llevar a cabo un programa de actividades que tenga resultados significativos.

Necesidad de contar con mayores recursos para la investigación de las causas de los accidentes

Por lo expresado anteriormente notamos que una adecuada planeación de los recursos que se asignen para el tratamiento y solución de puntos de conflicto, permitirá que los riesgos disminuyan.

En este orden de circunstancias, queda plenamente entendida la importancia del "Programa Nacional de Atención de Puntos de Conflicto", el cual se ha venido preparando y desarrollando durante los últimos tres años y que nos permite contar con una base de información de los puntos conflictivos en el sistema carretero nacional.

El inconveniente que se presenta y que se contrapone a una buena planeación esta dada por la estructura presupuestaria del Gobierno Federal, en la cual los recursos para el desarrollo de la infraestructura carretera son en buena medida de tipo fiscal y acorde, a lo señalado en las aplicaciones financieras del programa descrito en este Capítulo, se corre el riesgo de no contar con recursos suficientes para llevar a cabo el programa.

Con la identificación y análisis de los puntos con mayor frecuencia de accidentes (puntos de conflicto), tal como se ha hecho hasta hoy, y teniendo en cuenta que para lograr resultados significativos se deben optimizar los recursos para poder hacer más con menos, las consideraciones para la planeación estratégica del programa están dadas para su aplicación, ejecución, elaboración y revisión, con lo que se completa el ciclo del proceso continuo que caracteriza a la planeación.

## II.5. ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN

Otra actividad esencial en la planeación es la programación, que toma en cuenta las acciones a realizar con los recursos disponibles a ejercer.

Si al tener identificados todos los puntos de conflicto, estos pudieran atenderse en su totalidad de una sola vez, entonces se encontraría resuelta una de las estrategias del *Plan Nacional de Desarrollo*. Sin embargo, se vuelve a mencionar una realidad de nuestro país, y que es la falta de disponibilidad de recursos suficientes para todo lo que se tiene planeado. No se estaría considerando en el *Plan Nacional de Desarrollo* del Sector la "necesidad de contar con un presupuesto suficiente para llevar a cabo un programa de actividades que tenga resultados significativos", como una implicación financiera, tal como quedó asentado en el Capítulo anterior. No se tendría una programación por etapas, de acuerdo a esa disponibilidad de recursos.

Por otra parte, en diversos procesos de ejecución de programas, principalmente los que se refieren a la infraestructura de carreteras, existen sistemas de gestión, los cuales identifican las prioridades que tienen unas obras contra otras, dentro de una serie de trabajos que deben ejecutarse para el desarrollo y conservación de la infraestructura, basados y estructurados con modelos matemáticos que consideran diversos factores de carácter técnico y económico. Estos sistemas de gestión, en ocasiones muy complejos, sirven de instrumento valioso para llevar a cabo la programación de las obras y por consecuencia la programación de recursos económicos.

Para el caso de la programación de la atención de los puntos de conflicto, se ha desarrollado por parte de la *Dirección General de Servicios Técnicos* de la SCT, un modelo matemático muy sencillo, que toma en cuenta los accidentes y sus saldos, (accidentalidad o peligrosidad), los volúmenes de tránsito en el sitio identificado como

peligroso (importancia del camino) y los costos asociados a la propuesta de solución o de atención al punto de conflicto (costos).

El modelo que determina la orden de prioridad en que deben atenderse los puntos de conflicto en toda la red de carreteras, esta dado por la siguiente expresión:

$$ORDENADOR = (Costo) / (I_{acc-eq})$$

En donde:

*ORDENADOR* = Valor que jerarquiza al punto en orden creciente (de menor a mayor).

*Costo* = Costo de solución propuesto en el punto de conflicto analizado.

*I<sub>acc-eq</sub>* = Índice de accidentes equivalentes por cada millón de vehículos circulando en el punto de conflicto

Éste último se determina con la siguiente ecuación:

$$I_{acc-eq} = \frac{NAE \times 1'000\ 000}{TDPA \times 365}$$

En donde:

*NAE* = Número de accidentes equivalente (expresión dada en el inciso 2.3)

*TDPA* = Tránsito diario promedio anual registrado en el punto de conflicto.

*365* = Número de días al año.

Este modelo matemático selecciona entre todos los puntos peligrosos de la red federal de carreteras, aquellos en que se considera más apremiante su atención por su peligrosidad y por su importancia dentro de la red, pero además la selección toma en cuenta los que tendrán mayor rentabilidad económica. A todo ello se le ha denominado la jerarquización de los puntos de conflicto, con la cual se tienen plenamente definidos aquellos puntos que resulta conveniente atender en un determinado orden de importancia.

Conviene mencionar que el modelo seleccionado y utilizado actualmente, esta enfocado a elegir los puntos que requieren un menor costo en la atención de la selección y al mismo tiempo los que tendrán un mayor impacto en la red, de acuerdo con los saldos de accidentes registrados. Podrán existir otros modelos que tomen en cuenta diversos factores, sin embargo, en este caso, dada la limitación de recursos con la que siempre se lleva a cabo la programación de las obras, es conveniente la aplicación del modelo mostrado y explicado.

Con ello puede programarse en cualquier momento el número de puntos por atender, considerando la inversión disponible en esta línea de acción específica comprendida en la estrategia planteada, que es la "eliminación de los puntos conflictivos en la red carretera nacional", expresada en el inciso //4.

## II.6. ESTIMACIÓN DE RESULTADOS.

Para estimar los resultados, en todos los procesos de planeación siempre deben evaluarse las acciones ejecutadas, con objeto de realimentar el proceso y conocer si la aplicación de las medidas fue o no correcta y si no, determinar la forma de actuar o corregir lo que no esta funcionando, quiénes intervinieron en la selección de la propuesta de solución, cómo se ejecutó la obra correspondiente y los costos estimados y aplicados en la misma, etc. Con ello la efectividad del programa no sólo medirá los resultados "in situ", sino que evaluará también la manera en cómo se coordinó y se concluyó su ejecución. Los resultados de esta evaluación servirán para mejorar los "procesos" con los que se esta llevando a cabo el programa, haciendo más eficientes los recursos y los procedimientos aplicados, así como su profesionalización.

Para la evaluación de los puntos de conflicto resueltos, la SCT elabora un resumen del seguimiento sobre la efectividad del programa de atención de puntos de conflicto, de acuerdo con los siguientes datos:

- 1.- Identificación
- 2.- Criterios de selección
- 3.- Proyecto
- 4.- Ejecución
- 5.- Costos
- 6.- Evaluación de la efectividad

Los cuales se muestra en los siguientes formatos:















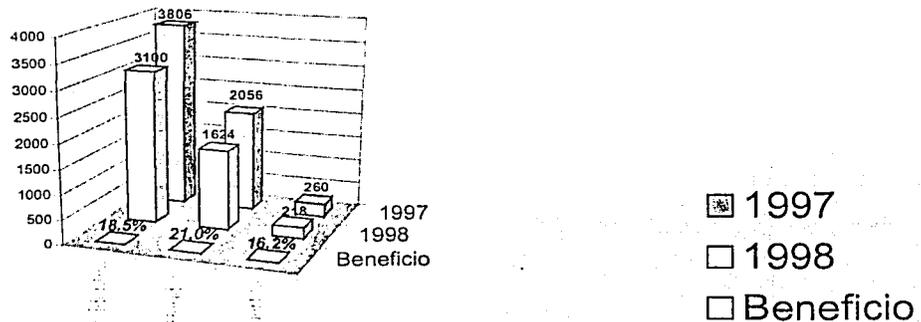




## II.7 COMENTARIOS FINALES

La solución a los problemas de los accidentes es un tema inagotable y que a través de la aplicación de diversas medidas debe conducir a la mejora en la seguridad vial. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que con solo atender los problemas en la infraestructura, no bastará para que la seguridad vial alcance el nivel deseado por y para nuestra sociedad. Poco se podrá hacer técnicamente para resolver estos problemas sin que la sociedad también participe, ya sea a través de la educación vial tanto para la población infantil como para la población adulta (principalmente ésta), a través de una mejor vigilancia policiaca, a través de una mejor atención a las circunstancias del entorno y un mejor comportamiento en la conducción de nuestros vehículos; en fin, a través de que de manera organizada se trabaje con fines específicos, utilizando nuestra capacidad e ingenio para que nuestras propias organizaciones sean los conductos de la participación social.

### Evaluación de Beneficios por Atención a Puntos de Conflicto



	Accidentes	Heridos	Muertos
□ 1997	3806	2056	260
□ 1998	3100	1624	218
□ Beneficio	18.5%	21.0%	16.2%

Figura 2.2. Gráfico de Beneficios del Programa de "Atención a Puntos de Conflicto"

Para el caso de los puntos de conflicto, se cuenta con una estimación de resultados que reflejan la bondad de la aplicación del programa. Este análisis se basó en estudios de Ingeniería de Tránsito denominados de "Antes y Después", los cuales muestran el comportamiento que tuvo cierta acción sobre la carretera; en este caso, comparando la estadística de accidentes que ocurrían antes de la aplicación de alguna medida en los puntos de conflicto y lo que sucedió después de aplicada la medida.

Es importante mencionar que para este tipo de estudios los períodos ha considerar en el análisis deben ser similares, con objeto de que los resultados sean consistentes y no se tenga una mala apreciación de lo que sucedió.

De acuerdo a la evaluación de un universo de 705 puntos de conflicto analizados y que fueron atendidos, se observó que el número de accidentes en términos globales disminuyó en: 706 accidentes, 432 heridos y 42 muertos, como se puede apreciar en la *Figura 2.2*.

Los resultados anteriores reflejan de manera significativa la importancia del programa y su repercusión en la sociedad, al abatirse los percances de tránsito en ciertos tramos carreteros y sus consecuencias tanto sociales como económicas.

Pero la evaluación no sólo debe ser analizar resultados y mostrarlos de manera "fria" para estimar las bondades o ineficacia del programa; también debe considerar la auto-evaluación de quienes participan en la elaboración y ejecución de los programas. En este sentido se está trabajando para justipreciar los criterios que se aplicaron en la selección de los puntos de conflicto, los objetivos que se consideraron para la definición de las propuestas de solución, si existió y se aplicó el proyecto adecuado.

## CAPÍTULO III : ESTUDIO Y SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO REALES

### INTRODUCCIÓN:

Dentro del Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto que lleva a cabo la *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, a través de la coordinación entre la Dirección General de Conservación de Carreteras y los Centros de la SCT en toda la República Mexicana se tiene contemplado la atención, mejora y reacondicionamiento de los puntos de conflicto que se presentan en las carreteras federales, con el objetivo de reducir la incidencia de accidentes y brindar seguridad a los usuarios. Para lo cual, se llevó a cabo el estudio y solución de los casos más comunes que se presentan en nuestro país, dentro de los cuales destacan los siguientes casos: cambio de trazo, mejoramiento de entronque, señalamiento y otros.

A continuación se presenta el estudio y solución detallada de cada uno de ellos

### III.1 .- CAMBIO DE TRAZO

#### ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES

Este proyecto se refiere a un punto de conflicto en el que se tiene como objetivo reducir la incidencia de accidentes, mediante un cambio de trazo con corte lateral derecho. El punto en estudio se encuentra ubicado en la Carretera Federal México-Cuautla, en el tramo comprendido entre el Km 47+740 al Km 48+000 del tramo Amecameca-Límite de Estados (México-Morelos), en donde se llevará acabo el cambio de trazo horizontal de la curva y ampliación de la sección transversal en dicho tramo, con un ancho de calzada en curva de 14.00 m y sobre elevación del 10% para una velocidad de proyecto de 60 km/h.

El punto, motivo del estudio, se encuentra en un tramo de lomerío de la Carretera Federal que continúa hacia límites del Estado, tiene una pendiente ascendente de México a Cuautla de 7% aproximadamente; es una carretera del Tipo B-2, con rayas separadoras centrales, acotamiento y ancho de calzada de 12.00 m.

La sección transversal del punto esta formada por cortes en balcón de aproximadamente 3.00 m de altura promedio.

De acuerdo al sistema de clasificación Köppen-Geiger, el clima donde se ubica el punto en estudio se clasifica como cálido sub-húmedo, con precipitación media anual de 500 a 1000 mm.

Se recopiló la información de los reportes que elabora la PFP y que entrega a la SCT para el programa de atención de puntos de conflicto. Una vez capturada dicha información, se agruparon por hora, fecha y tipo de accidente; a continuación se muestran las gráficas correspondientes de cada uno de ellos.

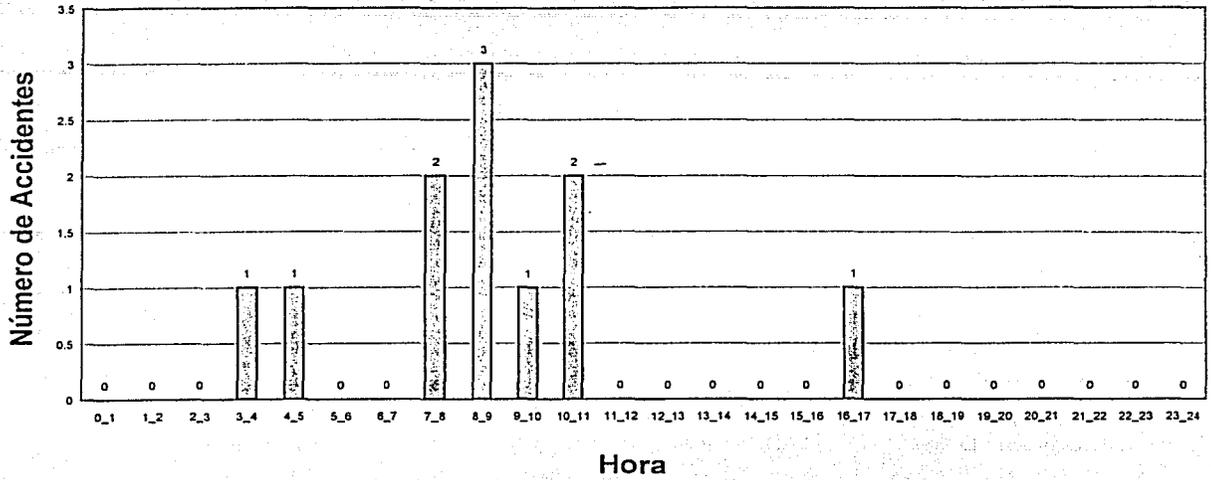


Figura 3.1. Estadística de accidentes por hora del día (Cambio de Trazo).

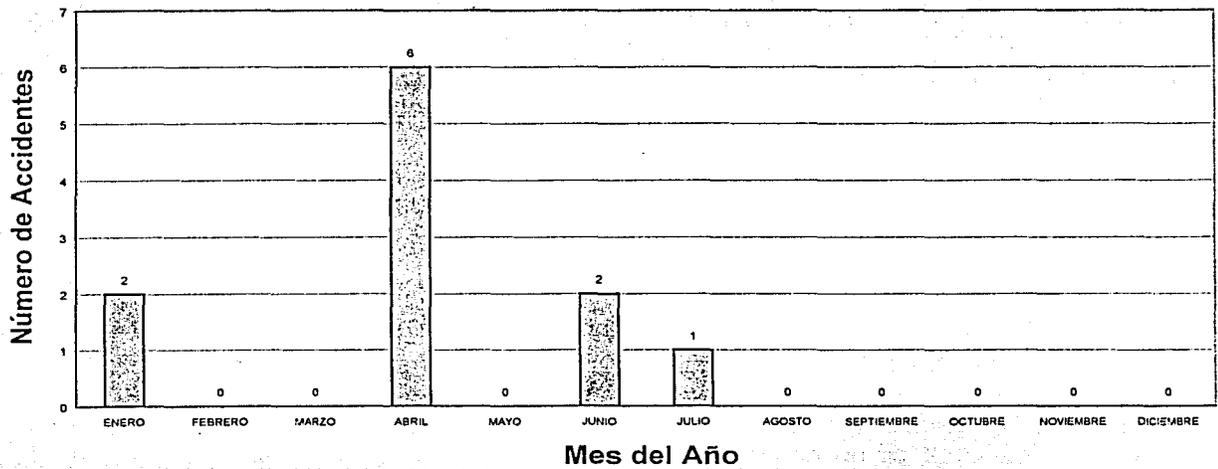


Figura 3.2. Estadística de accidentes por mes del año (Cambio de Trazo).

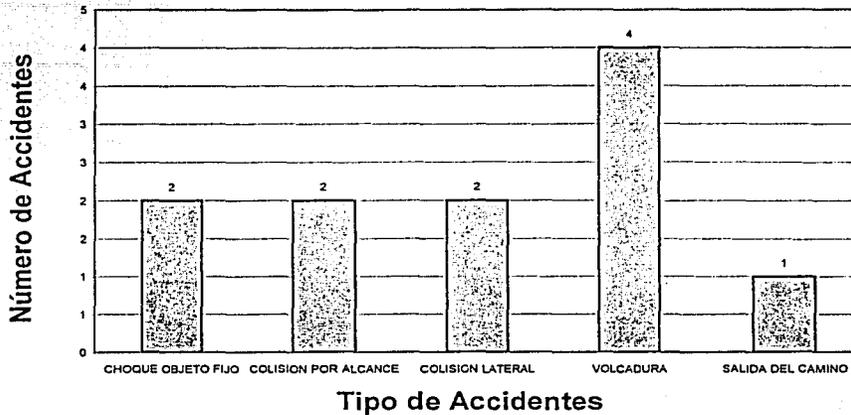


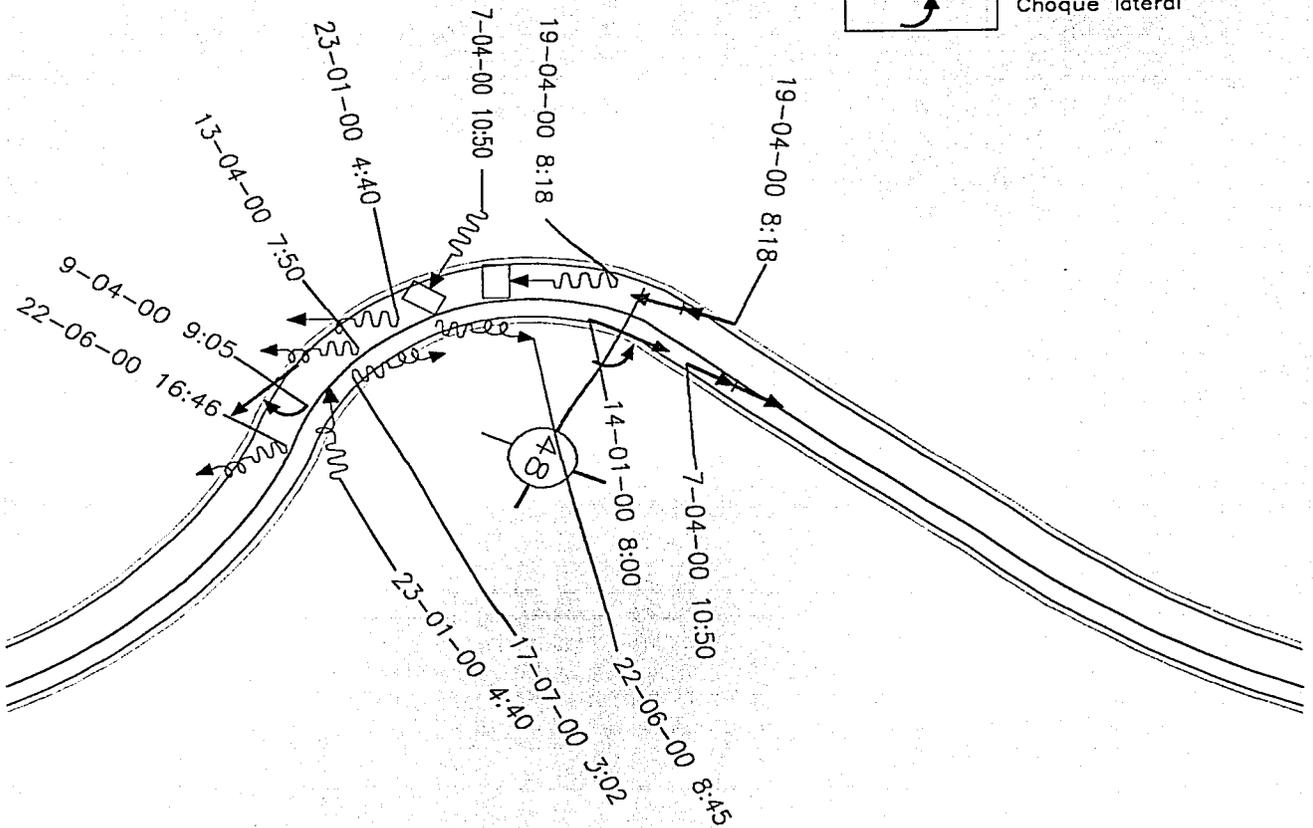
Figura 3.3. Estadística por tipo de accidentes (Cambio de Trazo).

#### Análisis de las gráficas:

- De la (estadística de accidentes por hora del día) se observa que el mayor número de accidentes se presenta de las 7:00 a las 11:00 horas, que coincide con la hora de mayor aforo vehicular en ambos sentidos.
- De la Figura 3.2. (estadística de accidentes por mes) observamos que en el mes de abril se presentó el mayor número de accidentes. Revisando los reportes se encontró que el común denominador de los accidentes fue la imprudencia al no respetar avisos restrictivos de velocidad al tomar la curva y no contribuyó la estación del año.
- De la Figura 3.3. (estadística por tipo de accidente), se tiene que el mayor número de accidentes se presentó por volcadura, mientras que por choque a objeto fijo, colisión lateral y colisión por alcance, quedan nivelados con dos accidentes respectivamente. Con esto corroboramos que las causas aparentes de los accidentes se presentaron en la curva por el exceso de velocidad y pérdida de control del vehículo.

# SIMBOLOGIA

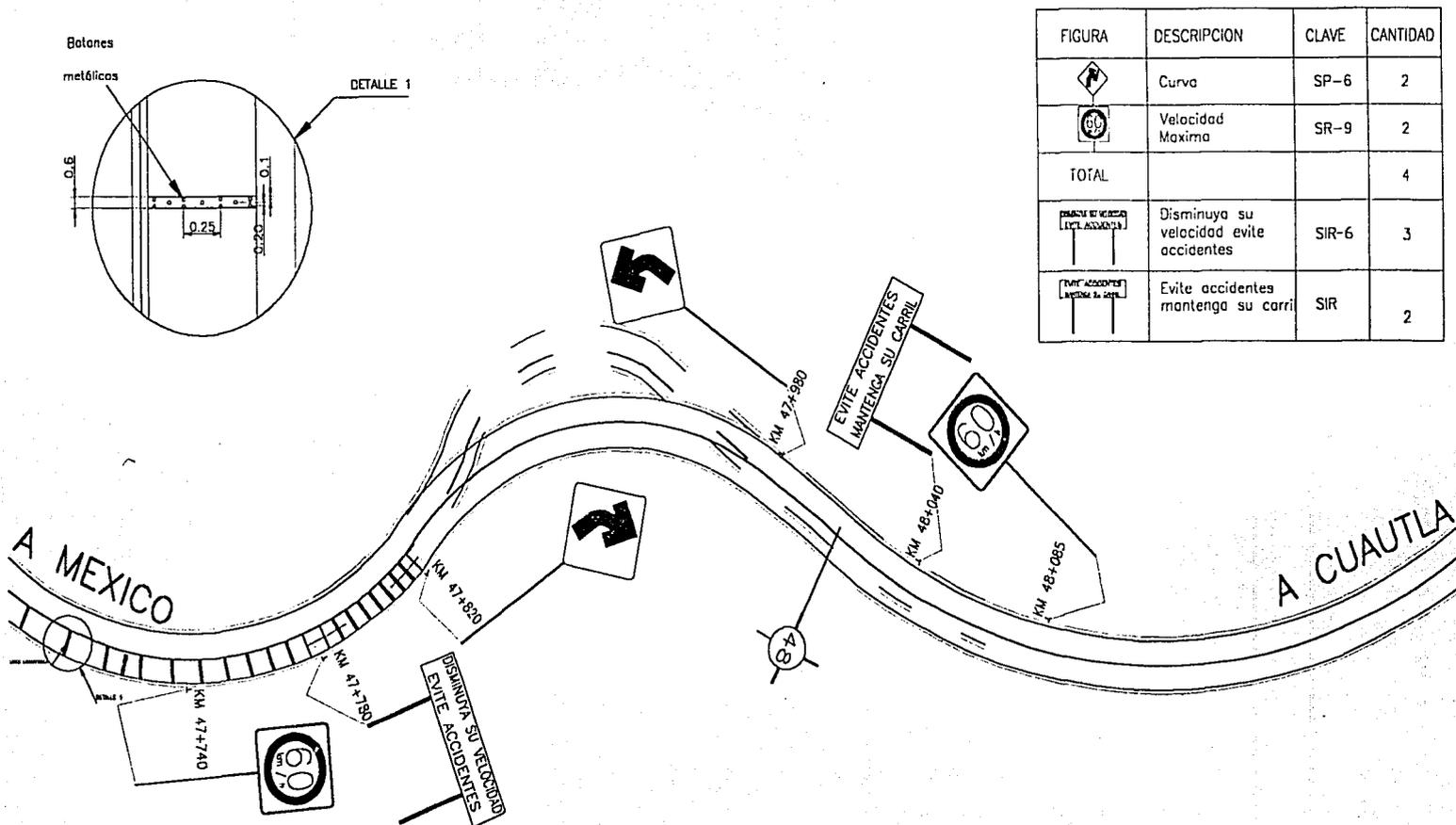
	Choque por alcance
	Choque objeto fijo
	Salida del camino
	Salida del camino con volcadura
	Choque lateral



CARRETERA MEXICO-CUAUTLA KM 47+740 - 48+000

FIGURA 3.6

DIAGRAMA DE COLISIONES



CARRETERA MEXICO-CUAUTLA KM 47+740 - 48+000  
 FIGURA 3.5 CAMBIO DE TRAZO

## ESTUDIOS DE TRÁNSITO

De acuerdo a los reportes de accidentes que realiza la PFP, se detectó lo siguiente:

Número de accidentes	11
Número de heridos	5
Número de muertos	1

Calculando el número de accidentes equivalentes:

$$NAE = 11(1) + 5(2) + 1(6) = 27$$

Con este valor calcularemos el  $I_{acc-eq}$  (índice de accidentes equivalente)

$$I_{acc-eq} = NAE \times 1'000\ 000 / TDPA \times 365$$

Con este índice como divisor del costo de la solución propuesta para el punto de conflicto se obtiene el *ORDENADOR* (el cual jerarquiza de menor a mayor).

El estudio de aforo del lugar nos arrojó que el *Tráfico Diario Promedio Anual* es:

$$TDPA \sim 10\ 700$$

Aplicando los valores:

$$I_{acc-eq} = 6.91$$

Y el *ORDENADOR* (que es igual al  $costo/I_{acc-eq}$ ). Considerando que el costo es de \$5'001 127, tenemos que

$$ORDENADOR = 723\ 752.$$

Este índice sirve para jerarquizar el punto de conflicto con respecto a otros y, de esta manera, darle la correcta prioridad dentro del *Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto*.

La integración del tipo de vehículos que transitan en este punto es el siguiente:

81%	automóviles
5%	autobuses
14%	camiones de carga (incluye tractocamiones)

Con los datos de los reportes de "partes" de la PFP se realizó un diagrama de colisiones, para representar gráficamente cada uno de los accidentes y el tipo de accidente, ver *Figura 3.4.* (diagrama de colisión).

## EVALUACIONES TÉCNICAS

Para un mejor análisis de la situación particular del punto en estudio, se plantearon las siguientes preguntas durante el trabajo de campo:

- ¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?  
- Si.
- ¿Es responsable un punto sin visibilidad?  
- No
- ¿Puede ser suprimido?  
- No es el caso
- ¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?  
- Cambiar el trazo de la curva y colocar más señalamiento, tanto horizontal como vertical.
- ¿Están los dispositivos de control del tránsito (semáforos, señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?  
- No.
- ¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?  
- No es el caso.
- ¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?  
- No es el caso.
- ¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?  
- No es el caso.
- ¿Está el número de los accidentes nocturnos muy afuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, e indicando la necesidad de protección especial durante la noche, tal como señales y marcas reflejantes, etc?  
- No.
- ¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policiaca?  
- Si.
- ¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados, próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?  
- Si.
- ¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada?  
- No.
- ¿Indica el señalamiento informativo previo, sobre los destinos de manera correcta, permitiendo la elección del carril oportunamente, reduciendo al mínimo la necesidad de cambiar bruscamente de carril, cerca del lugar de los accidentes?  
- No es el caso.

- **¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?**  
- *Sí.*
- **¿Es responsable un punto sin visibilidad?**  
- *No*
- **¿Puede ser suprimido?**  
- *No es el caso*
- **¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?**  
- *Cambiar el trazo de la curva y colocar más señalamiento, tanto horizontal como vertical.*
- **¿Están los dispositivos de control del tránsito (semáforos, señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?**  
- *No.*
- **¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?**  
- *No es el caso.*
- **¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?**  
- *No es el caso.*
- **¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?**  
- *No es el caso.*
- **¿Está el número de los accidentes nocturnos muy afuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, e indicando la necesidad de protección especial durante la noche, tal como señales y marcas reflejantes, etc?**  
- *No.*
- **¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policiaca?**  
- *Sí.*
- **¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados, próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?**  
- *Sí.*
- **¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada?**  
- *No.*
- **¿Indica el señalamiento informativo previo, sobre los destinos de manera correcta, permitiendo la elección del carril oportunamente, reduciendo al mínimo la necesidad de cambiar bruscamente de carril, cerca del lugar de los accidentes?**  
- *No es el caso.*

Por lo tanto, de acuerdo con el diagrama de colisiones y el resumen de los hechos, formulados previamente, nos permitió dar los siguientes razonamientos:

- **Estado del tiempo y del pavimento en que ocurrieron la mayor parte de los accidentes**
  - *En condiciones normales*
- **Los tipos de accidentes que con mayor frecuencia ocurren.**
  - *El exceso de velocidad provoca volcaduras, alcances, colisiones de frente y colisiones laterales.*
- **Tipos de daños que predominan:**
  - *Humanos y materiales*
- **En que estación del año se presentó el mayor número de accidentes**
  - *En primavera e invierno*
- **Proporción en que participan en los accidentes los vehículos**
  - *67 % vehículos pesados*
  - *33 % automóviles*

La observación hecha en campo da como resultado que algunos de los datos de los accidentes, resulten así más claros y significativos. Por ende se determinó lo siguiente:

- a) *Que en este tramo de la curva se tienen tres carriles, dos ascendentes hacia la Ciudad de México con ancho de 7.00 m y el otro descendente hacia Cuaútlá con un ancho de 3.4 m con doble línea divisoria, señal restrictiva de velocidad de 40 km/hr.*
- b) *El tránsito pesado en su mayoría, al exceder los límites de velocidad provoca los accidentes y, adicionalmente, el grado de curvatura es de aproximadamente de 27°; si queremos que los vehículos puedan transitar a una velocidad de 60 km/hr tendremos que bajar el grado de curvatura hasta 11° y ampliar la sección de calzada, debido a que transitan vehículos T3-S2-R4.*
- c) *La velocidad promedio de los vehículos es mayor a la velocidad de restricción.*

Por lo que se concluye que la solución adecuada es:

*Cambio de trazo de la curva para lograr tener un grado de curvatura de 11° y aumento de la sección de calzada hasta en 6.0 m en el carril descendente, para un total de 14.0 m, una sobre elevación del 10% y al pavimento darle un terminado con un riego de sello. Dichos trabajos tendrán el siguiente alcance: corte en la ladera a mano derecha con rumbo a Cuautla, excavación hasta de 70 cm de la rasante de proyecto para alojar la estructura del pavimento, compactación del área descubierta del terreno natural, construcción de sub-base de 30 cm de espesor, construcción de base hidráulica de 30 cm de espesor y carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor; un riego de sello y su respectivo señalamiento tanto horizontal como vertical.*

## COMENTARIOS

1. El cambio de trazo que se realizará, a pesar del costo que éste genera, se considera la mejor alternativa para poder disminuir el número de accidentes que,

como observamos, es por exceso de velocidad en la curva, y las características de ésta.

2. Es conveniente que esté mas rugoso el terminado de la superficie del pavimento, con el fin de aumentar la adherencia, por lo tanto, se recomienda aplicar un riego de sello en la superficie de rodamiento del Tipo 3-A (3/8-No. 8), a razón de 11.0 lts/m<sup>2</sup> con emulsión asfáltica del tipo rompimiento rápido "ER-C2", para ligar el material pétreo a razón de 0.5 lts/m<sup>2</sup> dependiendo del porcentaje del residuo asfáltico en el peso de la emulsión.
3. En el caso del señalamiento vertical, éste será del tipo restrictivo, preventivo e informativo:
  - A.1.- Señalamiento SP-6, indica "CURVA". Se necesitan 2 piezas, que se colocarán a una distancia de la curva de 85 m por corresponder la carretera a una velocidad de 60 km/hr. Con tablero de 86 x 86 cm
  - A2.- Para reducir la velocidad se colocará, antes de entrar el señalamiento, (SR-9), que limita la velocidad a 60 km/hr con tablero de 86 x 86 cm; se requieren 2 piezas.
  - A.3- Señalamiento SIR "DISMINUIR VELOCIDAD" y "EVITE ACCIDENTES MANTENGA SU CARRIL". Se necesita una pieza de cada una.
  - A.4- Instalación de defensa metálica doble, para tratar de evitar que se salgan del pavimento. Se requieren aproximadamente 150 m
4. En el caso del señalamiento horizontal, será del siguiente tipo:
  - B.1.- Raya separadora de carriles en pavimento continua y discontinua de color amarillo, y ancho de 15 cm en tramos de 5 m y 10 m de separación. En el caso de la discontinua. Se requieren aproximadamente 1500 metros lineales, clave M-2 (M-2.2 y M-2.3).
  - B.2.- Raya discontinua sencilla para división de carriles de 15 cm de ancho de 5 m de largo y separadas a cada 10 m (M-1.2); se requieren aproximadamente 1500 m
  - B.3.- Raya continua en la orilla izquierda color amarillo de 10 cm de ancho, clave M-3 (M-3.3), se requieren 750 m lineales.
  - B.4.- Raya continua en la orilla derecha de color blanco y de 10 cm de ancho, clave M.3.1, se requieren 750 m lineales.
  - B.5.-Señalamiento logarítmico que se requiere para que el conductor disminuya su velocidad de 90 km/hr a 60 km/hr, esto es, una disminución de velocidad de 30 km/hr que, de acuerdo a las tablas, se requerirían 20 rayas, en una longitud de 134.30 m lineales con terminación al inicio de la curva. El ancho de las líneas es de 60 cm, y llevarán la separación entre líneas que se indica en el Cuadro 3.12. y Figura 3.21.

## EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para determinar el costo la solución propuesta, se utilizará el siguiente catálogo de conceptos.

### CAMBIO DE TRAZO HORIZONTAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

CARRETERA: FEDERAL MÉXICO-CUAUTLA  
TRAMO: AMECAMECA-LIM. ESTADO DE MORELOS  
KM: 47 + 740 AL 48 + 000

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<b>TERRACERIAS</b>				
<b>Cortes</b>				
Excavación en cortes y adicionales arriba de la sub-rasante cuando el material se desperdicie en altura superior a los 2.0 m más	m <sup>3</sup>	9,400.00	\$ 324.81	\$ 3'053,214.00
Excavación en cortes y adicionales debajo de la sub-rasante de cuando el material se desperdicie	m <sup>3</sup>	3,640.00	\$ 1.85	\$ 6,734.00
<b>PAVIMENTOS</b>				
<b>Sub-base o base</b>				
Sub-base compactada al 100% de su PVSM, con material aprobado por la supervisión. El banco será seleccionado por el contratista.	m <sup>3</sup>	1,560.00	\$ 196.09	\$ 305,900.40
Base compactada al 100% de su PVSM, con material aprobado por la supervisión. El banco será seleccionado por el contratista.	m <sup>3</sup>	1 560.00	\$ 202.19	\$ 315,416.40
<b>MATERIALES ASFALTICOS</b>				
<b>Emulsiones asfálticas</b>				
Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido Tipo ER-C2 para carpeta	lts	7 800.00	\$ 1.85	\$ 14,430.00
Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 para riego de sello	lts	14 130.00	\$ 1.85	\$ 26,140.50
			Subtotal hoja 1	\$ 3'721,853.30

## CAMBIO DE TRAZO HORIZONTAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO CUAUTLA  
**TRAMO:** AMECAMECA-LIM ESTADO DE MORELOS  
**KM:** 47 + 740 AL 48 + 000

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento lento tipo RL-2K	Its	8,990.00	\$ 1.20	\$ 10,788.00
Adquisición, acarreo y aplicación de emulsión catónica de rompimiento lento RL-2K, mezclada con agua	Its	491.00	\$ 1.20	\$ 589.20
Mezclado de material 3-A para riego de sello por unidad de obra terminada.	Its	46.80	\$ 24.62	\$ 1,152.22
Carpeta de concreto asfáltico, compactada al 95% de su PVSM	m3	520.00	\$ 630.00	\$ 327,600.00
Aplicación de riego de sello con material 3-A premezclado	m3	87.50	\$ 325.63	\$ 28,492.63
<b>SENALAMIENTO HORIZONTAL</b>				
Suministro y colocación de vialetas adheridas con pegamento epóxico sin perno, en rayas canalizadoras de dos lados reflectantes	PZA	546.00	\$ 85.36	\$ 46,606.56
Pintado de raya separadora de carril de circulación, raya para zona neutral continua y discontinua en pavimento de 15 cm de ancho en color amarillo, la discontinua tendrá tramos de 5 m y separación de 10 m. Incluye micro esfera	ML	900.00	\$ 3.10	\$ 2,790.00
Pintado de rayas en orillas de la calzada, continuas en el pavimento de 10 cm. de ancho en color amarillo, Incluye micro esfera de vidrio reflejante.	ML	600.00	\$ 5.60	\$ 3,360.00
			Subtotal hoja 2	\$ 421,378.61

## CAMBIO DE TRAZO HORIZONTAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO CUAUTLA  
**TRAMO:** AMECAMECA-LIM ESTADO DE MORELOS  
**KM:** 47 + 740 AL 48 + 000

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Pintado de raya de división de carril discontinua en el pavimento de 10 cm de ancho en color amarillo. Incluye micro esfera reflejante	ML	500.00	\$ 5.60	\$ 2,800.00
Pintado de raya de espacio logaritmico de 60 cm. De ancho sobre pavimento de acuerdo al proyecto de señalamiento Cuadro 3.12. para diferencia de 30 km. En color blanco. Incluye: micro esfera reflejante	ML	288.00	\$ 17.28	\$ 4,976.64
<b>SEÑALAMIENTO VERTICAL</b>				
Suministro e instalación de señal preventiva (SP) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 86 X 86 cm con ceja, fondo acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería, con poste metálico galv. de 3" X 3" marcando curva cerrada (SP-6).	PZA	2.00	\$ 1,450.00	\$ 2,900.00
Suministro e instalación de señal preventiva (SR) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 86 X 86 cm con ceja, fondo acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería, con poste metálico galv. de 3" X 3" marcando 60 Km/hr max (SR-9).	PZA	2.00	\$ 1,450.00	\$ 2,900.00
			Subtotal hoja 3	\$ 13,576.64

## CAMBIO DE TRAZO HORIZONTAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO CUAUTLA  
**TRAMO:** AMECAMECA-LIM ESTADO DE MORELOS  
**KM:** 47 + 740 AL 48 + 000

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<b>Suministro e instalación de señales informativas bajas</b>				
De recomendación (SIR) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 56 X 239 cm con leyenda "DISMINUIR VELOCIDAD EVITE ACCIDENTES" con ceja, fondo color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería y filete en negro xerográfico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X ¼" galvanizado.	PZA	2.00	\$ 2,254.00	\$ 4,508.00
De recomendación (SIR) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 56 X 239 cm con leyenda "EVITE ACCIDENTES MANTENGA SU CARRIL" con ceja, fondo color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería y filete en negro xerográfico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X ¼" galvanizado.	PZA	2.00	\$ 2,254.00	\$ 4,508.00
Suministro e instalación de tramo inicial y final para defensa metálica	PZA	2.00	\$ 1,500.00	\$ 3,000.00
Suministro e instalación de defensas metálicas dobles	ML	200.00	\$ 900.00	\$ 180,000.00
Subtotal hoja 4				\$ 192,016.00
Subtotal				\$ 4'348,806.54
IVA				\$ 652,320.98
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 5'001,127.52</b>

**COMANDANCIA GENERAL DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS**

**COMANDANTE GENERAL ARTURO JIMENEZ MARTINEZ** **REPORTE DE HECHO: 252/00**

**CALZADA DE LAS BOMBAS No. 411 COL. SAN BARTOLO COAPA** **DE TRANSITO TERRESTRE**

**COYOACAN MEXICO, D.F..** **HOJA No: 1**

DESTACAMENTO: *Chalco Mexico 06* ENTIDAD: *Estado de Mexico* REGION: *Tlalpan II* DISTRITO: *Centro*

<b>A</b>	HORA: <i>7:50</i>	DIA: <i>13</i>	MES: <i>04</i>	ANO: <i>2000</i>	DIA DE LA SEMANA: <i>Jueves</i>	KM: <i>047+900</i>	CAMINO NOMBRE Y No: <i>México Oaxaca 115</i>	TRAMO: <i>Sta Barbara, lim. Edos de Mex Mor</i>
<b>B</b>	TRAYECTORIA ANTERIOR AL ACCID.: <i>México D.F.</i>				VICTIMAS: <i>VEH Si Uno</i>	M: <i>3</i>	L: <i>3</i>	VEH. No. <i>1</i>
CON DIRECCION A: <i>Cuautla Mor.</i>		EN EL CAMINO: <i>México Oaxaca</i>		CON DIRECCION A:		EN EL CAMINO		
PEATON				IBA DESDE (LADO O ESQUINA)				HACIA (LADO O ESQUINA)
								HOJAS EXTRA DE REPORTE DE ACCIDENTE

<b>C</b>	VEH. No. <i>1</i>	TIPO: <i>5ª Rueda Tractor</i>	MARCA: <i>Internacional</i>	MODELO: <i>1980</i>	COLOR: <i>Verde</i>	No. DE IDENTIFICACION: <i>HCB 17612</i>	PLACAS: <i>218 CNJ</i>
ENTIDAD-VIGEN: <i>SPF2000</i>		CAPACIDAD: <i>9 TON</i>	CARGADO CON <i>28 Ton</i>	CARTA PORTE: <i>Sin</i>	No. ECO.	EMPRESA	
TIPO DE SERVICIO: <i>SPF</i>		AUTORIZACION: <i>No. SAMJ 520104C75</i>	EXPEDIDA POR (D.G.T.): <i>Sector general</i>	VIGENCIA: <i>1/2001</i>	POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA) <i>Sin</i>		
PROPIETARIO: <i>Juan Salazar Martinez</i>				DOMICILIO: <i>Prolongacion Av. Mexico Manzana 115 Lote 5, Ecatepec Edo. de Mexico</i>			

CONDUCTOR: *Gabriel Carlos Doniz Rodriguez* DOMICILIO

SEXO: <i>M</i>	NACIONALIDAD: <i>Mexicana</i>	EDAD: <i>23</i>	FECHA DE NAC.	LIC. TIPO Y No.	ENTIDAD	VIGENCIA	VEH. RECOGIDO POR: <i>Gras Gutierrez</i>	REMOLCADO MANEJADO: <i>XXX</i>
----------------	-------------------------------	-----------------	---------------	-----------------	---------	----------	--	--------------------------------

<b>D</b>	VEH. No.	TIPO	MARCA	MODELO	COLOR	No. DE IDENTIFICACION	PLACAS
ENTIDAD-VIGENCIA		CAPACIDAD	CARGADO CON	CARTA PORTE	No. ECO.	EMPRESA	
TIPO DE SERVICIO		AUTORIZACION No	EXPEDIDA POR (D.G.T.)	VIGENCIA	POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA)		
PROPIETARIO				DOMICILIO			

CONDUCTOR

SEXO	NACIONALIDAD	EDAD	FECHA DE NAC.	LIC. TIPO Y No.	ENTIDAD	VIGENCIA	VEH. RECOGIDO POR	REMOLCADO MANEJADO
------	--------------	------	---------------	-----------------	---------	----------	-------------------	--------------------

<b>E</b>	VEH. No. <i>1</i>	TIPO: <i>Plataforma</i>	MARCA: <i>Freuhauf</i>	No. IDENTIFICACION: <i>FM1034</i>	PLACAS: <i>814VE8</i>	ENTIDAD Y VIGENCIA: <i>SPF 2000</i>	CAPACIDAD: <i>12 Ton</i>
----------	-------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	-----------------------	-------------------------------------	--------------------------

**F** CLASIFICACION DEL ACCIDENTE

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> SALIDA DEL CAMINO<br><input type="checkbox"/> VOLCADURA<br><input type="checkbox"/> CAIDA DE PASAJERO<br><input type="checkbox"/> INCENDIO<br><input type="checkbox"/> CHOQUE<br><input type="checkbox"/> ATROPELLAMIENTO<br><input type="checkbox"/> OTRO | <input checked="" type="checkbox"/> FRENOS<br><input type="checkbox"/> DIRECCION<br><input type="checkbox"/> SUSPENSION<br><input type="checkbox"/> LUCES<br><input type="checkbox"/> EJES<br><input type="checkbox"/> TRANSMISION<br><input type="checkbox"/> MOTOR<br><input type="checkbox"/> SOBRECARGO O SOBRECARGA<br><input type="checkbox"/> EXCESO DE DIMENSIONES | <input checked="" type="checkbox"/> ACOTAMIENTO(S)<br><input type="checkbox"/> VIA RAPIDA<br><input type="checkbox"/> DE CUOTA<br><input type="checkbox"/> BRECHA<br><input type="checkbox"/> TERRACERIA<br><input type="checkbox"/> TRAMO EN CONST. | <input type="checkbox"/> LUZ<br><input checked="" type="checkbox"/> DE DIA<br><input type="checkbox"/> CREPUSCULO<br><input type="checkbox"/> DE NOCHE<br><input type="checkbox"/> ALUM. PUB. |
|--|--|--|---|

- COLISION SOBRE EL CAMINO**
- PEATON (ATROPELLAMIENTO)
  - VEHICULO MOTOR EN TRANSITO
  - VEHICULO MOTOR POR ALCANCE
  - VEHICULO MOTOR ESTACIONADO
  - TREN
  - BICICLETA
  - OBJETO FIJO
  - SEMOVIENTE
  - OTROS OBJETOS

- DEL CAMINO**
- IRRUPCION DEL GANADO
  - DESPERFECTOS
  - FALTA DE SEÑALES
  - OBJETIVOS EN EL CAMINO
  - MOJADO
  - RESBALOSO
  - OTRO

- ALINEAMIENTO VERTICAL**
- PENDIENTE
  - CIMA
  - COLUMPIO
  - A NIVEL

- HORIZONTAL**
- TANGENTE
  - CURVA ABIERTA
  - CURVA CERRADA
  - ENTRONQUE
  - PUENTE O TUNEL
  - INTERSECCION
  - CALLEJON
  - ACCESO PRIVADO
  - CRUCE DE FFCC
  - ZONA PORTUARIA
  - OTRO

- I QUE SE HACIA CON EL VEHICULO**
- SEGUIA DE FRENTE
  - REBASABA
  - VIRABA A LA DERECHA
  - VIRABA A LA IZQUIERDA
  - VIRABA EN "U"
  - FRENABA
  - DESPACIO
  - INICIA MARCHA
  - ENTRABA A VIA
  - RETROCEDIA
  - ESTACIONADO CORREC.
  - ESTACIONADO INCORREC.
  - CRUZABA
  - OTRO

**G** CIRCUNSTANCIAS QUE CONTRIBUYERON DEL COND.

- IMPRUDENCIA O INTENCION
- VELOCIDAD EXCESIVA
- INVADIO CARRIL CONTRARIO
- REBASO INDEBIDAMENTE
- NO RESPETO SEÑAL DE ALTO
- NO RESPETO SEMAFORO
- NO CEDIO EL PASO
- NO GUARDO DISTANCIA
- VIRO INDEBIDAMENTE
- MAL ESTACIONAMIENTO
- ESTADO DE EBRIEDAD
- BAJO EFECTO DE DROGAS
- DORMITANDO
- DESLUMBRAMIENTO

- AGENTE NATURAL**
- LLUVIA
  - NIEVE O GRANIZO
  - NIEBLA O HUMO
  - TOLVANERA
  - VIENTOS FUERTES
  - OTROS

**H** DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE

- 1 CARRIL(ES)
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5 O MAS
- ESPACIO DIVISORIO
- 1 CARRIL(ES) EN UN SENTIDO
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5 O MAS

**CONTROL DE TRANSITO**

- SEÑAL INFORMATIVA
- SEÑAL PREVENTIVA
- SEÑAL RESTRICTIVA
- SEMAFORO
- AGENTE O GUARDAVIA
- BARRERA O ISLETA
- RAYAS LATERALES
- RAYA CENTRAL
- VIBRADORES
- ABANDERAMIENTO
- BANDEROS
- OTRO CONTROL
- SIN CONTROL

**J** QUE HACIA EL PEATON O PASAJERO

- ATRAVESABA
- SUBIA O BAJABA DEL VEH.
- CAMINABA EN SENT. DEL TRAN
- CAMINABA OPUESTO EL TRAN
- ESTABA PARADO
- JUGABA
- EMP. O TRAB. EN EL VEHICULO
- HACIA OTRA ACTIVIDAD
- SOBRE LA CARGA
- EN LUGAR DEST. A LA CARGA
- DENTRO DEL VEHICULO
- EN EL EXT. DEL VEHICULO
- SOBRE EL CAMINO
- FUERA DEL CAMINO



REPORTE DE HECHO DE TRÁNSITO TERRESTRE 252/2000  
**CROQUIS ILUSTRATIVO**

CLASIFICACION DEL ACCIDENTE

**VOLCADURA**

DESTACAMENTO  
*Chalco mex 06*

ENTIDAD  
*Estado de México*

HORA  
*7:50*

DIA  
*13*

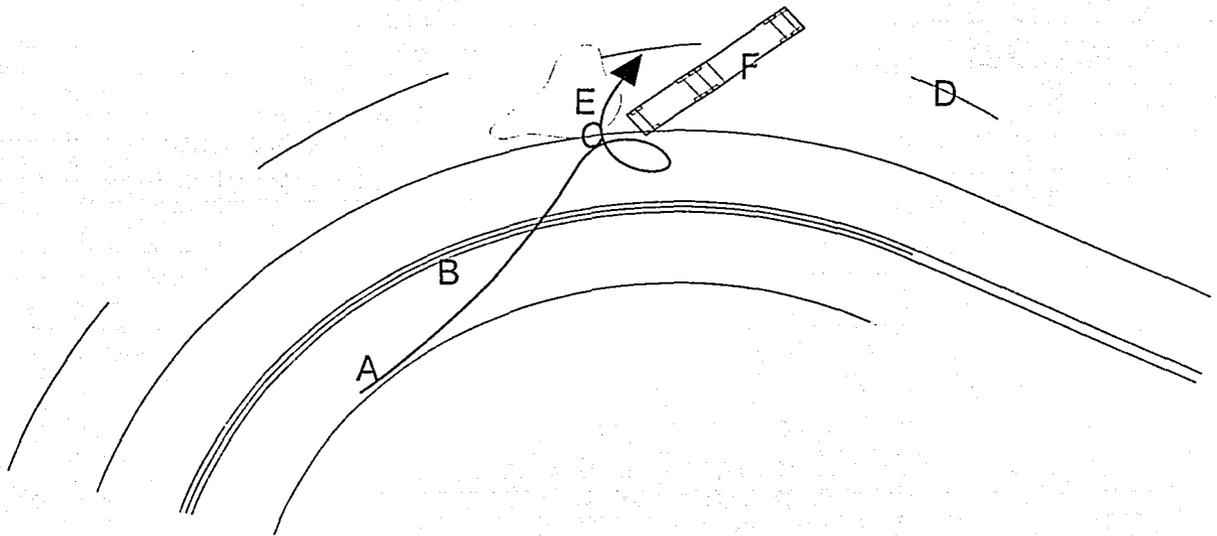
MES  
*04*

AÑO  
*00*

KM.  
*047+900*

CAMINO NAL. (NUMERO Y NOMBRE)  
*(115) México-Oaxaca*

TRAMO  
*Santa Barbara lim. Edo. de Mex y Mor.*



TRAYECTORIA ANTERIOR	REFERENCIAS Y DISTANCIAS	POSICION FINAL
1 Vehículo (1) procedente de la Ciudad de	A Pérdida del control de la dirección	
Mexico D.F. en malas condiciones mecánicas	B Invasión de carriles contrarios	
(sistema de frenos)	C Salida del camino y volcadura	
	D Malla ciclónica	
	E Carga esparcida en el lugar	
	F Vehículo sobre su toldo, diagonal al eje de la vía.	

RESPETUOSAMENTE  
 QUIEN TOMO CONOCIMIENTO

RESPETUOSAMENTE  
 QUIEN TOMO CONOCIMIENTO

REVISÓ  
 SUB INSPECTOR

SUPERVISÓ  
 INSPECTOR

Vo. Bo.  
 JEFE DE LA COMISARIA



Foto 3.1. Aspecto de la solución dada al "Cambio de Trazo"

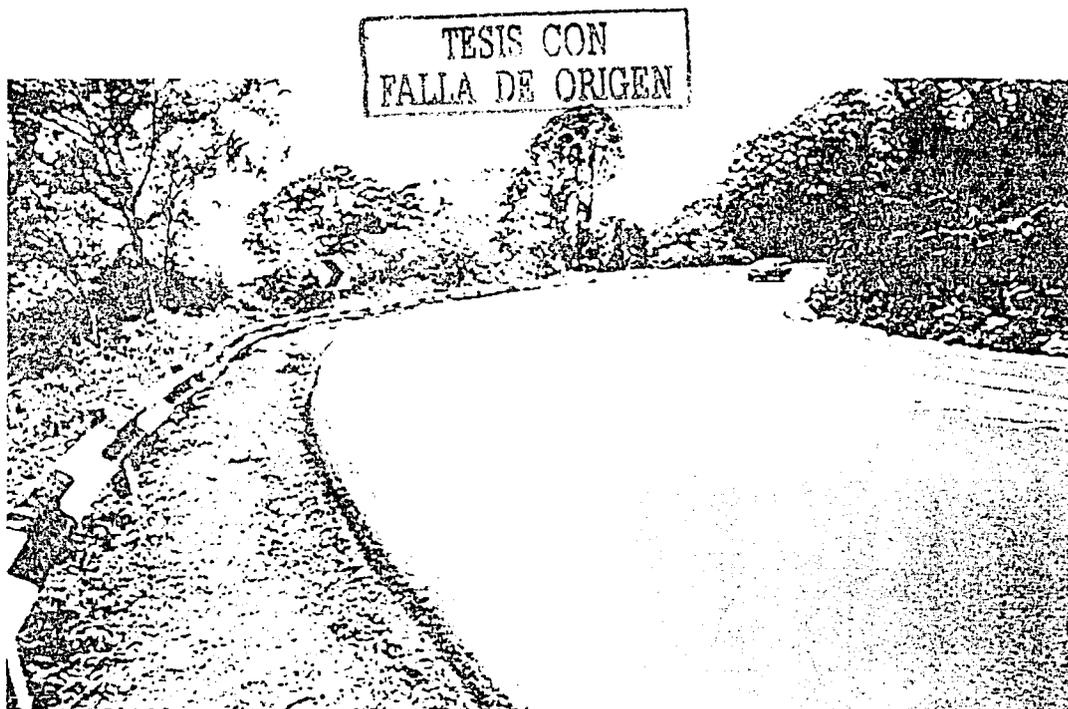


Foto 3.2. Otro aspecto de la solución dada al "Cambio de Trazo"

### III.2 .- ENTRONQUE

#### ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES

Para este caso de punto de conflicto cuya solución fue el diseño de un entronque, localizado en el cruce de la Carretera Federal Cuernavaca-Iguala y el ramal a Coatetelco, en el tramo Alpuyeca-Límites Estados Morelos/Guerrero, en el Km. 27+890.

Se recopiló la información de los reportes que elabora la *PFP* y que entrega a la *SCT* para el programa de atención de puntos de conflicto. Una vez capturada la información se agruparon por hora, fecha y tipo de accidentes, a continuación se mostrarán las gráficas correspondientes de cada uno de ellos.

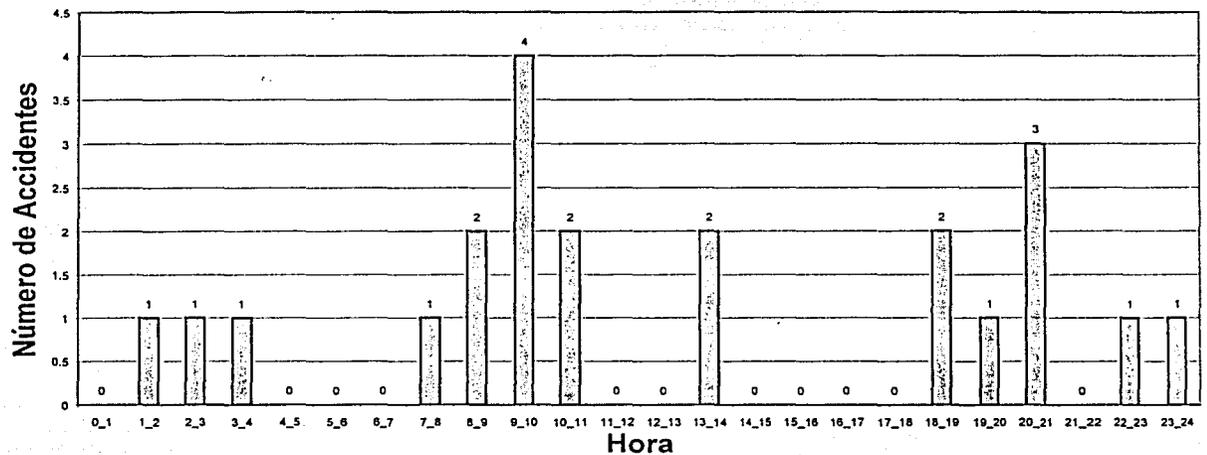


Figura 3.6. Estadística de accidentes por hora del día (Entronque).

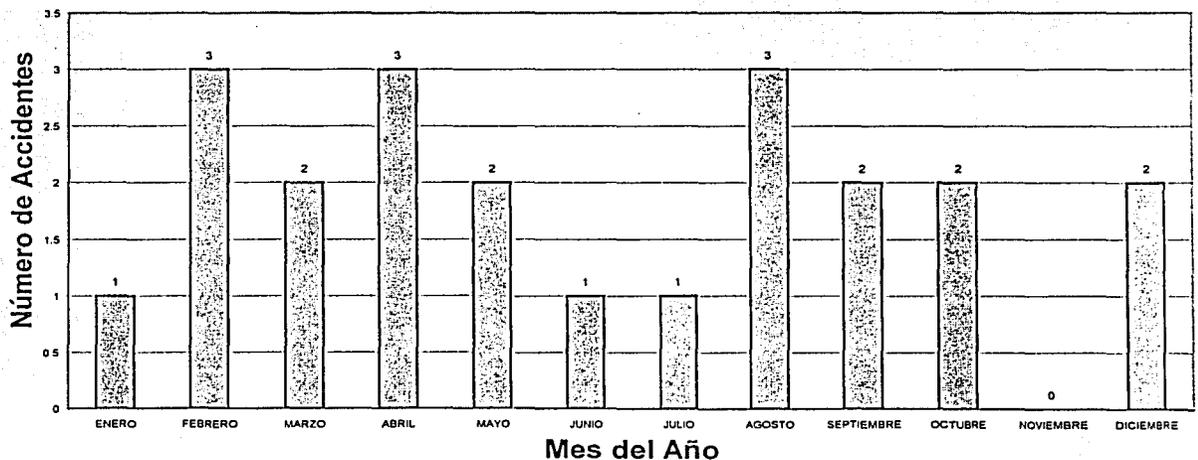


Figura 3.7. Estadística de accidentes por mes del año (Entronque).

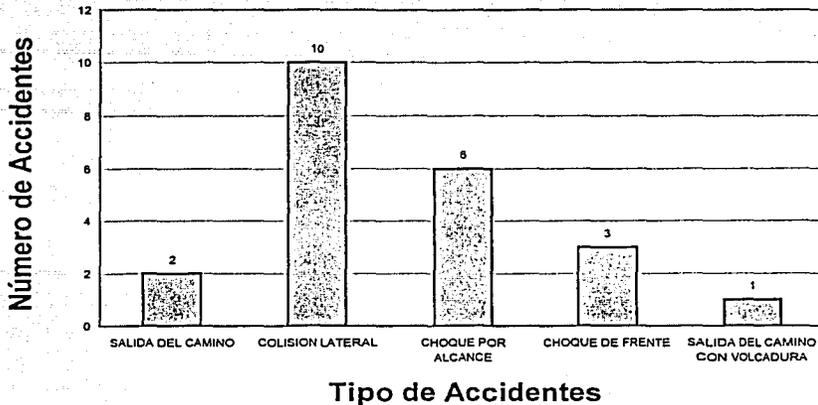


Figura 3.8. Estadística de por tipo de accidentes (Entronque).

Análisis de las gráficas:

- De la *Figura 3.6.* (estadística de accidentes por hora del día) se observa que el mayor número de accidentes se presenta de las 8:00 a 11:00 y de las 18:00 a 21:00 horas, que coinciden con la hora de mayor aforo vehicular, en ambas direcciones.
- De la *Figura 3.7.* (estadística de accidentes por mes) observamos que en los meses de febrero, abril y agosto se presentaron el mayor número de accidentes; revisando los reportes se encontró: que en el mes de agosto el pavimento se encontraba mojado y por lo tanto resbaloso, asimismo, en los meses de febrero y abril, se observó que el común denominador de los accidentes fue la imprudencia del conductor, así como el exceso de velocidad.
- De la *Figura 3.8.* (estadística por tipo de accidente), se tiene que el mayor número se presentó por colisión lateral y choque por alcance. Estos accidentes se suscitaron por la falta de precaución en la salida de la vía secundaria.

## ESTUDIOS DE TRÁNSITO

De acuerdo a los reportes de accidentes que realiza la PFP, encontramos lo siguiente:

Número de accidentes	22
Número de heridos	5
Número de muertos	0

Calculando el número de accidentes equivalentes:

$$NAE = 22(1) + 5(2) + 0(6) = 32$$

Con este valor calcularemos el  $I_{acc-eq}$  (índice de accidentes equivalente)

$$I_{acc-eq} = NAE \times 1'000\ 000 / TDPA \times 365$$

Con este índice como divisor del costo de la solución propuesta para el punto de conflicto obtendremos el ORDENADOR (el cual jerarquiza de menor a mayor)

El estudio de aforo del lugar nos arrojó que el Tráfico Diario Promedio Anual es:

$$TDPA \sim 1250$$

Aplicando los valores

$$I_{acc-eq} = 70.14$$

Y el ORDENADOR (que es igual al costo /  $I_{acc-eq}$ ). Dado que el costo es de \$ 449 568, tenemos que

$$ORDENADOR = 6\ 409$$

Este índice sirve para jerarquizar el punto de conflicto con respecto a otros y de esta manera darle la correcta prioridad dentro del *Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto*.

Con los datos de los reportes de "partes" de la PFP se realizó un diagrama de colisiones, para representar gráficamente cada uno de los accidentes y el tipo de accidente, ver *Figura 3.9.* (diagrama de colisión)

### EVALUACIONES TÉCNICAS

Se realizó el proyecto del entronque con base a tablas para Diseño Geométrico del entronque y los resultados de los aforos realizados para los cinco destinos que se observan en el entronque y con un Tránsito Horario Máximo (THM):

RUTA	THM
1. Coatetelco – Alpuyecá	59
2. Coatetelco – Puente de Ixtla	5
3. Puente de Ixtla – Coatetelco	20
4. Puente de Ixtla – Alpuyecá	101
5. Alpuyecá - Puente de Ixtla	128
6. Alpuyecá – Coatetelco	68

Se identificó como vehículo de proyecto el DE-1220, la carretera 1590 es *Tipo C* con longitud de 26 km, tramo Cuernavaca-Alpuyecá, Ruta 95 con las siguientes características:

Ancho de calzada 6.0 m  
 Ancho de corona 7.0 m  
 Ancho de acotamiento 0.5 m

Para el tipo de tránsito, se considera el Caso II y la condición B, utilizando para el acceso a la vía secundaria un radio de curva de 46.00 m; por lo tanto, el ancho de calzada es de 6.50 m en la curva, las tablas mencionadas se incluyen en el Cuadro 3.1. La longitud del carril de desaceleración será de 110 m para la velocidad de proyecto de 80 km/h, longitud de transición de 69 m; en el caso del carril de aceleración será de 170 m y 69 m para el carril de transición (Cuadro 3.2). En el caso de la distancia de visibilidad de la vía secundaria a la principal también se cumple con los 110 m en el punto de acceso al entronque (Cuadro 3.3).

R Radios de la orilla interna de la calzada, metros	ANCHO DE CALZADA EN METROS								
	CASO I			CASO II			CASO III		
	Operación en un solo sentido, con un solo carril y sin previsión para el rebase.			Operación en un solo sentido, con un solo carril y con previsión para el rebase a vehículos estacionados.			Operación en uno o dos sentidos de circulación, y con dos carriles.		
	CONDICIÓN DE TRÁNSITO								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15.00	5.50	5.50	7.00	7.00	7.50	8.75	9.50	10.75	12.75
23.00	5.00	5.25	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	10.00	11.25
31.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	7.50	8.50	9.50	10.75
46.00	4.25	5.00	5.25	5.75	6.50	7.25	8.25	9.25	10.00
61.00	4.00	5.00	5.00	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	9.50
91.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	9.25
122.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
152.00	3.75	4.50	4.50	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	5.25	5.75	6.50	7.50	8.25	8.25
Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de las orillas de la calzada									
Guarnición achaflanada	NINGUNA			NINGUNA			NINGUNA		
Guarnición vertical un lado	Aumentar 0.30 m			NINGUNA			Aumentar 0.30 m		
Guarnición vertical dos lados	Aumentar 0.60 m			Aumentar 0.30 m			Aumentar 0.60 m		
Acotamiento, en uno o en ambos lados	NINGUNA			Restar el ancho del acotamiento; ancho mínimo de la calzada el del caso I			Cuando el acotamiento sea de 1.20 m o mayor, reducir 0.60 m		

Cuadro 3.1. Especificaciones de para las curvas de enlace en entronques, de acuerdo a la características de las vialidades y a la intensidad de tránsito.

Velocidad de proyecto en el enlace, km/h		Condición de Parada	25	30	40	50	60	70	80	
Radio mínimo de curva, m			15	24	45	75	113	154	209	
Velocidad de proyecto de la carretera km/h	Longitud de la transición en m	Longitud total del carril de DESACELERACIÓN incluyendo la transición en metros								
50	45	64	45	-	-	-	-	-	-	
60	54	100	85	80	70	-	-	-	-	
70	61	110	105	100	90	75	-	-	-	
80	69	130	125	120	110	95	85	-	-	
90	77	150	145	140	130	115	105	80	-	
100	84	170	160	160	145	135	125	100	-	
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100	
Velocidad de proyecto de la carretera km/h	Longitud de la transición en m	Longitud total del carril de ACELERACIÓN incluyendo la transición en metros								
50	45	170	45	-	-	-	-	-	-	
60	54	110	85	75	-	-	-	-	-	
70	61	160	135	125	100	-	-	-	-	
80	69	230	205	190	170	125	-	-	-	
90	77	315	300	285	255	205	160	-	-	
100	84	405	395	380	350	295	240	160	-	
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180	

**Cuadro 3.2.** Determinación de la longitud del carril de ACELERACIÓN, DESACELERACIÓN y la longitud de transición, conforme a la velocidad de proyecto.

Velocidad de proyecto [km/h]	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia mínima de visibilidad de parada [m]	25	35	50	65	80	95	110	140	165	200

**Cuadro 3.3.** Determinación de la distancia mínima de visibilidad de parada, conforme a la velocidad de proyecto.

AFORO DIRECCIONAL HORARIO CON CLASIFICACION VEHICULAR																				
ENTRONQUE COATETELCO																				
CARRETERA: CUERNAVACA ALPUYECA										FECHA: 13-Oct										
TRAMO: ENTRONQUE COATETELCO										SENTIDO: 1										
KM: 27+890										Coatetelco-Alpuyeca										
HORA	7:00 A 8:00					8:00 A 9:00					9:00 A 10:00					10:00 A 11:00				
TIPO VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL
A	6	6	11	8	31	11	12	6	9	38	4	7	8	8	27	11	7	5	12	35
P		3	1	4	8	4	2	2	4	12	5	4	2	5	16	2	4	3	4	13
BE		1		1	2		1	1		2	1			1	2		1		1	2
B3					0					0					0					0
C2					0		2			2				1	1	1	1	1	1	4
C3				1	1		1			1	1				1					0
C4					0					0					0					0
T2-S1					0					0					0					0
T2-S2					0					0					0					0
T2-S3					0					0					0					0
TOTAL	6	10	12	14	42	15	18	9	13	55	11	11	10	15	47	14	13	9	18	54
HMD				42		51	59	56	55		51	44	45	47		50	52	51	54	

TRAMO: ENTRONQUE COATETELCO										SENTIDO: 2										
KM: 27+890										Coatetelco-Alpuyeca										
HORA	7:00 A 8:00					8:00 A 9:00					9:00 A 10:00					10:00 A 11:00				
TIPO VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL
A					0					0				1	1	2			1	3
P					0					0					0		1			1
BE					0					0					0					2
B3					0					0					0					0
C2					0					0				1	1					4
C3					0					0					0					0
C4					0					0					0					0
T2-S1					0					0					0					0
T2-S2					0					0					0					0
T2-S3					0					0					0					0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	0	1	4
HMD				0		0	0	0	0		0	0	0	2		4	5	5	4	

Cuadro 3.4. Determinación del aforo vehicular, con clasificación vehicular, en los sentidos 1 y 2.

AFORO DIRECCIONAL HORARIO CON CLASIFICACION VEHICULAR																				
ENTRONQUE COATETELCO																				
CARRETERA: CUERNAVACA ALPUYECA											FECHA:			13-Oct						
TRAMO: ENTRONQUE COATETELCO											SENTIDO:			3						
KM: 27+890											Puente de Ixtla-Coatetelco									
HORA	7:00 A 8:00					8:00 A 9:00					9:00 A 10:00					10:00 A 11:00				
TIPO VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL
A	3	4	1	1	9	1	1		1	3		2	2		4	1	1	2	1	5
P	3	2	1	1	7	1	1	1		3					0	1				1
BE		1			1					0					0					0
B3					0					0					0					0
C2	1	1			2		2	3		5	1				1			1	1	2
C3		1			1					0				1	1					0
C4					0					0					0					0
T2-S1					0					0					0					0
T2-S2					0					0					0					0
T2-S3					0					0					0					0
TOTAL	7	9	2	2	20	2	4	4	1	11	1	2	2	1	6	2	1	3	2	8
HMD				20		15	10	12	11		10	8	6	6		7	6	7	8	

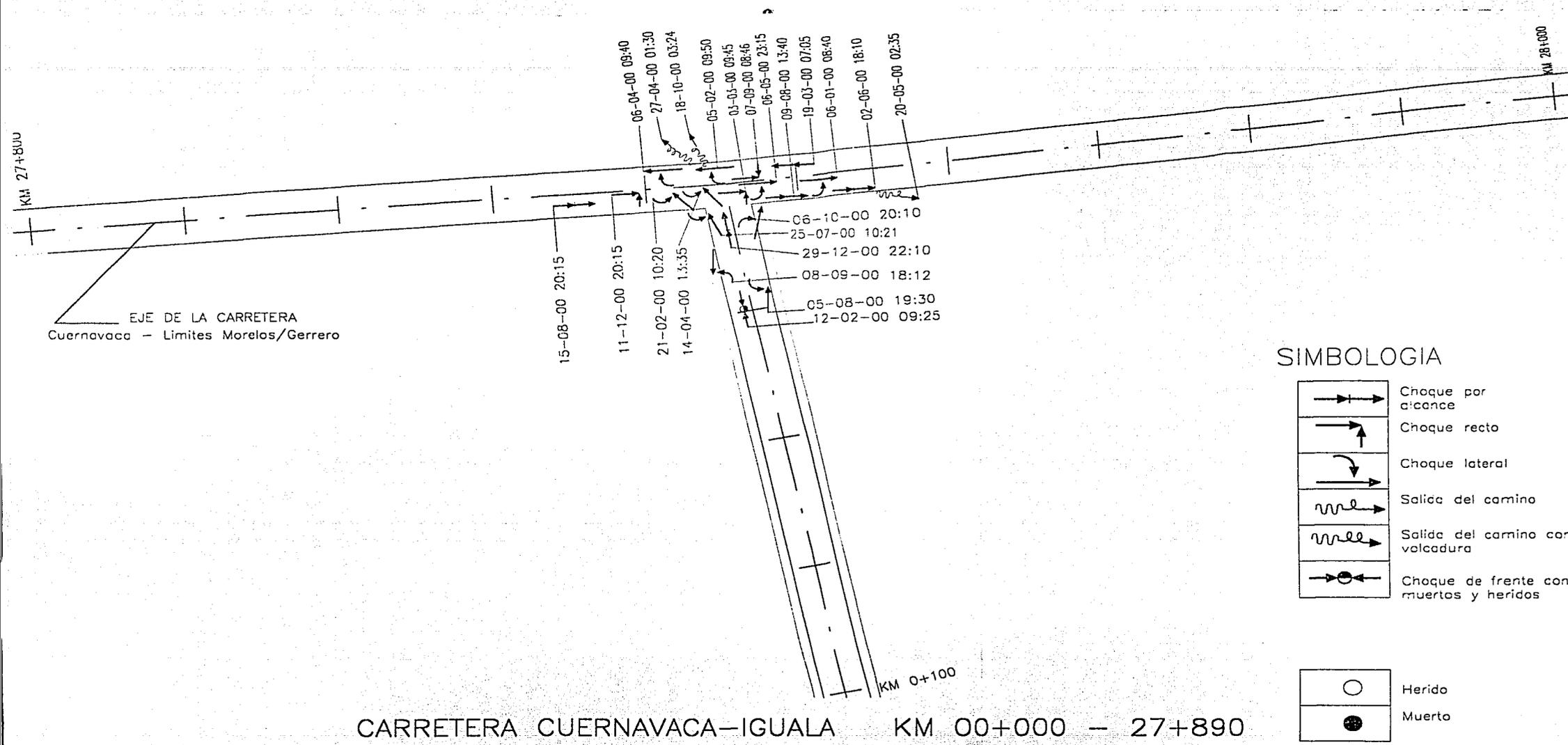
TRAMO: ENTRONQUE COATETELCO											SENTIDO:			4						
KM: 27+890											Puente de Ixtla-Alpuyec									
HORA	7:00 A 8:00					8:00 A 9:00					9:00 A 10:00					10:00 A 11:00				
TIPO VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL
A	6	16	7	14	43	14	21	10	14	59	9	10	11	16	46	10	6	13	13	42
P	3	2	8	5	18	4	4	5	4	17	2	3	1	2	8	7	6	2	7	22
BE		1		1	2		3		3	6	1	1		1	3		1		1	2
B3					0					0					0					0
C2		2	2	6	10	3	4	2	1	10	3	3	1	2	9	4	2	3	4	13
C3		1	1	2	4		1	1		2	2			1	3		1	1	1	3
C4					0					0					0					0
T2-S1					0					0					0					0
T2-S2					0					0					0					0
T2-S3					0			1		1					0					0
T2-S1-R2					0					0					0					0
T3-S2					0			1	1	1					0	1				1
T3-S3					0					0			1		1	1				1
TOTAL	9	22	18	28	77	21	33	19	23	96	17	17	14	22	70	23	16	19	26	84
HMD				77		89	100	101	96		92	76	71	70		76	75	80	84	

Cuadro 3.5. Determinación del aforo vehicular, con clasificación vehicular, en los sentidos 3 y 4.

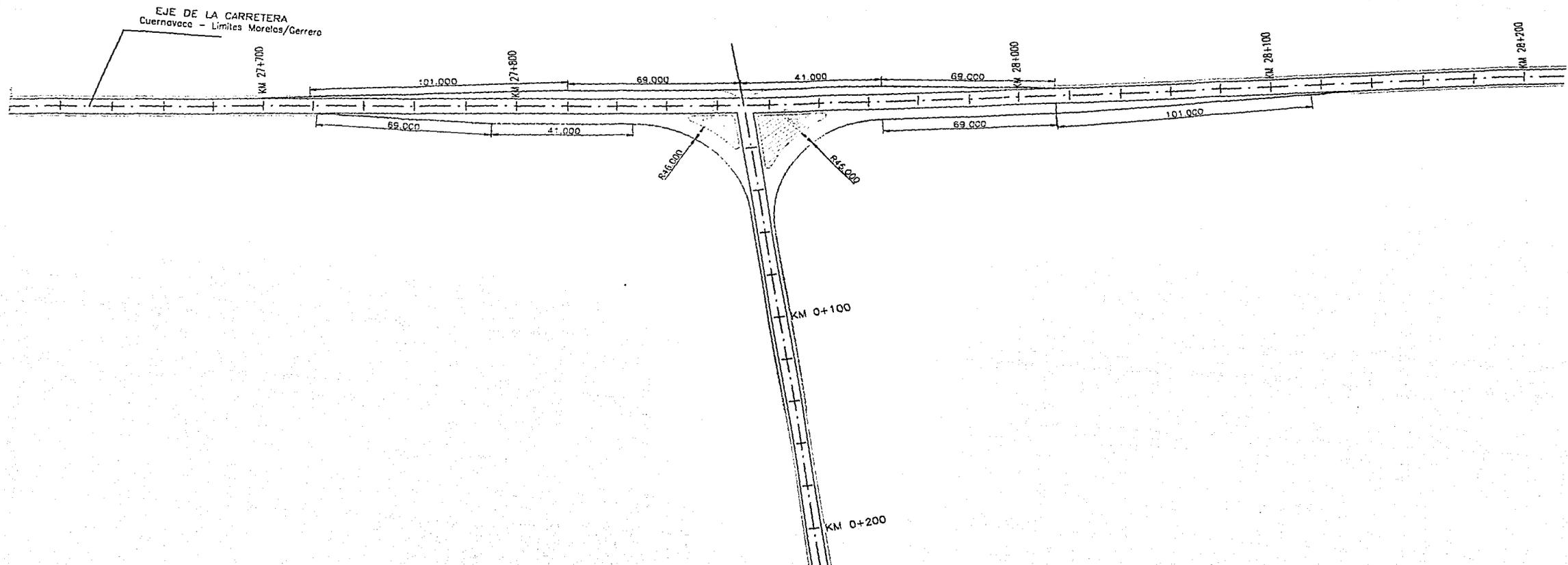
AFORO DIRECCIONAL HORARIO CON CLASIFICACION VEHICULAR																				
ENTRONQUE COATETELCO																				
CARRETERA: CUERNAVACA ALPUYECA										FECHA: 13-Oct										
TRAMO: ENTRONQUE COATETELCO										SENTIDO: 5										
KM: 27+890										Puente de Ixtla-Coatetelco										
HORA	7:00 A 8:00					8:00 A 9:00					9:00 A 10:00					10:00 A 11:00				
TIPO VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL
A	7	8	13	11	39	17	8	15	14	54	17	12	14	13	56	11	11	12	14	48
P	6	5	9	1	21	7	6	10	11	34	7	12	4	12	35	6	5	8	8	27
BE				1	1	1	1		1	3	2		2		4			1		2
B3					0					0					0					0
C2	5	2	2	2	11	2	4	4	6	16	5	1	2	2	10	5	1	6	2	14
C3	1			1	2	2	1	1	1	5	5	1		2	8	2	1	1	3	7
C4					0					0					0					0
T2-S1					0					0					0					0
T2-S2					0					0					0					0
T2-S3	1				1				1	1					0					0
T2-S1-R2					0			1		1					0					0
T3-S2					0					0	1		1		2	1	1		1	3
T3-S3					0					0			1		1		3			3
TOTAL	20	15	24	16	75	29	20	31	34	114	37	26	24	29	116	25	23	27	29	104
HMD				75		84	89	96	114		122	128	121	116		7	6	7	8	

TRAMO: ENTRONQUE COATETELCO										SENTIDO: 6										
KM: 27+890										Alpuyea-Coatetelco										
HORA	7:00 A 8:00					8:00 A 9:00					9:00 A 10:00					10:00 A 11:00				
TIPO VEHICULO	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL	00-15	15-30	30-45	45-60	TOTAL
A	5	19	12	6	42	5	7	5	10	27	5	6	12		23	4	6	8	5	23
P	2	7	5	2	16	3	6	5	3	17	1	6	3		10	4	3	3	3	13
BE	1	1	1		3	1		1		2	1			1	2			1		2
B3					0					0					0					0
C2		2		1	3	2				2		1		3	4					0
C3				1	1		1			1					0					0
C4					0					0					0					0
T2-S1					0					0					0					0
T2-S2					0					0					0					0
T2-S3					0					0					0					0
T2-S1-R2					0					0					0					0
T3-S2					0					0					0					0
T3-S3					0					0					0					0
TOTAL	8	29	18	10	65	11	14	11	13	49	7	13	15	4	39	8	10	11	9	38
HMD				65		68	53	46	49		45	44	48	39		40	37	33	38	

Cuadro 3.6. Determinación del aforo vehicular, con clasificación vehicular, en los sentidos 5 y 6.



CARRETERA CUERNAVACA-IGUALA KM 00+000 - 27+890  
 FIGURA 3.9 DIAGRAMA DE COLISIONES



CARRETERA CUERNAVACA-IGUALA  
 FIGURA 3.10  
 KM 00+000 - 27+890  
 TRAZO

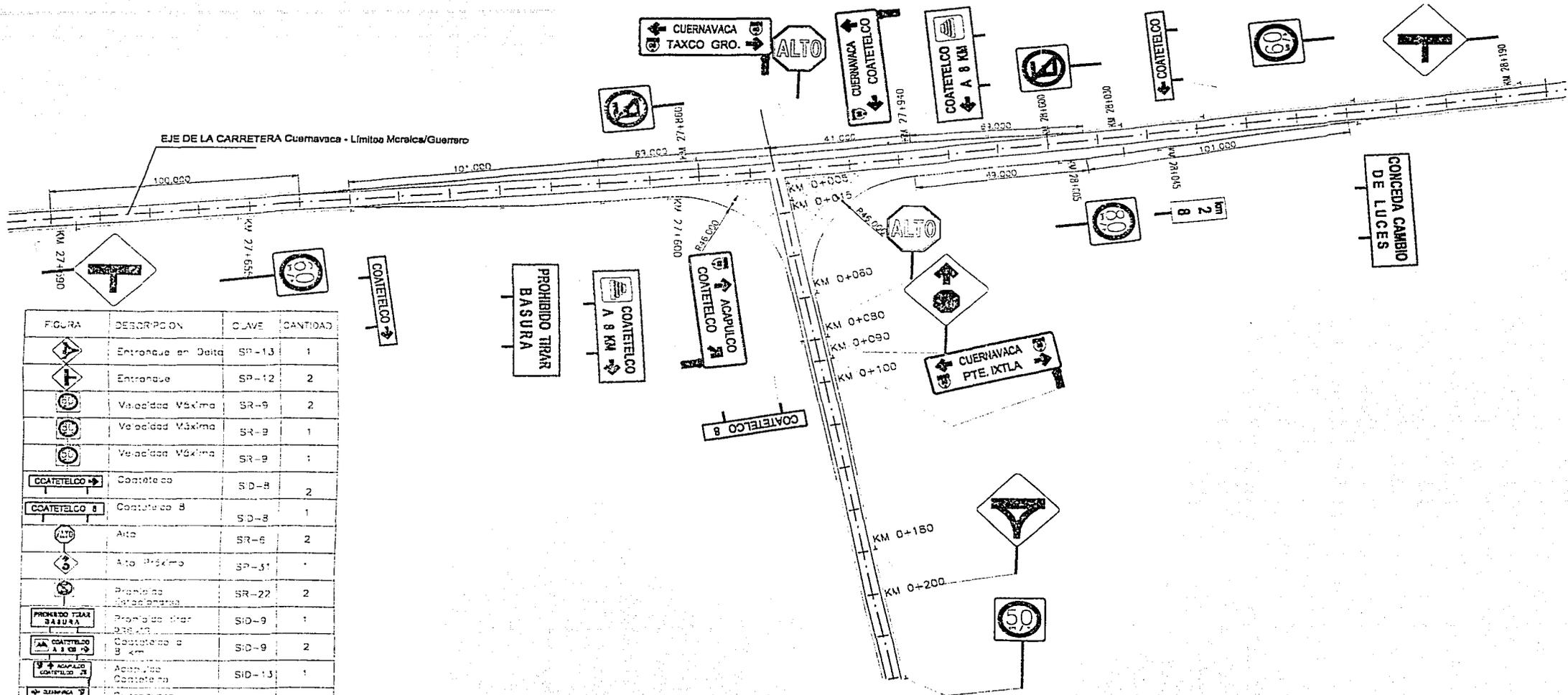


FIGURA	DESCRIPCION	CLAVE	CANTIDAD
	Entrance en Dextra	SP-13	1
	Entrance	SP-12	2
	Velocidad Máxima	SR-9	2
	Velocidad Máxima	SR-9	1
	Velocidad Máxima	SR-9	1
	Coatepec	SD-8	2
	Coatepec B	SD-8	1
	Alto	SR-6	2
	Alto Próximo	SP-51	1
	Prohibido Tránsito	SR-22	2
	Prohibido Tránsito	SID-9	1
	Coatepec a 8 km	SID-9	2
	Acapulco Coatepec	SID-13	1
	Cuernavaca Taxco Guerrero	SID-13	1
	Cuernavaca Coatepec	SID-13	1
	Cuernavaca Pte. Ixtla	SID-13	1
	Km 28	SID	1
	Concede cambio de luces	SID-9	1
TOTAL			24

CARRETERA CUERNAVACA-IGUALA KM 00+000 - 27+890

FIGURA 3.11

PROYECTO ENTRONQUE

Para un mejor análisis de la situación particular del punto en estudio, se plantearon las siguientes preguntas durante el trabajo de campo:

- **¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?**  
- *Sí.*
- **¿Es responsable un punto sin visibilidad?**  
- *No*
- **¿Puede ser suprimido?**  
- *No es el caso*
- **¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?**  
- *Colocar más señalamiento, tanto horizontal como vertical, reacondicionar el entronque.*
- **¿Están los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?**  
- *No*
- **¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?**  
- *No*
- **¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?**  
- *No*
- **¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?**  
- *No*
- **¿Está el número de los accidentes nocturnos muy fuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, e indicando la necesidad de protección especial durante la noche, tal como señales y marcas reflejantes, etc?**  
- *No*
- **¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policíaca?**  
- *Sí*
- **¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados, próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?**  
- *Sí*
- **¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada?**  
- *No*

Para un mejor análisis de la situación particular del punto en estudio, se plantearon las siguientes preguntas durante el trabajo de campo:

- **¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?**  
- *Sí.*
- **¿Es responsable un punto sin visibilidad?**  
- *No*
- **¿Puede ser suprimido?**  
- *No es el caso*
- **¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?**  
- *Colocar más señalamiento, tanto horizontal como vertical, reacondicionar el entronque.*
- **¿Están los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?**  
- *No*
- **¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?**  
- *No*
- **¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?**  
- *No*
- **¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?**  
- *No*
- **¿Está el número de los accidentes nocturnos muy fuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, e indicando la necesidad de protección especial durante la noche, tal como señales y marcas reflejantes, etc?**  
- *No*
- **¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policíaca?**  
- *Sí*
- **¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados, próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?**  
- *Sí*
- **¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada?**  
- *No*

- **¿Indica el señalamiento informativo previo, sobre los destinos de manera correcta, permitiendo la elección del carril oportunamente, reduciendo al mínimo la necesidad de cambiar bruscamente de carril, cerca del lugar de los accidentes?**
  - No

Por lo tanto, de acuerdo con el diagrama de colisiones y el resumen de los hechos, formulados previamente, nos permitió dar los siguientes razonamientos:

- **Estado del tiempo y del pavimento en que ocurrieron la mayor parte de los accidentes**
  - *En condiciones normales*
- **Los tipos de accidentes que con mayor frecuencia ocurren son:**
  - *Choque lateral y choque por alcance*
- **Tipos de daños que predominan:**
  - *Materiales*
- **En que estación del año se presentó el mayor número de accidentes**
  - *En general todo el año*
- **Proporción en que participan en los accidentes los vehículos**
  - *20 % vehículos pesados*
  - *80 % automóviles*

La observación hecha en campo da como resultado que algunos de los datos de accidentes, resulten así más claros y significativos. Por ende se determinó lo siguiente:

- a) *Que la falta de señalización y la velocidad excesiva provoca los accidentes al llegar al entronque (ver Figura 3.10.)*
- b) *Que el exceso de velocidad en la vía principal impide frenar antes de que el vehículo pueda cruzar o que se tenga un alcance, cuando de la vía secundaria se integran a la principal*
- c) *No tiene el suficiente señalamiento preventivo, restrictivo e informativo.*
- d) *Que la velocidad promedio de los vehículos es mayor a la velocidad de diseño.*

De lo anterior resulta que la solución adecuada es:

- *Realizar un entronque mejor proyectado, con un adecuado diseño de señalamiento horizontal y vertical*

La construcción de terracerías, obras de drenaje y pavimentación para un entronque que cumpla las normas de proyecto. Se realizarán obras consistentes en: despalme para desplante de terraplenes, excavación en cortes y adicionales debajo de la sub-rasante y en el caso de que el material sea el adecuado, se compactará el terreno natural de la cama de los cortes y en el desplante de los terraplenes, ambos al 95% de su *P.V.S.M.* en un espesor de 20 cm, terraplenes y cuñas compactados al 95% de su *P.V.S.M.*, después se construirá una capa de sub-base de 20 cm de espesor con material de banco compactada al 100%, y, sobre ésta, se construirá una base de 20 cm de espesor compactada al 100% con material de banco; estando limpia y seca la base se impregnará

con emulsión de rompimiento lento-agua en proporción de 50% y 50% a razón de 3 lts/m<sup>2</sup>, después se aplicará un riego de liga con emulsión de rompimiento rápido a razón de 0.80 lts/m<sup>2</sup> tendiéndose inmediatamente después una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor compactada al 100% de su P.V.S.M.

Finalmente se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido Tipo ER-C2 a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup>, aplicándose después un riego de sello con material pétreo 3-A, premezclado en toda la zona de rodamiento, cuidando que dicho material tenga un peso volumétrico superior a los 1100 kg/m<sup>3</sup>, proveniente de mantos rocosos mediante trituración total o parcial y cribado, exceptuando mantos calizos, el material 3-A deberá acomodarse con rodillo ligero y neumático.

Así mismo se propone una señalización acorde con las necesidades del punto en estudio, como la que se muestra en la *Figura 3.11*.

### EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Para determinar el costo la solución propuesta, se realizará por medio del siguiente catálogo de conceptos.

### MEJORAMIENTO DE ENTRONQUE CATÁLOGO DE CONCEPTOS

CARRETERA: FEDERAL CUERNAVACA  
TRAMO: ALPUYECA-LIM. ESTADO DE MORELOS  
KM: 28 + 900

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Excavación en cortes y adicionales debajo de la sub-rasante cuando el material se desperdicie	m <sup>3</sup>	751.92	\$ 1.63	\$ 1,225.63
Compactación de la cama de los cortes en que no se haya ordenado excavación adicional para 95% de su PVSM	m <sup>3</sup>	300.77	\$ 37.70	\$ 11,339.03
<b>PAVIMENTOS</b>				
<b>Sub-base o base</b>				
Sub-base compactada al 100% de se PVSM	m <sup>3</sup>	300.77	\$ 120.42	\$ 36,218.72
Base compactada al 100% de se PVSM	m <sup>3</sup>	300.77	\$ 143.00	\$ 43,010.11
<b>MATERIALES ASFÁLTICOS</b>				
<b>Emulsiones asfálticas</b>				
Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 para carpeta	lts	1,203.06	\$ 1.53	\$ 1,840.68
			Subtotal hoja 1	\$ 93,634.17

**MEJORAMIENTO DE ENTRONQUE  
CATÁLOGO DE CONCEPTOS**

**CARRETERA:** FEDERAL CUERNAVACA  
**TRAMO:** ALPUYECA-LIM. ESTADO DE MORELOS  
**KM:** 28 + 900

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 para riego de sello	Its	2,255.75	\$ 1.87	\$ 4,218.25
Riego de impregnación con emulsión asfáltica de rompimiento lento tipo RL-2K	Its	4,511.49	\$ 1.00	\$ 4,511.49
Adquisición, acarreo y aplicación de emulsión catiónica de rompimiento lento, RL-2K, mezclada con agua	Its	1,804.60	\$ 0.92	\$ 1,660.23
Mezclado de material 3-A, para riego de sello	m <sup>3</sup>	18.05	\$ 24.62	\$ 444.39
Cemento asfáltico empleado en concreto asfáltico, asfalto AC-20	kg	15,038.30	\$ 1.56	\$ 23,459.75
Carpeta de concreto asfáltico, compactada al 100% de su PVSM	m <sup>3</sup>	150.38	\$ 468.61	\$ 70,469.57
Aplicación de riego de sello con materia 3-A premezclado	m <sup>3</sup>	18.05	\$ 350.74	\$ 6,330.86
<b>Señalamiento horizontal</b>				
Suministro y colocación de vialetas adheridas con pegamento epóxico sin perno, en rayas canalizadoras, de dos lados reflejantes	PZA	295.00	\$ 34.89	\$ 10,292.55
Pintado de raya separadora de carril de circulación, continua y discontinua en pavimento de 20 cm de ancho, en color amarillo; incluye micro esfera de vidrio reflejante.	m/	900.00	\$ 7.68	\$ 6,912.00
Pintado de rayas en orillas de calzada, continuas en el pavimento 15 cm de ancho, en color blanco; incluye: micro esfera de vidrio reflejante.	m/	1,800.00	\$ 5.09	\$ 9,162.00
			Subtotal hoja 2	\$ 137,461.09

## MEJORAMIENTO DE ENTRONQUE CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL CUERNAVACA  
**TRAMO:** ALPUYECA-LIM. ESTADO DE MORELOS  
**KM:** 28 + 900

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<b>Señalamiento vertical</b>				
Suministro e instalación de señal preventiva (SP), con tablero de lámina galvanizada calibre 16 con ceja, fondo en acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería, de 86 X 86 cm con poste metálico galvanizado de 3" x 3"	PZA	3.00	\$ 1,035.41	\$ 3,106.23
Suministro e instalación de señal restrictiva (SR), con tablero de lámina galvanizada calibre 16 con ceja, fondo en acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería, de 86 X 86 cm con poste metálico galvanizado de 3" x 3"	PZA	7.00	\$ 1,035.41	\$ 7,247.87
<b>Suministro e instalación de señales informativas bajas</b>				
De recomendación (SIR) con tablero de lámina galvanizada calibre 16 con ceja, fondo de papel color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería, y filete en negro serigrafico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X 1/4", tablero de 178 X 56 cm. Recolocación.	PZA	1.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
De información (SIG) general con tablero de lámina galvanizada calibre 16 con ceja, fondo de papel color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería, y filete en negro serigráfico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X 1/4", tablero de 178 X 71 cm. Recolocación.	PZA	4.00	\$ 1,000.00	\$ 4,000.00
			<b>Subtotal hoja 3</b>	<b>\$ 15,354.10</b>

**MEJORAMIENTO DE ENTRONQUE  
CATÁLOGO DE CONCEPTOS**

**CARRETERA:** FEDERAL CUERNAVACA  
**TRAMO:** ALPUYECA-LIM. ESTADO DE MORELOS  
**KM:** 28 + 900

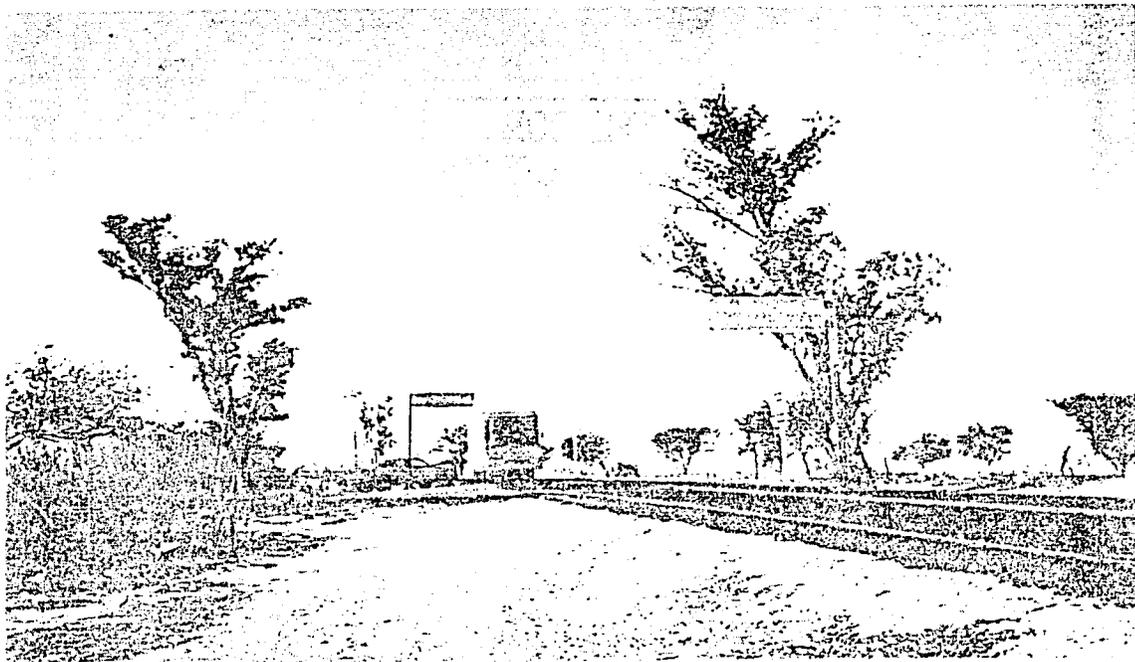
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
De identificación (SII) con tablero de lamina galv. Calibre 16 con ceja, fondo de papel color verde reflejante Scotch lite grado de ingeniería, y filete en negro serigrafico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3"X3"X ¼", tablero de 40 X 178 cm. Recolocación.	PZA	1.00	\$ 550.00	\$ 550.00
De destino (SID) elevada general con tablero de lamina galv. Cal. 16 con ceja, fondo de papel color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería, y filete en negro serigrafico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X ¼", tablero de 122 X 305 cm.	PZA	3.00	\$ 2,000.00	\$ 6,000.00
Suministro e instalación de señales informativas elevadas	PZA	3.00	\$ 45,000.00	\$ 135,000.00
			Subtotal hoja 4	\$ 141,550.00
			Subtotal	\$ 387,999.37
			IVA	\$ 58,199.90
			Total	\$ 446,199.27



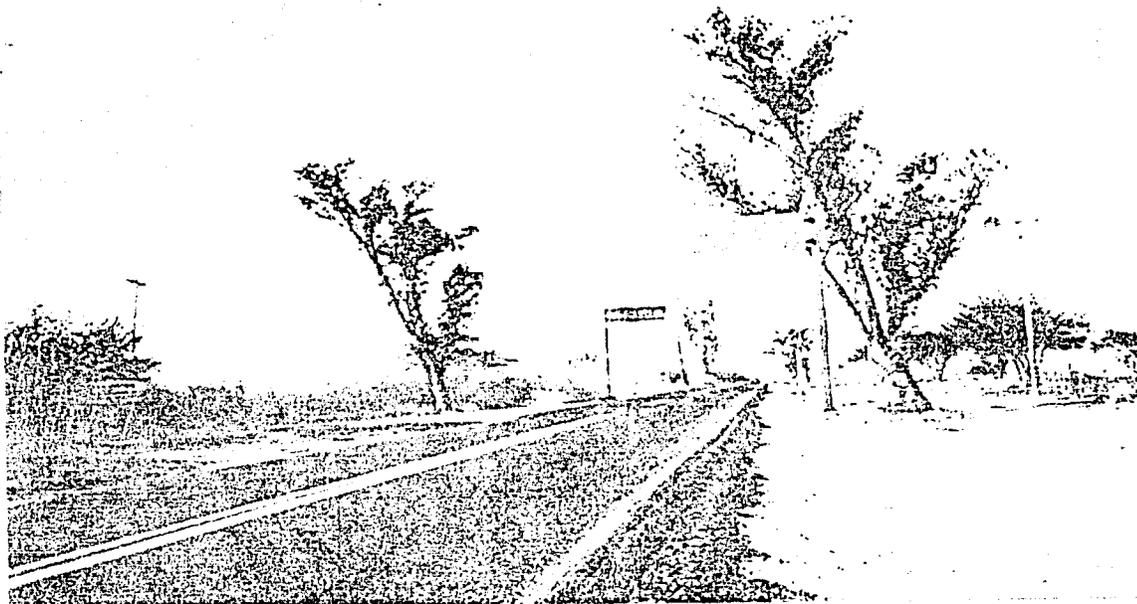
Foto 3.3. Aspecto sur de la Vía Coatetelco a Alpuyecá- Puente de Ixtla



Foto 3.4. Aspecto hacia al poniente del Entronque



*Foto 3.5. Aspecto de oriente a poniente del Entronque*



*Foto 3.6. Aspecto de oriente a poniente del Entronque.*

Capítulo 3: "ESTUDIO Y SOLUCION DE PUNTOS DE CONFLICTO REALES" (Entronque)

<b>COMANDANCIA GENERAL DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS</b>										
COMANDANTE GENERAL ARTURO JIMENEZ MARTINEZ					REPORTE DE HECHO: 132/00					
CALZADA DE LAS BOMBAS No. 411 COL. SAN BARTOLO COAPA					DE TRANSITO TERRESTRE					
COYOACAN MEXICO, D.F..					HOJA No: 1					
DESTACAMENTO: Cuernavaca-Mor-05-02			ENTIDAD: Morelos		REGION: Beta II		DISTRITO: Centro			
<b>A</b>	HORA: 12:05	DIA: 15	MES: 09	AÑO: 2000	DIA DE LA SEMANA: Lunes	KM: 27+890	CAMINO NOMBRE Y No: 78 Cuernavaca-Iguala	TRAMO: Alpuvaca, lim. Edos de Mor/Gro		
<b>B</b>	TRAYECTORIA ANTERIOR AL ACCID: Cuernavaca-Iguala				VICTIMAS: Si	VEH: Uno	M: L	VEH: L	PEATON: L	TOTAL DE PARTICIP: Dcs
VEH. No: 1			CON DIRECCION: Cuernavaca Mor.		EN EL CAMINO: Cuernavaca-Iguala		VEH. No 2		CON DIRECCION: Cuernavaca	EN EL CAMINO Cuernavaca-Iguala
PEATON			VENA DESDE (LADO O ESQUINA)		HACIA (LADO O ESQUINA)		HOJAS EXTRA DE REPORTE DE ACCIDENTE			
<b>C</b>	VEH. No: 1	TIPO: Automovil	MARCA: Nissan /Tsuruil	MODELO: 1994	COLOR: Azul	No. DE IDENTIFICACION: 4BA YB1308949		PLACAS: 453 HCY		
ENTIDAD-VIGEN D.F.1997		CAPACIDAD: 5 pers.	CARGADO CON		CARTA PORTE:	No. ECO	EMPRESA			
TIPO DE SERVICIO: Particular		AUTORIZACION	EXPEDIDA POR (D.G.T.)		VIGENCIA:		POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA) 144722 Seguros la Provincial			
PROPIETARIO Leonardo Duran Cartagano					DOMICILIO: Av. 11 No. 62 Conj. 14 Interior 36 San N. Tolentino Mexico D.F.					
CONDUCTOR: Leonardo Duran Cartagano					DOMICILIO Av. 11 No. 62 Conj. 14 Interior 36 San N. Tolentino Mexico D.F.			MUERTO LESIONAD	LLEVADO A:	
SEXO M	NACIONALIDAD Mexicana	EDAD 53	FECHA DE NAC. 18/10/1946	LIC. TIPO Y No. "B" No. DUCL461018	ENTIDAD D.F.	VIGENCIA 16.07.00	VEH. RECOGIDO POR: Su Conductor	REMOLCADO MANEJADO XXX		
<b>D</b>	VEH. No: 2	TIPO: Automovil	MARCA: VW/Combi	MODELO: 1979	COLOR: Blanco	No. DE IDENTIFICACION: 2382045377		PLACAS: RAR 216		
ENTIDAD-VIGENCIA D.F.1997		CAPACIDAD: 8 Personas	CARGADO CON		CARTA PORTE:	No. ECO.	EMPRESA			
TIPO DE SERVICIO: Particular		AUTORIZACION No.	EXPEDIDA POR (D.G.T.)		VIGENCIA		POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA) Sin			
PROPIETARIO: Mario Rosalio Tadeo Arsoia					DOMICILIO: Unidad M. Matamoros No. 7121 B. Ayala Mor.					
CONDUCTOR Mario Rosalio Tadeo Arsoia					DOMICILIO Unidad M. Matamoros No. 7121 B. Ayala Mor			MUERTO LESIONA	LLEVADO A:	
SEXO M	NACIONALIDAD Mexicana	EDAD 38	FECHA DE NAC. 07.05.62	LIC. TIPO Y No. "C" No. 1c13705	ENTIDAD Morelos.	VIGENCIA 31/01/00	VEH. RECOGIDO POR: Su Conductor	REMOLCADO MANEJADO XXX		
<b>E</b>	DATOS DE LOS SEMIREMOLQUES		VEH. : 1		TIPO:	MARCA:	No. IDENTIFICACION:	PLACAS:	ENTIDAD Y VIGENCIA	CAPACIDAD:
<b>F</b>	CLASIFICACION DEL ACCIDENTE									

- SALIDA DEL CAMINO
- VOLCADURA
- CAIDA DE PASAJERO
- INCENDIO
- CHOQUE
- ATROPELLAMIENTO
- OTRO

- COLISION SOBRE EL CAMINO**
- PEATON (ATROPELLAMIENTO)
  - VEHICULO MOTOR EN TRANSITO
  - VEHICULO MOTOR POR ALCANCE
  - VEHICULO MOTOR ESTACIONADO
  - TREN
  - BICICLETA
  - OBJETO FIJO
  - SEMOVIENTE
  - OTROS OBJETOS

**G CIRCUNSTANCIAS QUE CONTRIBUYERON DEL COND.**

- IMPRUDENCIA O INTENCION
- VELOCIDAD EXCESIVA
- INVADIO CARRIL CONTRARIO
- REBASO INDEBIDAMENTE
- NO RESPETO SEÑAL DE ALTO
- NO RESPETO SEMAFORO
- NO CEDIO EL PASO
- NO GUARDO DISTANCIA
- VIRO INDEBIDAMENTE
- MAL ESTACIONAMIENTO
- ESTADO DE EBRIEDAD
- BAJO EFECTO DE DROGAS
- DORMITANDO
- DESLUMBRAMIENTO

**DEL VEHICULO**

- LLANTAS

- DIRECCION
- SUSPENSION
- LUCES
- EJES
- TRANSMISION
- MOTOR
- SOBRECUPU O SOBRECARGA
- EXCESO DE DIMENSIONES

- DEL CAMINO**
- IRRUPCION DEL GANADO
  - DESPERFECTOS
  - FALTA DE SEÑALES
  - OBJETIVOS EN EL CAMINO
  - MOJADO
  - RESBALOSO
  - OTRO

- AGENTE NATURAL**
- LLUVIA
  - NIEVE O GRANIZO
  - NIEBLA O HUMO
  - TOLVANERA
  - VIENTOS FUERTES
  - OTROS

**H DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

- 1  CARRIL(ES)
- 2
- 3
- 4
- 5 O MAS
- 1  ESPACIO DIVISORIO
- 2
- 3
- 4
- 5 O MAS

- ACOTAMIENTO(S)
- VIA RAPIDA
- DE CUOTA
- BRECHA
- TERRACERIA
- TRAMO EN CONST.

**ALINEAMIENTO VERTICAL**

- PENDIENTE
- CIMA
- COLUMPIO
- A NIVEL

**HORIZONTAL**

- TANGENTE
- CURVA ABIERTA
- CURVA CERRADA
- ENTRONQUE
- PUENTE O TUNEL
- INTERSECCION
- CALLEJON
- ACCESO PRIVADO
- CRUCE DE FFCC
- ZONA PORTUARIA
- OTRO

**CONTROL DE TRANSITO**

- SEÑAL INFORMATIVA
- SEÑAL PREVENTIVA
- SEÑAL RESTRICATIVA
- SENAFORO
- AGENTE O GUARDAVIA
- BARRERA O ISLETA
- RAYAS LATERALES
- RAYA CENTRAL
- VIBRADORES
- ABANDERAMIENTO
- BANDEROS
- OTRO CONTROL
- SIN CONTROL

- LUZ**
- DE DIA
  - CREPUSCULO
  - DE NOCHE
  - ALUM. PUB.

**I QUE SE HACIA CON EL VEHICULO**

- SEGUIA DE FRENTE
- REBASABA
- VIRABA A LA DERECHA
- VIRABA A LA IZQUIERDA
- VIRABA EN "U"
- FRENABA
- DESPACIO
- INICIA MARCHA
- ENTRABA A VIA
- RETROCEDIA
- ESTACIONADO CORREC.
- ESTACIONADO INCORREC.
- CRUZABA
- OTRO

**J QUE HACIA EL PEATON O PASAJERO**

- ATRAVESABA
- SUBIA O BAJABA DEL VEH.
- CAMINABA EN SENT. DEL TRAN
- CAMINABA OPUESTO EL TRAN
- ESTABA PARADO
- JUGABA
- EMP. O TRAB. EN EL VEHICULO
- HACIA OTRA ACTIVIDAD
- SOBRE LA CARGA
- EN LUGAR DEST. A LA CARGA
- DENTRO DEL VEHICULO
- EN EL EXT. DEL VEHICULO
- SOBRE EL CAMINO
- FUERA DEL CAMINO

TESIS : "ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MÉXICO"

<b>K</b>	<b>CAUSAS DETERMINANTES</b>							
<p><i>Transitaba el vehículo 1 de Norte a Sur con dirección a Cuernavaca- Morelos. Procedente de Iguala, en tangente a nivel, vía de dos carriles de circulación, una para cada Sentido, raya central y laterales continuas delimitadoras de carriles, sin acotamientos, en entronque, señal restrictiva de alto y de 20 Km. Por hora, efectuando su Conductor mala ejecución de vuelta a la izquierda, no cediendo el paso al vehículo 2 que transitaba de oriente a poniente con dirección a Cuernavaca-Morelos Provocando el vehículo 1 ser chocado en su parte lateral posterior izquierda, por el ángulo delantero del mismo lado del vehículo 2, quedando finalmente ambos vehículos en posición normal sobre sus ruedas, en el lugar y forma del choque.</i></p>								
<b>L</b>	VICTIMAS: <i>No Hubo</i>					TOTAL:	M:	L:
VEH	NOMBRE	SEXO	EDAD	DOMICILIO		M/L	LLEVADO A:	
<b>M</b>	<b>DAÑOS MATERIALES (ESTIMACION APROXIMADA)</b>							
VEH. 1		\$3,000.00	CAMINO					
VEH. 2j		\$1,000.00	OTRAS PROPIEDADES					
TOTAL		\$4,000.00	CARGA					
<b>N</b>	VEH	INFRACCION FOLIO No.	CONCEPTO	ARTICULOS VIOLADOS	GARANTIA	RADICACION (D.G.T.T.)		
<b>O</b>	<b>COMPETENCIA JUDICIAL</b>							
<p>PROCEDE LA REMISION DE ESTOS HECHOS ANTE EL C. AGENTE DEL MINISTERIO PUBLICO DEL FUERO FEDERAL EN: <b>CUERNAVACA MORELOS</b> SE ELABORO ACTA CONVENIO No. 790/2000</p>								
HORA	OTRA AUTORIDAD PRESENTE EN EL LUGAR DE LOS HECHOS (INICIO ACTUACION)							
PERSONAS Y OBJETOS A DISPOSICION DEL MINISTERIO PUBLICO DEL FUERO DE LA FEDERACION Y/U OTRAS AUTORIDAES EN CHALCO								
<i>Se les nombro depositarios a los conductores de los vehiculos 1 y 2 respectivamente, en el lugar de los hechos.</i>								
<b>P</b>	<b>COMPLEMENTARIAS</b>							
<i>Se anexa croquis ilustrativo, inventario de los vehiculos 1 y 2, acta convenio No. 790/2000. No se utilizo servicio de grúas, se les entregaron los vehiculos 1 y 2 a sus respectivos conductores en el lugar de los hechos.</i>								
Ios AUX. TRASLADO	LLEVADO A:			FUENTE DE INFORMACION			HORA	
I Ambulancia Cruz Roja Cuautla	Hospital General de Cuautla Morelos			X	DIRECTA	1a. NOTICIA	8:20	
II No. 14	V		Y	ORDEN. XXX	HR. DE CONTACTO			
II	W		Z	AVISO	RINDE REPORTE			
RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO	RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO	REVISO SUB INSPECTOR	SUPERVISO INSPECTOR	Vo. Bo. INSPECTOR JEFE				

REPORTE DE HECHO DE TRANSITO TERRESTRE 132/2000  
CROQUIS ILUSTRATIVO

CLASIFICACION DEL ACCIDENTE

CHOQUE LATERAL

DESTACAMENTO  
Cuernavaca-Morelos 05-02

ENTIDAD  
Cuernavaca-Morelos

HORA  
12:05

DIA  
15

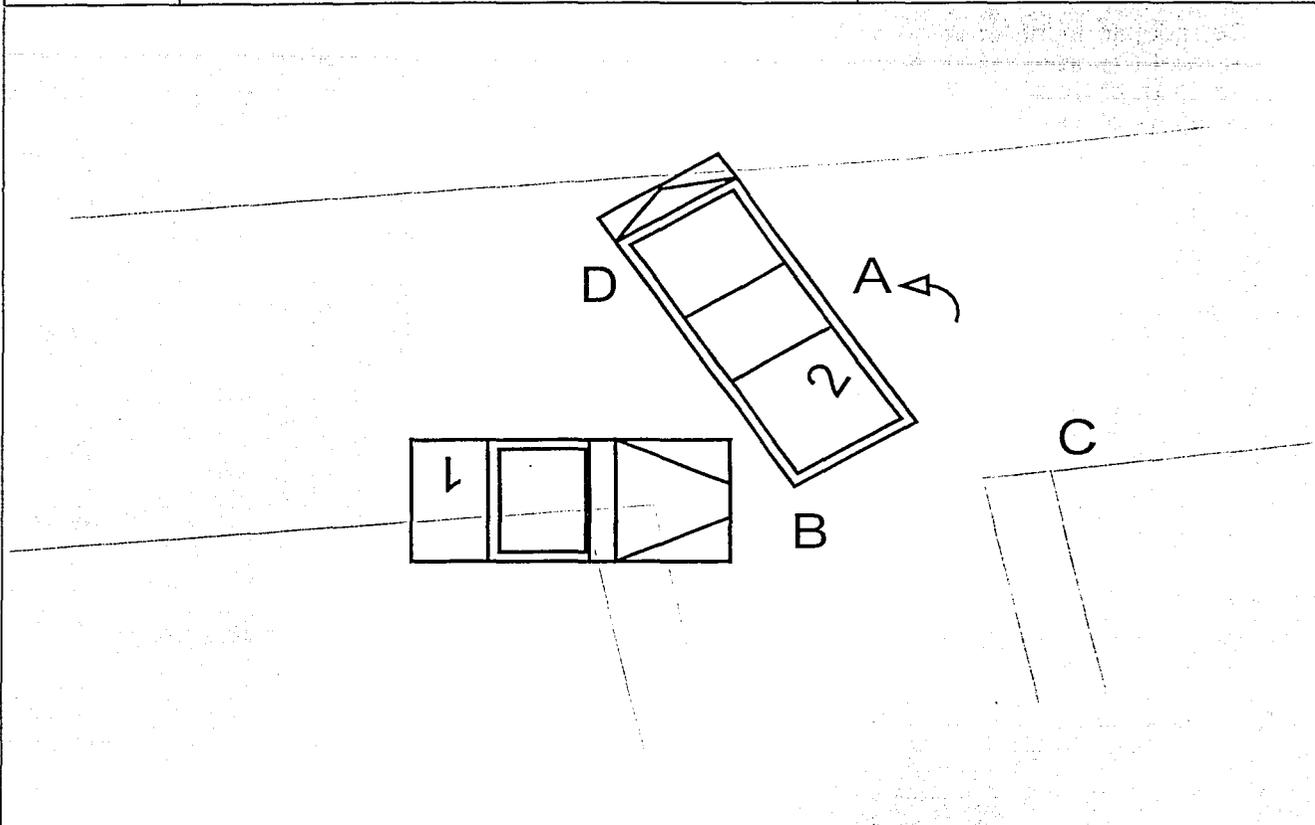
MES  
09

ANO  
00

KM.  
027+890

CAMINO NAL. (NUMERO Y NOMBRE)  
(78) Cuernavaca-Iguala

TRAMO  
Alpuyeca lim. Edo. de Mor/Gro.



TRAYECTORIA ANTERIOR		REFERENCIAS Y DISTANCIAS		POSICION FINAL	
1	Del vehículo 1 procedente de Iguala a Cuern.	A	Mala ejecución de la vuelta a la izquierda	D	Del vehículo 1 y 2 en el lugar de impacto
2	Del vehículo 2 con dirección a Cuernavaca-Morelos procedente de Coatetelco		del vehículo 1		Sobre sus ruedas
		B	Lugar del impacto		
		C	Entronque		

RESPECTUOSAMENTE  
QUIEN TOMO CONOCIMIENTO

RESPECTUOSAMENTE  
QUIEN TOMO CONOCIMIENTO

REVISOR  
SUB INSPECTOR

SUPERVISOR  
INSPECTOR

Vo. Bo.  
JEFE DE LA COMISARIA

### III.3.- SEÑALAMIENTO

#### ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES

Pará este caso particular de punto de conflicto, cuya solución consistió en la modificación del señalamiento, se presentó el tramo comprendido entre el Km 27+000 y el Km 28+000 de la Carretera Federal México-Toluca.

Se recopiló la información de los reportes que elabora la PFP, y que se entregan a la SCT para el Programa de Atención de Puntos de Conflicto. Una vez capturada la información, se agruparon por hora, fecha y tipo de accidentes, de donde resultan las gráficas que a continuación se muestran.

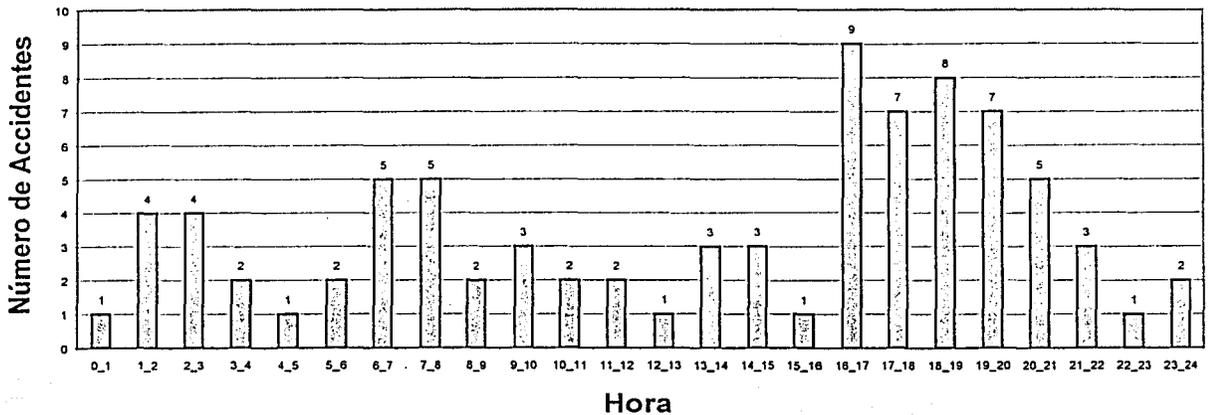


Figura 3.12. Estadística de accidentes por hora del día (Señalización).

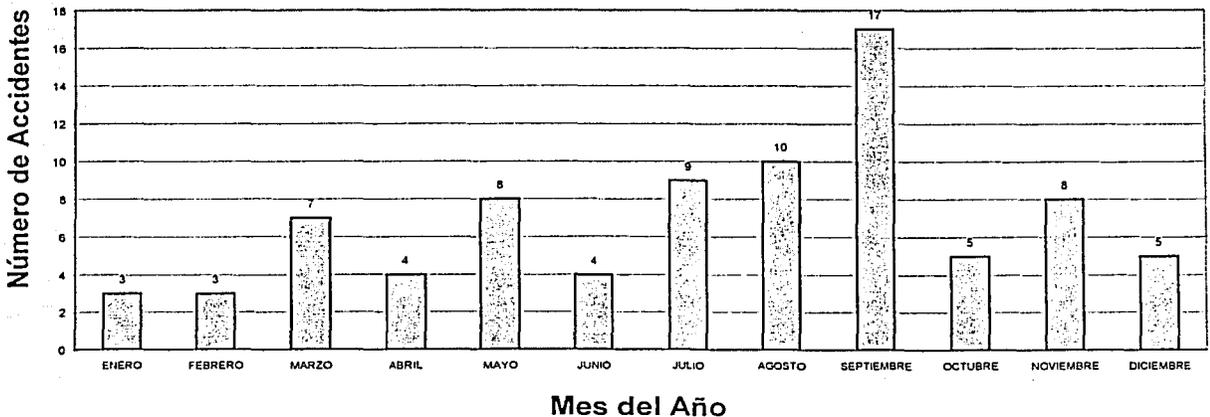


Figura 3.13. Estadística de accidentes por mes del año (Señalización).

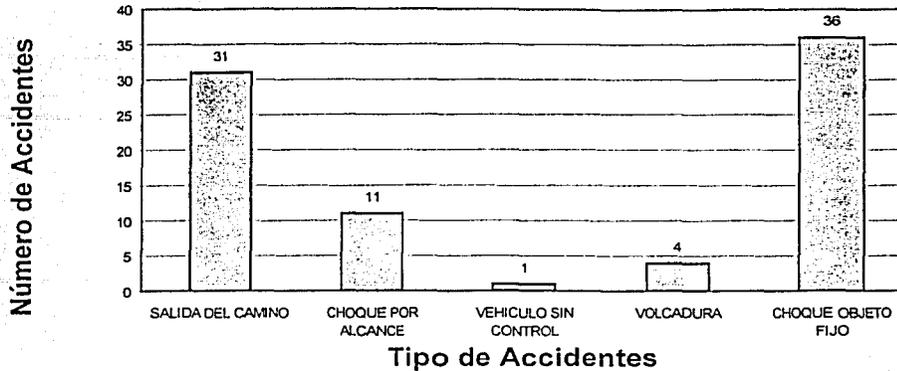


Figura 3.14. Estadística de accidentes por tipo de accidente (Señalización).

Las conclusiones obtenidas, de acuerdo al análisis de las gráficas, son las siguientes:

- De la Figura 3.12, se observa que el mayor número de accidentes se presentó de las 16 a las 20 horas y que coincide con la época de lluvias, hecho que corrobora los reportes de la PFP en los que se hace mención de pavimento mojado en precipitaciones vespertinas.
- De la Figura 3.13 observamos que en el mes de septiembre sucedieron el mayor número de accidentes, siguiéndoles los meses de julio y agosto. Revisando los reportes, se verificó que en los meses de agosto y septiembre el pavimento se encontraba mojado y por lo tanto resbaloso, asimismo, en los meses de marzo, mayo y julio, que son periodos vacacionales o "puentes", se observó que el común denominador de los accidentes fue exceso de velocidad.
- De la Figura 3.14 (estadística por tipo de accidente), se tiene que el mayor número se presentó por choque contra objeto fijo (muro de concreto que divide los carriles) y salida del camino. Estos accidentes se presentaron en las curvas, que son los dos puntos críticos de este tramo; por lo anterior se llegó a la conclusión, de aumentar la señalización tanto vertical como horizontal y un sello sobre el pavimento existente para poder dar solución a este punto de conflicto.

## ESTUDIOS DE TRÁNSITO

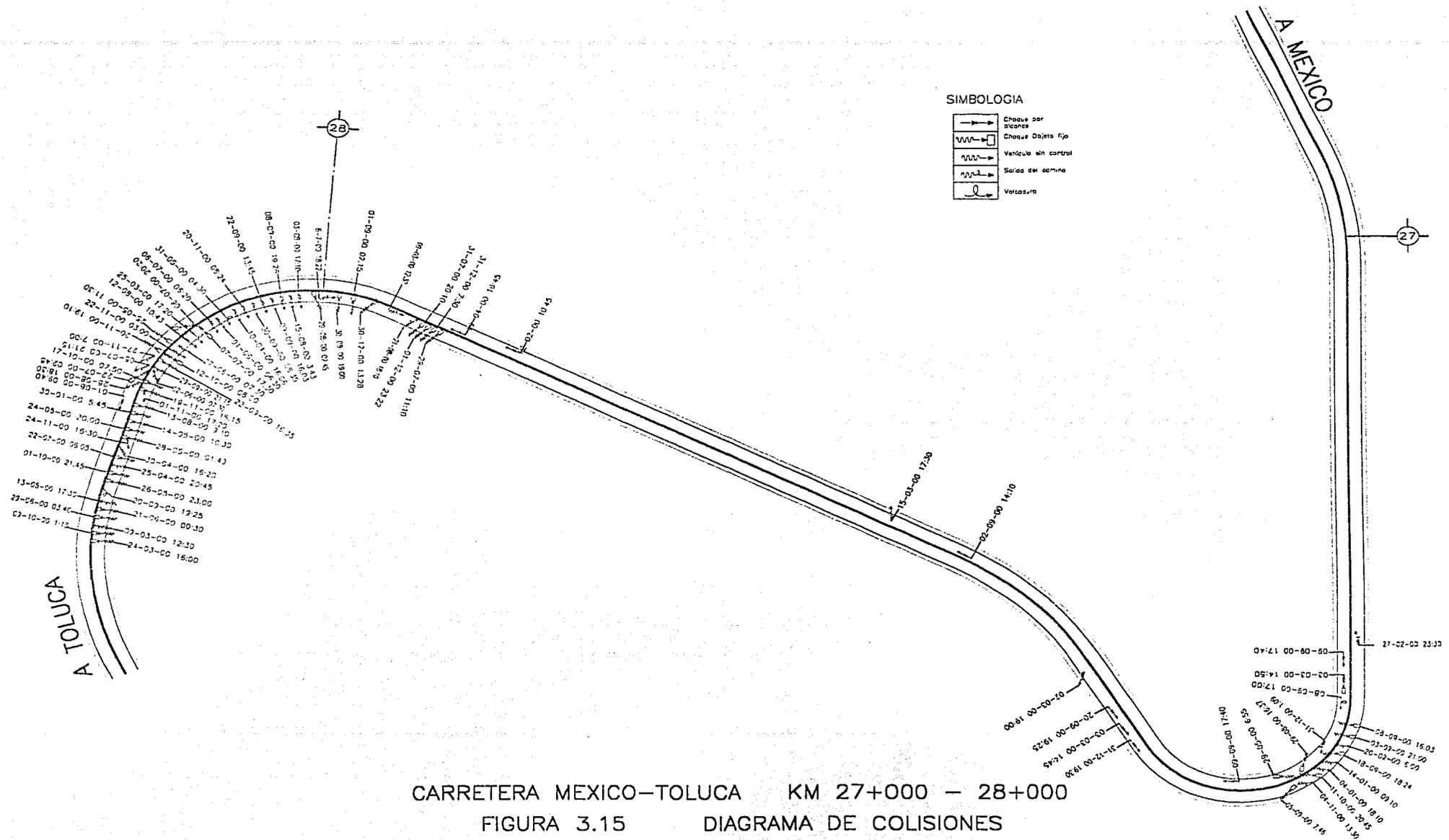
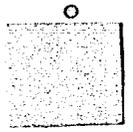
De acuerdo a los reportes de accidentes que realiza la PFP, encontramos lo siguiente:

Número de accidentes.....	83
Número de heridos .....	15
Número de muertos.....	1

Calculando el número de accidentes equivalente:

$$NAE = 83(1) + 15(2) + 1(6) = 119$$

Con este valor calcularemos el  $I_{acc-eq}$  (índice de accidentes equivalente)



CARRETERA MEXICO-TOLUCA KM 27+000 - 28+000  
 FIGURA 3.15 DIAGRAMA DE COLISIONES

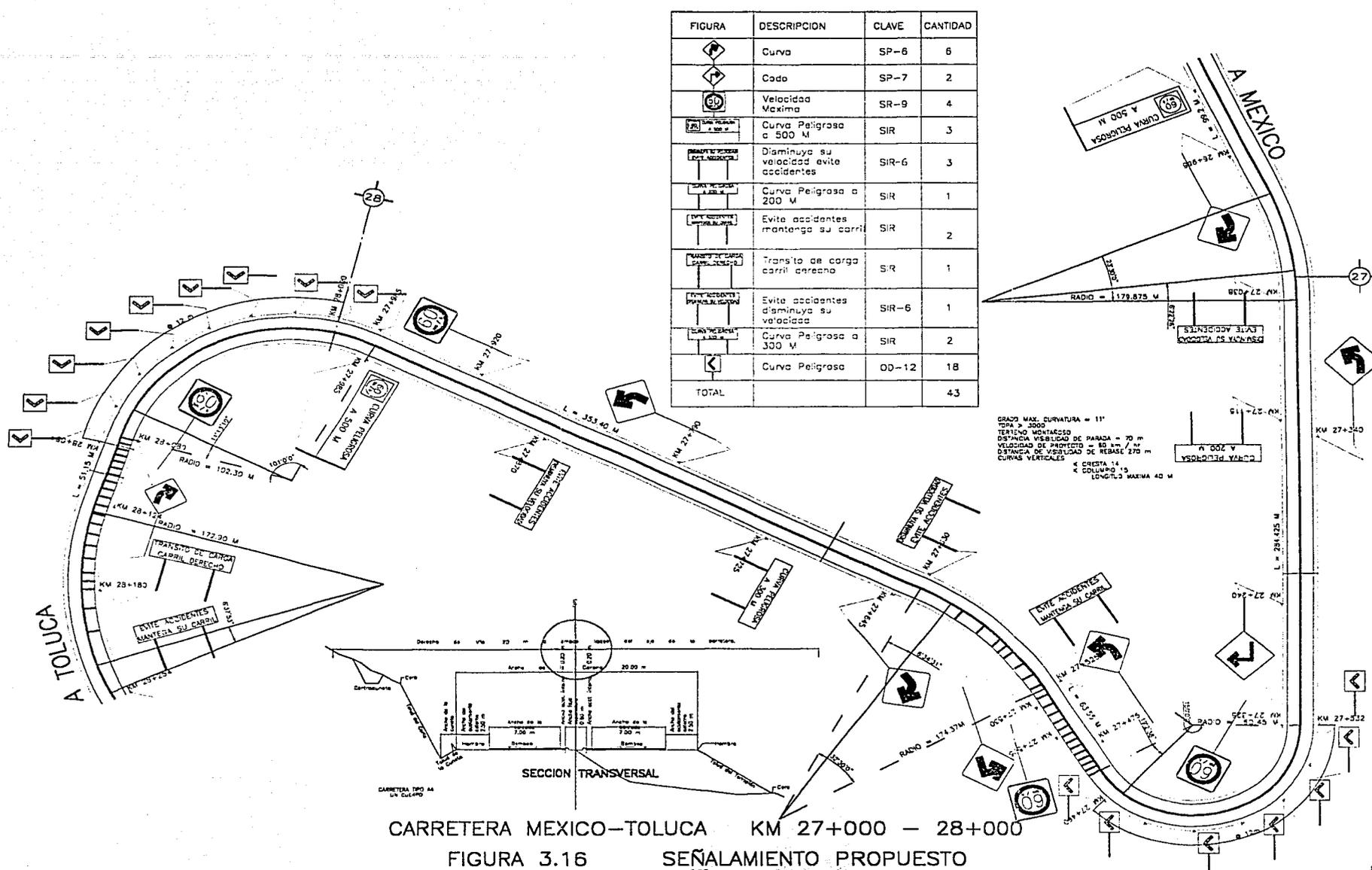


FIGURA	DESCRIPCION	CLAVE	CANTIDAD
SP-6	Curva	SP-6	6
SP-7	Codo	SP-7	2
SR-9	Velocidad Maxima	SR-9	4
SIR	Curva Peligrosa a 500 M	SIR	3
SIR-6	Disminuya su velocidad evite accidentes	SIR-6	3
SIR	Curva Peligrosa a 200 M	SIR	1
SIR	Evite accidentes mantenga su carril	SIR	2
SIR	Traspaso de carga carril derecho	SIR	1
SIR-6	Evite accidentes disminuya su velocidad	SIR-6	1
SIR	Curva Peligrosa a 300 M	SIR	2
OD-12	Curva Peligrosa	OD-12	18
TOTAL			43

GRADO MAX. CURVATURA = 11°  
 TORA = 3000  
 TERRENO MONTAÑOSO  
 DISTANCIA VISIBILIDAD DE PARADA = 70 m  
 VELOCIDAD DE PREVENIDO = 40 km/h  
 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE 270 m  
 CURVAS VERTICALES  
 X CRESTA 14  
 X COLUPO 19  
 LONGITUD MAXIMA 40 M

CARRETERA MEXICO-TOLUCA KM 27+000 - 28+000  
 FIGURA 3.16 SEÑALAMIENTO PROPUESTO

$$I_{acc-eq} = NAE \times 1'000,000 / TDPA \times 365$$

Con este índice como divisor del costo de la solución propuesta para el punto de conflicto obtendremos el ORDENADOR (el cual jerarquiza de menor a mayor)

El estudio de aforo del lugar nos arrojó que el Tráfico Diario Promedio Anual es:

$$TDPA \sim 20577$$

Aplicando los valores el  $I_{acc-eq} = 15.8$

Y el Ordenador que es igual a  $\text{costo} / I_{acc-eq}$ . El costo es de \$ 428,674

$$\text{ORDENADOR} = 27,055$$

Con los datos de los "reportes de "partes" de la PFP, se realizó un diagrama de colisiones, para representar gráficamente cada uno de los accidentes y el tipo de éstos (ver Figura 3.15.).

## EVALUACIONES TÉCNICAS

Para un mejor análisis de la situación particular del punto en estudio, se plantearon las siguientes preguntas durante el trabajo de campo:

- **¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?**
  - Si
- **¿Es responsable un punto sin visibilidad?**
  - No es el caso
- **¿Puede ser suprimido?**
  - No es el caso
- **¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?**
  - Colocar más señalamiento, tanto horizontal como vertical.
- **¿Están los dispositivos de control del tránsito (semáforos, señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?**
  - No
- **¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?**
  - No
- **¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?**
  - No es el caso

- **¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?**  
- *No*
- **¿Está el número de los accidentes nocturnos muy afuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito, e indicando la necesidad de protección especial durante la noche, tal como señales y marcas reflejantes, etc?**  
- *No*
- **¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policiaca?**  
- *Si*
- **¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados, próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?**  
- *Si*
- **¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada?**  
- *No*
- **¿Indica el señalamiento informativo previo, sobre los destinos de manera correcta, permitiendo la elección del carril oportunamente, reduciendo al mínimo la necesidad de cambiar bruscamente de carril, cerca del lugar de los accidentes?**  
- *No es el caso*

Por lo tanto, de acuerdo con el diagrama de colisiones y el resumen de los hechos formulados previamente, resultan factibles de formular las siguientes conclusiones:

- **Estado del tiempo y del pavimento en que ocurrió la mayor parte de los accidentes**  
- *Lluvioso y mojado*
- **Los tipos de accidentes que con mayor frecuencia ocurren**  
- *Impacto contra punto fijo y salida del camino*
- **Tipos de daños que predominan:**  
- *Materiales*
- **En que estación del año se presentó el mayor número de accidentes**  
- *Fines de verano y principios de otoño*
- **Proporción en que participan los vehículo en los accidentes (de acuerdo a su tipo)**
  - *24 % vehículos pesados*
  - *76 % automóviles*

La observación hecha en campo da como resultado que algunos de los datos de accidentes, resulten así más claros y significativos. Por ende se determinó lo siguiente:

- a) *Las curvas estudiadas, ofrecen un grado de curvatura muy alto.*

- b) El pavimento presenta baja rugosidad y, por lo tanto, poca adherencia.
- c) Tiene un señalamiento deficiente.
- d) La velocidad promedio de los vehículos es mayor a la velocidad de diseño.

Por lo que resulta que las alternativas convenientes son:

- 1.- Cambio de trazo
- 2.- Cambio de superficie de pavimento
- 3.- Cambio de sobre-elevación
- 4.- Señalamiento preventivo, restrictivo, en sus modalidades vertical y horizontal.

Comentarios a la alternativas presentadas:

- 1. El cambio de trazo es conveniente, pero no es factible por el costo tan elevado que tal obra representa.
- 2. Con respecto a la modificación de la superficie del pavimento, resulta conveniente la aplicación de un riego de sello en la superficie de rodamiento del Tipo 3-A (3/8-No.8), a razón de 11.0 lts/m<sup>2</sup> con emulsión asfáltica del Tipo rompimiento rápido "ER-C2", para ligar el material pétreo a razón de 0.5 lts/m<sup>2</sup>, dependiendo del porcentaje del residuo asfáltico en el peso de la emulsión.
- 3. En el caso de la sobrelevación, se pudo verificar en campo que las curvas tienen una pendiente transversal máxima del 10%, lo que corresponde con el límite que puede tener por norma de proyecto, por lo tanto no es conveniente aumentarla más.
- 4. En el caso del señalamiento, se recomienda:

A.- El señalamiento vertical, será del tipo *restrictivo, preventivo e informativo*.

A.1.- Señalamiento SP-6, indica "CURVA". Se necesitan 4 piezas, que se colocarán a una distancia de la curva de 75 m por corresponder la carretera a una velocidad de 60 km/h, con tablero de 117 X 117 cm.

A.2.- El grado de la curva que se obtuvo es de 18.95°

$$G_{\text{máx de diseño}} = 146\,000 \left( u + \frac{S_{\text{máx}}}{2V} \right) = 10.747^\circ$$

donde:

$$\begin{aligned} V &= 60 \text{ km/h} \\ u &= 0.165 \\ S_{\text{máx}} &= 0.10 \end{aligned} \qquad G_{\text{real}} > G_{\text{máx de diseño}}$$

Por lo que se señalará con una SP-7 "CURVA CERRADA", son necesarias dos piezas una antes de entrar a la curva en el sentido México-Toluca y otra en el sentido inverso. Esta señal se colocará a 75 m del inicio de la curva.

- A.3.- Para reducir la velocidad, se colocará antes de entrar a la curva el señalamiento **SR-9**, con un límite de velocidad a 60 km/h y tablero de 117 X 117 cm; se requieren 4 piezas.
- A.4.- Señalamiento **OD-12**, que indica "CURVA PELIGROSA" y se colocará en el desarrollo de la misma con dimensión de 30 X 76 cm; son necesarias 18 piezas.
- A.5.- **SIR** de 56 X 239 cm, con leyenda "CURVA PELIGROSA A 300 m"; se requieren tres piezas.
- A.6.- **SIR-6** de 56 X 239 cm, indicando "DISMINUIR VELOCIDAD EVITE ACCIDENTES"; se requieren 4 piezas.
- A.7.- **SIR** de 56 X 239 cm, indicando "EVITE ACCIDENTES MANTENGA SU CARRIL"; son necesarias 2 piezas.
- A.8.- **SIR** de 152 X 549 cm tipo bandera sencilla, indicando "CURVA PELIGROSA A 500 m"; se recomiendan tres piezas.

**B.- Señalamiento horizontal, constituido de rayas y botones.**

- B.1.- Raya separadora de carriles, de color blanco, discontinua y ancho de 10 cm, en tramos de 5 m y 10 m de separación. Se requieren aproximadamente 890.0 metros lineales, clave M-2 (M-2.3).
- B.2.- Raya continua en la orilla izquierda color amarillo de 10 cm de ancho, clave M-3 (M-3.3). Se requieren 2600.0 metros lineales.
- B.3.- Raya continua en la orilla derecha de color blanco y de 10 cm de ancho, clave M.3.1. Se requieren 2600.0 metros lineales.
- B.4.- Señalamiento logarítmico que se requiere para que el conductor disminuya su velocidad de 90 km/h a 60 km/h, es decir, una disminución de 30 km/h que, de acuerdo con la *Cuadro 3.12.*, son necesarias 20 rayas en una longitud de 134.30 metros lineales con terminación al inicio de la curva. El ancho de las líneas es de 60 cm y llevarán botones metálicos distribuidos en 3 hiladas en formación "tresbolillo", cubriendo una superficie de 200 m<sup>2</sup>. En el *Cuadro 3.12.* se muestra la tabla de distribución de las rayas logarítmicas para las más comunes diferencias de velocidad.
- B.5.- Se colocarán letras de 1.60 m de alto de acuerdo a las *Normas de Proyecto de Señalamiento en Calles y Carreteras*, que indicarán la leyenda "DESPACIO" en el tercer espacio de inicio de las rayas logarítmicas.

Las señales de acuerdo con su función, las podemos clasificar como se muestra en el *Cuadro 3.7.*

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE SEÑALES
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación <ul style="list-style-type: none"> <li>• De nomenclatura</li> <li>• De ruta</li> <li>• De kilometraje</li> </ul>
SID	Señales informativas de destino <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previas</li> <li>• Diagramáticas</li> <li>• Decisivas</li> <li>• Confirmativas</li> </ul>
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales diversas
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas

**Cuadro 3.7. Clasificación de Tipos de Señales.**

El señalamiento vertical se clasifica, de acuerdo con su estructura de soporte, como se indica a continuación.

SEÑALES BAJAS	SEÑALES ALTAS
De un poste De dos postes	Bandera Bandera doble Puente

A continuación se muestra el catálogo de Señalamiento Restrictivo, Preventivo, servicios turísticos y nomenclatura de señalamiento de información de destino (Figuras 3.17, 3.18, 3.19 y 3.20), y la descripción de cada una de ellas en los Cuadros 3.9, 3.10 y 3.11.

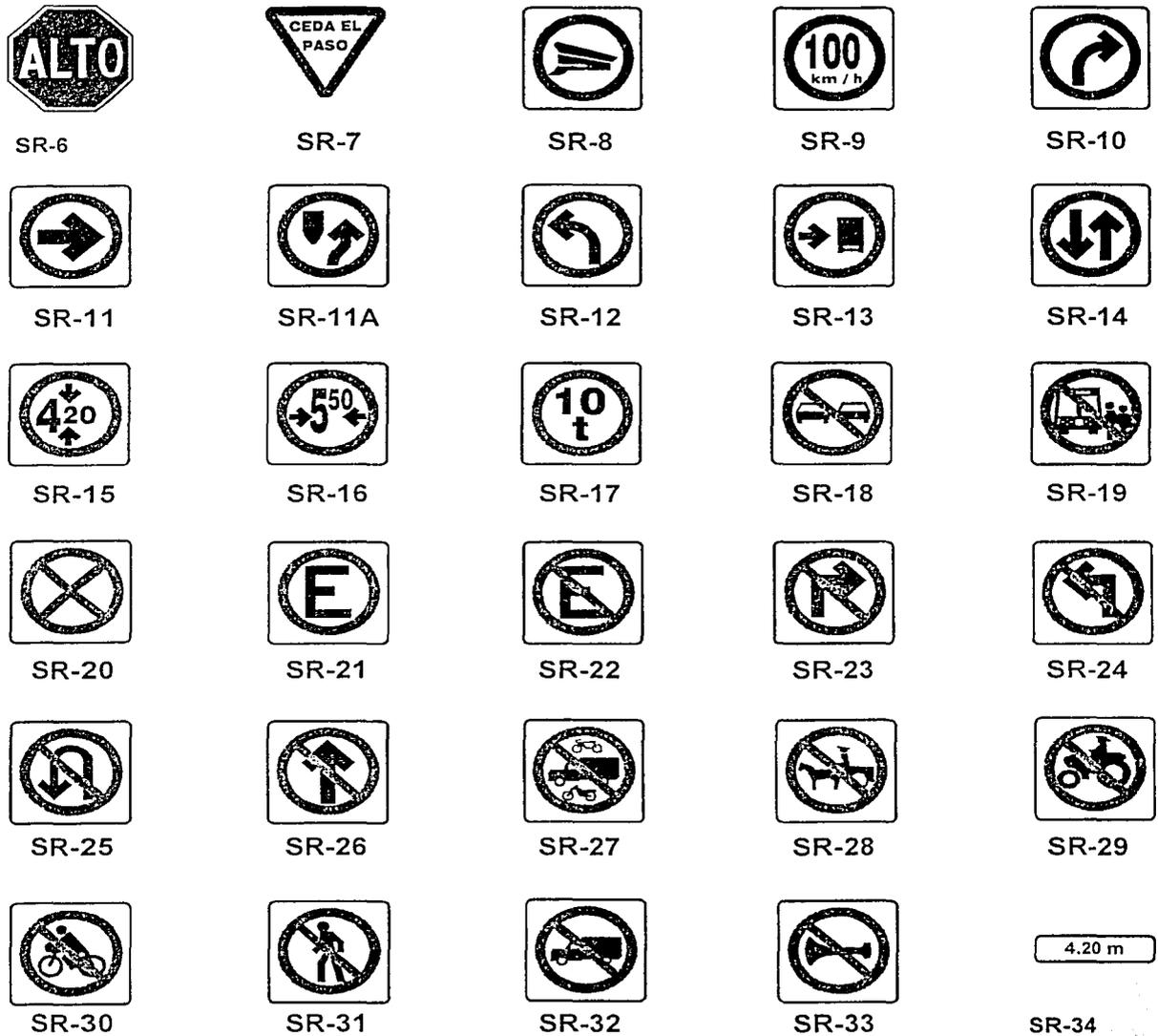


Figura 3.17. Catálogo de Señales Restrictivas.

CLAVE	SIGNIFICADO	CLAVE	SIGNIFICADO
SR-6	ALTO	SR-20	NO PASAR
SR-7	CEDA EL PASO	SR-21	ESTACIONAMIENTO PERMITIDO EN CORTO PERIODO DENTRO DE UN HORARIO
SR-8	INSPECCIÓN	SR-22	PROHIBIDO ESTACIONARSE
SR-9	VELOCIDAD MÁXIMA	SR-23	PROHIBIDA LA VUELTA A LA DERECHA
SR-10	VUELTA DERECHA CONTINUA	SR-24	PROHIBIDA LA VUELTA A LA IZQUIERDA
SR-11	CIRCULACIÓN	SR-25	PROHIBIDO VUELTA EN "U"
SR-11A	CIRCULACIÓN	SR-26	PROHIBIDO SEGUIR DE FRENTE
SR-12	SOLO VUELTA IZQUIERDA	SR-27	PROHIBIDO EL PASO A BICICLETAS, MOTOCICLETAS Y VEHÍCULOS PESADOS
SR-13	CONSERVE SU DERECHA	SR-28	PROHIBIDO EL PASO DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL
SR-14	DOBLE CIRCULACIÓN	SR-29	PROHIBIDO EL PASO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA
SR-15	ALTURA LIBRE RESTRINGIDA	SR-30	PROHIBIDO EL PASO A BICICLETAS
SR-16	ANCHURA LIBRE RESTRINGIDA	SR-31	PROHIBIDO EL PASO DE PEATONES
SR-17	PESO RESTRINGIDO	SR-32	PROHIBIDO EL PASO DE VEHÍCULOS PESADOS
SR-18	PROHIBIDO REBASAR	SR-33	PROHIBIDO EL USO DE SEÑALES ACÚSTICAS
SR-19	PARADA PROHIBIDA	SR-34	DISTANCIA

**Cuadro 3.8. Nomenclatura de Señales Restrictivas.**

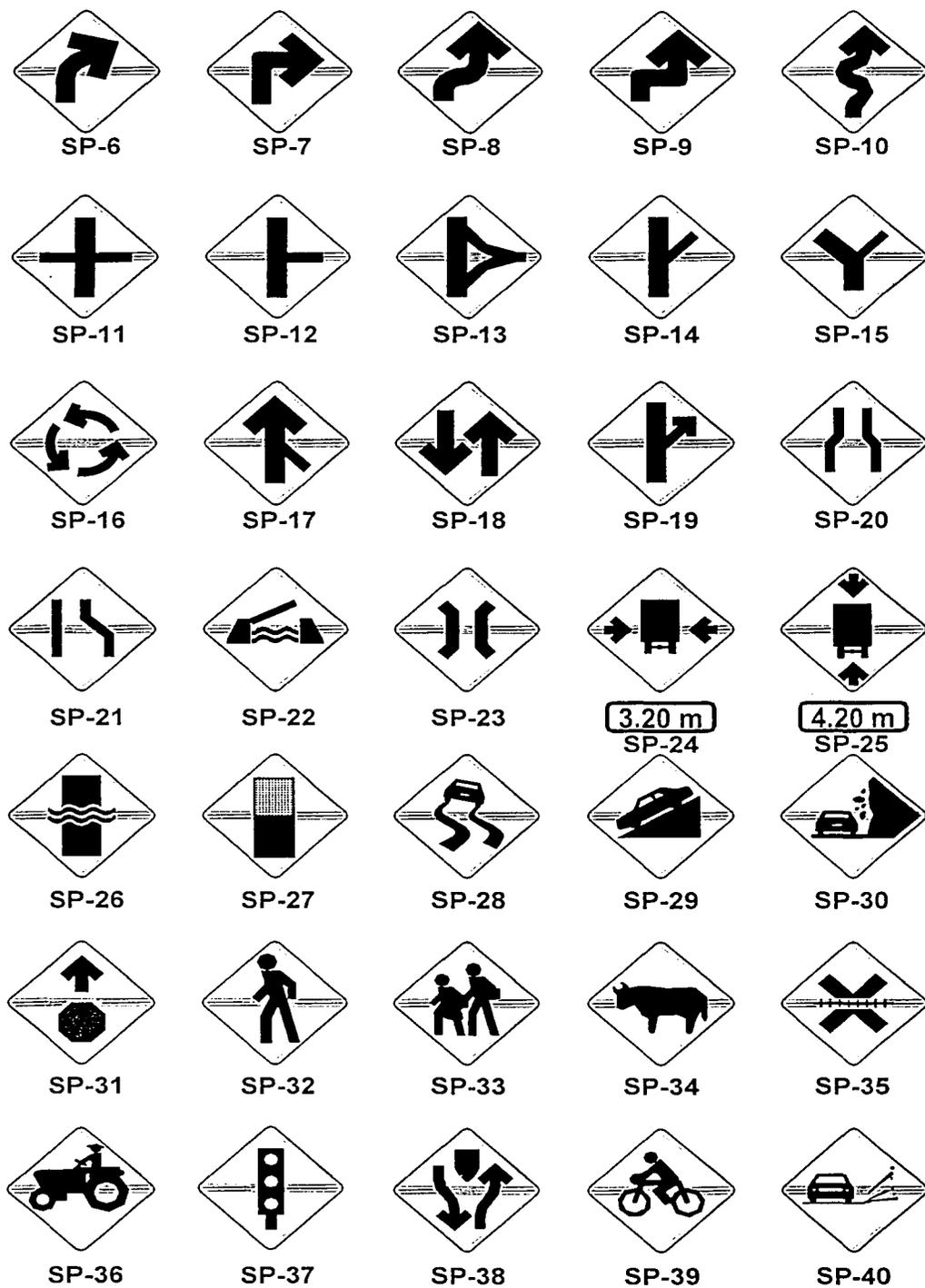


Figura 3.18. Catálogo de Señales Preventivas.

CLAVE	SIGNIFICADO	CLAVE	SIGNIFICADO
SP-6	CURVA	SP-24	ANCHURA LIBRE
SP-7	CURVA CERRADA	SP-25	ALTURA LIBRE
SP-8	CURVA INVERSA	SP-26	VADO
SP-9	CODO INVERSO	SP-27	TERMINA PAVIMENTO
SP-10	CAMINO SINUOSO	SP-28	SUPERFICIE DERRAPANTE
SP-11	CRUCE DE CAMINOS	SP-29	PENDIENTE PELIGROSA
SP-12	ENTRONQUE	SP-30	ZONA DE DERRUMBES
SP-13	ENTRONQUE EN DELTA	SP-31	ALTO PRÓXIMO
SP-14	ENTRONQUE LATERAL OBLICUO	SP-32	PEATONES
SP-15	ENTRONQUE EN "Y"	SP-33	ESCOLARES
SP-16	GLORIETA	SP-34	GANADO
SP-17	INTERCONEXIÓN DE TRANSITO	SP-35	CRUCE DE FERROCARRIL
SP-18	DOBLE CIRCULACIÓN	SP-36	MAQUINARIA AGRÍCOLA
SP-19	SALIDA	SP-37	SEMÁFORO
SP-20	ESTRECHAMIENTO SIMÉTRICO	SP-38	CAMINO DIVIDIDO
SP-21	ESTRECHAMIENTO ASIMÉTRICO	SP-39	CICLISTAS
SP-22	PUENTE MÓVIL	SP-40	GRAVA SUELTA
SP-23	PUENTE ANGOSTO		

Cuadro 3.9. Nomenclatura de Señales Preventivas.

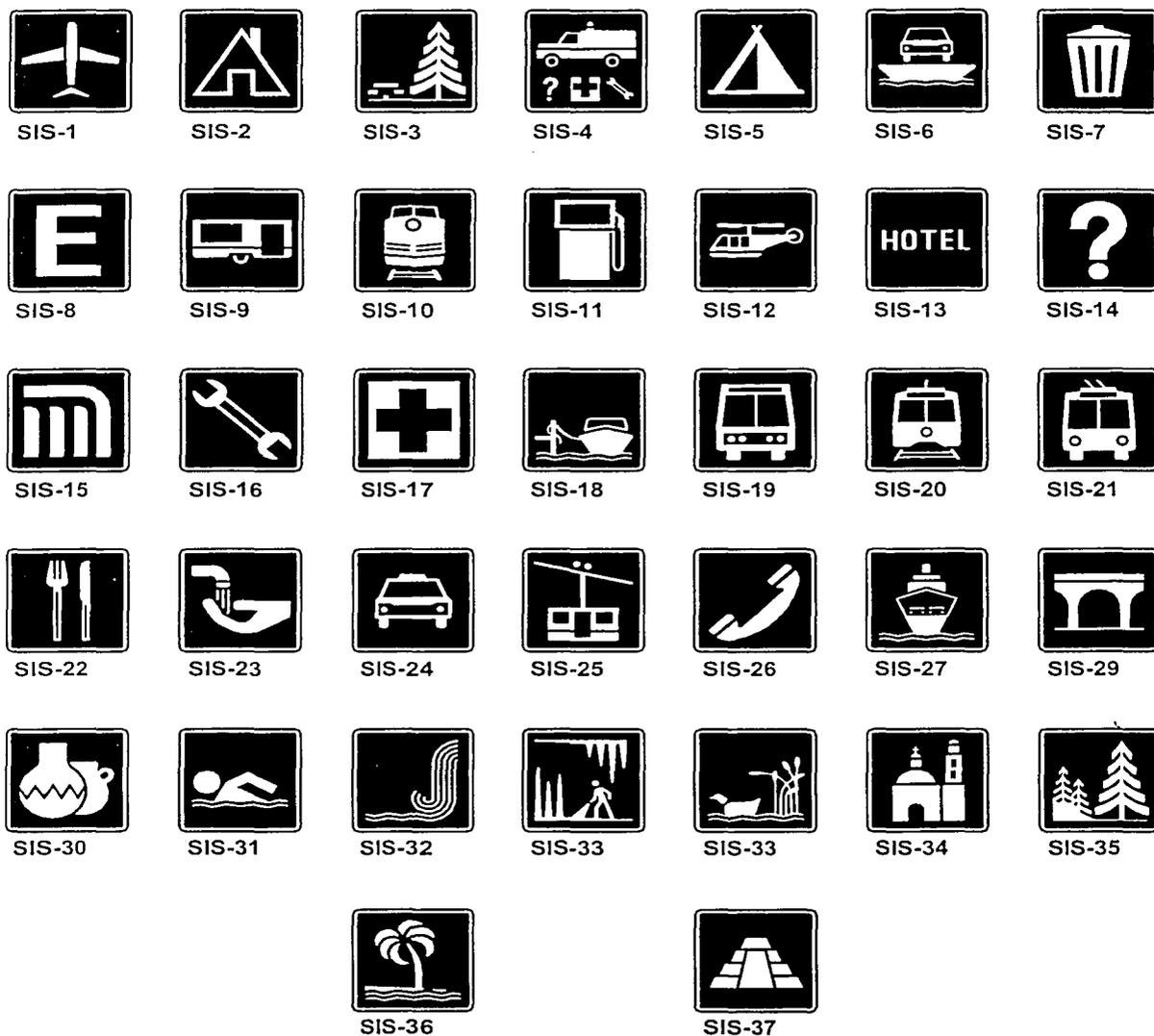


Figura 3.19. Catálogo de Señales Informativas, de Servicios y Turísticas.

CLAVE	SIGNIFICADO	CLAVE	SIGNIFICADO
SIS-1	AEROPUERTO	SIS-20	PARADA DE TRANVÍA
SIS-2	ALBERGUE	SIS-21	PARADA DE TROLEBÚS
SIS-3	AREA RECREATIVA	SIS-22	RESTAURANTE
SIS-4	AUXILIO TURÍSTICO	SIS-23	SANITARIOS
SIS-5	CAMPAMENTO	SIS-24	TAXI
SIS-6	PANGA	SIS-25	TELEFÉRICO
SIS-7	DEPOSITO DE BASURA	SIS-26	TELÉFONO
SIS-8	ESTACIONAMIENTO	SIS-27	TRANSBORDADOR
SIS-9	ESTACIONAMIENTO PARA CASAS RODANTES	SIT-1	ACUEDUCTO
SIS-10	ESTACIÓN DE FERROCARRIL	SIT-2	ARTESANÍAS
SIS-11	GASOLINERÍA	SIT-3	BALNEARIO
SIS-12	HELIPUERTO	SIT-4	CASCADA
SIS-13	HOTEL	SIT-5	GRUTA
SIS-14	INFORMACIÓN	SIT-6	LAGO O LAGUNA
SIS-15	ESTACIÓN DEL METRO	SIT-7	MONUMENTO COLONIAL
SIS-16	MECÁNICO	SIT-8	PARQUE NACIONAL
SIS-17	MÉDICO	SIT-9	PLAYA
SIS-18	MUELLE	SIT-10	ZONA ARQUEOLÓGICA
SIS-19	PARADA DE AUTOBÚS		

Cuadro 3.10. Nomenclatura de Señales Informativas, de Servicios y Turísticas.

TESIS : "ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MÉXICO"

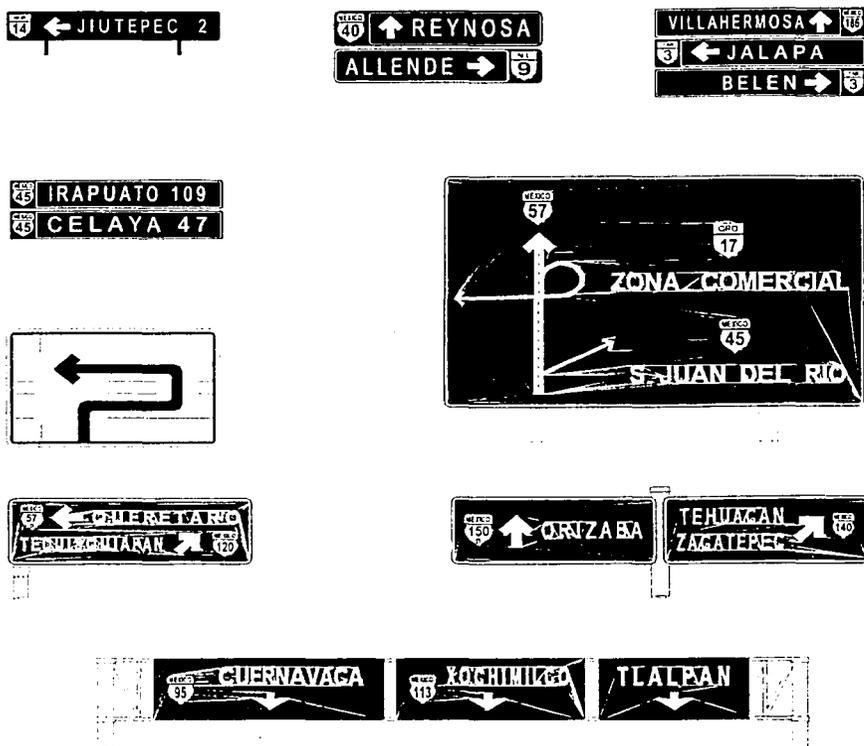


Figura 3.20. Catálogo de Señales Informativas de Destino.

CLAVE	SIGNIFICADO
SID-8	SEÑAL DE DESTINO CON UNA LEYENDA DE 0.30m * 1.47m
SID-9	SEÑAL DE DESTINO CON DOS LEYENDA DE 0.60m *1.47 m
SID-10	SEÑAL DE DESTINO CON TRES LEYENDAS DE 0.90m * 1.47m
SID-11	SEÑAL DE KILÓMETRO FALTANTE AL DESTINO
SID-12	SEÑAL DE DESTINO EN ENTRONQUES
SID-13	SEÑAL DE DESTINO EN ENTRONQUES
SID-14	SEÑAL DE DESTINO TIPO BANDERA
SID-15	SEÑAL DE DESTINO .

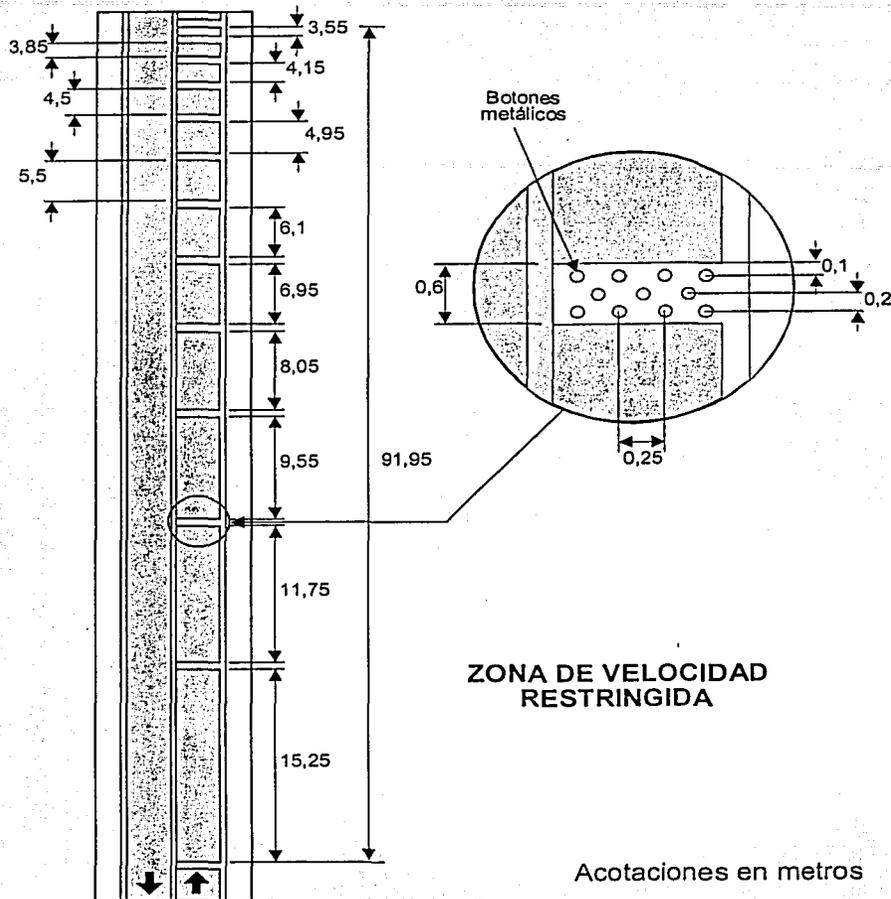
Cuadro 3.11. Nomenclatura de Señales Informativas de Destino.

		Diferencia de velocidades (km/h) / Número de líneas requeridas						
		20 / 13	30 / 20	40 / 26	50 / 32	60 / 38	70 / 44	80 / 51
Separación entre rayas [m]	15,25	15,25	15,25	15,25	15,25	15,25	15,25	15,25
	11,75	12,55	13,10	13,50	13,70	13,90	13,90	14,05
	9,55	10,70	11,50	12,05	12,50	12,80	12,80	13,05
	8,05	9,30	10,25	10,90	11,45	11,85	11,85	12,15
	6,95	8,25	9,25	10,00	10,60	11,05	11,05	11,40
	6,10	7,40	8,40	9,20	9,80	10,30	10,30	10,70
	5,50	6,70	7,70	8,50	9,15	9,70	9,70	10,10
	4,95	6,10	7,15	7,95	8,60	9,15	9,15	9,60
	4,50	5,65	6,60	7,40	8,10	8,65	8,65	9,10
	4,15	5,25	6,20	7,00	7,65	8,20	8,20	8,65
	3,85	4,85	5,80	6,60	7,25	7,80	7,80	8,25
	3,55	4,55	5,45	6,25	6,90	7,45	7,45	7,90
		4,30	5,15	5,90	6,55	7,10	7,10	7,55
		4,05	4,90	5,60	6,25	6,80	6,80	7,25
		3,85	4,65	5,35	6,00	6,55	6,55	7,00
		3,65	4,45	5,10	5,75	6,30	6,30	6,75
		3,45	4,25	4,90	5,50	6,05	6,05	6,50
		3,30	4,05	4,70	5,30	5,80	5,80	6,25
		3,15	3,90	4,50	5,10	5,60	5,60	6,05
			3,75	4,35	4,90	5,40	5,40	5,85
			3,60	4,20	4,75	5,25	5,25	5,65
			3,45	4,05	4,60	5,10	5,10	5,50
			3,30	3,90	4,45	4,95	4,95	5,35
			3,20	3,75	4,30	4,80	4,80	5,20
			3,10	3,65	4,20	4,65	4,65	5,05
				3,55	4,10	4,50	4,50	4,90
				3,45	4,00	4,35	4,35	4,75
				3,35	3,90	4,25	4,25	4,65
				3,25	3,80	4,15	4,15	4,55
				3,15	3,70	4,05	4,05	4,45
				3,10	3,60	3,95	3,95	4,35
					3,50	3,85	3,85	4,25
				3,40	3,75	3,75	4,15	
				3,30	3,65	3,65	4,05	
				3,20	3,55	3,55	3,95	
				3,10	3,45	3,45	3,85	
				3,05	3,35	3,35	3,75	
					3,30	3,30	3,65	
					3,25	3,25	3,55	
					3,20	3,20	3,45	
					3,15	3,15	3,40	
					3,10	3,10	3,35	
					3,05	3,05	3,30	
							3,25	
							3,20	
							3,15	
							3,10	
							3,05	
							3,00	
							2,95	
$\Sigma_1$	84,15	122,30	158,40	194,40	231,25	266,35	304,20	
$\Sigma_2$	91,95	134,30	174,00	213,60	254,05	292,75	334,80	

$\Sigma_1$  = Longitud de espaciamiento,  
 $\Sigma_2$  = Longitud total (espaciamiento + anchura de la raya)

**Cuadro 3.12. Separación entre rayas con espaciamiento logarítmico.**

Conforme a lo descrito anteriormente, se muestra en la *Figura 3.21*. el croquis del señalamiento propuesto.



**Fig. 3.21.** Rayas con espaciamiento logarítmico para velocidad de entrada de 50 km/h y velocidad de salida de 30 km/h (Ejemplo).

**B.- Señalamiento horizontal, constituido de vialetas.**

B.1.- Vialetas en la raya de la orilla izquierda color amarillo con cara al tránsito, a cada 30.0 m. Sobre la raya con clave M-3 (DH-1.14); se requieren 182 piezas.

B.2.- Vialetas en la raya continua derecha a cada 30.0 m sobre la raya color blanco con cara al tránsito, clave M-3.1 (DH-1.11); se requieren 182 piezas.

B.3.- Viales a cada 30.0 m al centro del espacio entre segmentos marcados color blanco. Con cara al tránsito y clave M-2 (DH-1.9). Se requieren 182 piezas.

Tipo de Marca	Rayas		Viales <sup>[1]</sup>		Color y orientación del reflejante
	Clasif.	Nombre	Clasif.	Ubicación <sup>[2]</sup>	
Raya separadora de sentidos de circulación M-1	M-1.1	Continua sencilla	DH-1.1	A cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, sobre la raya o en trespelillo a partir del inicio de la zona marcada <sup>[3]</sup>	Amarillo en dos caras
	M-1.2	Discontinua sencilla	DH-1.2	A cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados	
	M-1.3	Continua doble	DH-1.3	A cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, en medio de las dos rayas	
			DH-1.4	A cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, sobre cada raya, cuando la separación entre rayas sea mayor de 50 cm	
	M-1.4	Continua-discontinua	DH-1.5	A cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados, en medio de las dos rayas	
M-1.5	Discontinua sencilla	DH-1.6	A cada 15 m en curvas y 30 m en tangentes, al centro del espacio entre segmentos marcados		
Raya separadora de carriles M-2	M-2.1	Continua sencilla	DH-1.7	A cada 30 m sobre la raya a partir del inicio de la zona marcada <sup>[3]</sup>	Blanco en la cara al tránsito
	M-2.2	Continua doble	DH-1.8	A cada 30 m en medio de las dos rayas	
	M-2.3	Discontinua	DH-1.9	A cada 30 m al centro del espacio entre segmentos marcados	
Raya en la orilla de la calzada M-3	M-3.1	Derecha continua	DH-1.10	A cada 30 m sobre la raya en carreteras de dos carriles, uno por sentido <sup>[3]</sup>	Blanco en dos caras
			DH-1.11	A cada 30 m sobre la raya en carreteras con faja separadora central	Blanco en la cara al tránsito
	M-3.2	Derecha discontinua	DH-1.12	A cada 32 m al centro del espacio entre segmentos marcados, en carreteras de dos carriles, uno por sentido	Blanco en dos caras
			DH-1.13	A cada 32 m al centro del espacio entre segmentos marcados, en carreteras con faja separadora central	Blanco en la cara al tránsito
	M-3.3	Izquierda	DH-1.14	A cada 30 m sobre la raya en carreteras con faja separadora central	Amarillo en la cara al tránsito
Rayas canalizadoras M-5	M-5	-	DH-1.15	Para flujos en un solo sentido, a cada 2 m sobre la raya que delimita la zona neutral <sup>[3]</sup>	Blanco en la cara al tránsito
			DH-1.16	Para flujos en ambos sentidos, a cada 2 m sobre la raya que delimita la zona neutral <sup>[3]</sup>	Amarillo en dos caras

[1] Cuando exista un estudio de ingeniería de tránsito que justifique el uso de vialetas con reflejante color rojo, y así lo autorice la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, éstas se deben colocar tal y como lo establezca dicho estudio.

[2] Siempre que sea posible, las vialetas M.1 y M.3 deben colocarse alternadas longitudinalmente con respecto a las M.2.

[3] Las vialetas pueden colocarse en posición trespelillo, del lado exterior, o interior de la marca siempre y cuando no se disminuya el ancho de carril efectivo a menos de 3 m.

[4] Aunque la longitud de las rayas se modifique, siempre se debe conservar la relación 1:2 de raya a espacio, por lo que la ubicación longitudinal de las vialetas debe alterarse en la misma proporción en que se afecte dicha longitud, de tal manera que éstas siempre queden colocadas al centro del espacio entre segmentos marcados.

Cuadro 3.13. Clasificación de rayas y vialetas sobre el pavimento

**EVALUACIÓN ECONÓMICA.**

Para determinar el costo la solución propuesta se realizará por medio del siguiente catálogo de conceptos.

**SEÑALIZACIÓN EN CURVAS  
CATÁLOGO DE CONCEPTOS**

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO TOLUCA  
**TRAMO:** SAN LORENZO ACOPILCO-LA MARQUESA  
**KM:** 27 + 000 AL 28 + 000

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<b>PAVIMENTOS</b>				
Adquisición, acarreo y aplicación de emulsión de riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido ER-C2.	lts	10,764.00	\$ 1.20	\$ 12,916.80
Mezclado de material 3-A para riego de sello por unidad de obra terminada.	m3	226.50	\$ 26.62	\$6,029.43
Riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido ER-C2. para riego de sello	lts	10,450.49	\$ 1.85	\$ 19,333.40
Aplicación de riego de sello con material 3-A premezclado por unidad de obra terminada.	m <sup>3</sup>	226.50	\$ 325.63	\$ 73,755.20
<b>SEÑALAMIENTO HORIZONTAL</b>				
Suministro y colocación de vialetas adheridas con pegamento epóxico sin perno, en rayas canalizadoras de dos lados reflectantes	PZA	546.00	\$ 85.36	\$ 46,606.56
Suministro y colocación de botones (DH-3) de forma circular de 10 cm de diámetro se deben colocar dispuestos en tresbolillo de color blanco y se colocarán con pegamento epóxico al 50% de las rayas según la norma.	PZA	1,680.00	\$ 60.15	\$ 101,052.00
Subtotal hoja 1:				\$ 259,693.38

## SEÑALIZACIÓN EN CURVAS CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO TOLUCA  
**TRAMO:** SAN LORENZO ACOPILCO-LA MARQUESA  
**KM:** 27 + 000 AL 28 + 000

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Pintado de raya separadora de carril de circulación, raya para zona neutral continua y discontinua en pavimento de 10 cm de ancho en color amarillo. Incluye microesfera de vidrio reflejante.	ML	890.00	\$ 3.10	\$ 2,759.00
Pintado de rayas en orillas de la calzada, continuas en el pavimento, de 10 cm de ancho en color amarillo. Incluye microesfera de vidrio reflejante.	ML	2,600.00	\$ 5.60	\$ 14,560.00
Pintado de rayas en orilla izquierda de la calzada, continuas en el pavimento de 10 cm. de ancho en color amarillo. Incluye microesfera de vidrio reflejante.	ML	2,600.00	\$ 5.60	\$ 14,560.00
Pintado de raya de espacio logarítmico de 60 cm. De ancho sobre pavimento de acuerdo al proyecto de señalamiento Cuadro 3.12. para diferencia de 30 Km. En color blanco. Incl. microesfera reflejante	ML	288.00	\$ 17.28	\$ 4,976.64
Suministro e instalación de señal preventiva (SP) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 117 X 117 cm con ceja, fondo acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería, con poste metálico galv. de 3 X 3 marcando curva, curva cerrada (SP-6, SP-7).	PZA	6.00	\$ 1,916.00	\$ 11,496.00
			Subtotal hoja 2	\$ 48,351.64

## SEÑALIZACIÓN EN CURVAS CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO TOLUCA

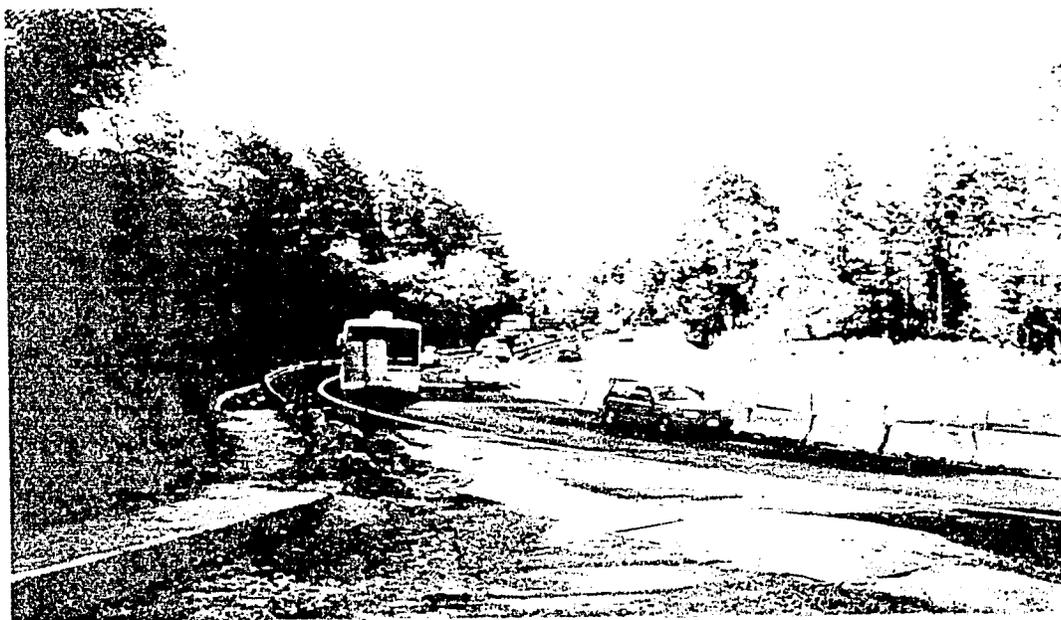
**TRAMO:** SAN LORENZO ACOPILO-LA MARQUESA

**KM:** 27 + 000 AL 28 + 000

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Suministro e instalación de señal restrictiva (SR) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 117 X 117 cm con ceja, fondo acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería, con poste metálico galv. de 3 X 3 marcando 60 Km/h max (SR-9).	PZA	4.00	\$ 1,916.00	\$ 7,664.00
<b>Suministro e instalación de señales informativas bajas</b>				
De recomendación (SIR) con tablero de lámina galv. cal. 16 de 56 X 239 cm con leyenda "CURVA PELIGROSA A 300 m" con ceja, fondo color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería y filete en negro serigráfico sobre dos ángulos metálicos de 3 X 3 X ¼" galv.	PZA	3.00	\$ 2,254.00	\$ 6,762.00
De recomendación (SIR) con tablero de lámina galv. cal. 16 de 56 X 239 cm con leyenda "DISMINUIR VELOCIDAD EVITE ACCIDENTES" con ceja, fondo color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería y filete en negro serigráfico sobre dos ángulos metálicos de 3 X 3 X ¼" galv.	PZA	4.00	\$ 2,254.00	\$ 9,016.00
De recomendación (SIR) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 de 56 X 239 cm con leyenda "EVITE ACCIDENTES MANTENGA SU CARRIL" con ceja, fondo color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería y filete en negro serigráfico sobre dos ángulos metálicos de 3 X 3 X ¼" galv.	PZA	2.00	\$ 2,254.00	\$ 4,508.00
			Subtotal hoja 3	\$ 27,950.00



*Foto 3.7. Vista de la zona de estudio donde se aprecia el señalamiento logarítmico.*

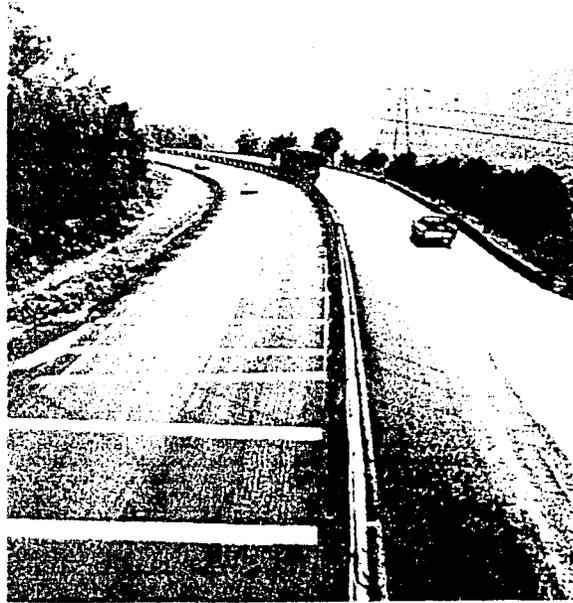


*Foto 3.8. Otra vista de la Carretera México-Toluca, en la zona de estudio.*

## SEÑALIZACIÓN EN CURVAS CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL MÉXICO TOLUCA  
**TRAMO:** SAN LORENZO ACOPIILCO-LA MARQUESA  
**KM:** 27 + 000 AL 28 + 000

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Suministro e instalación de indicadores de curvas peligrosas (OD) con tablero de lámina galvanizada cal. 16 con ceja, fondo de papel Scotch lite grado de ingeniería color amarillo con reflejante y filete en negro serigráfico de 90 x 76 cm, y poste acero galv. de 3 X 3 X 1/4".	PZA	18.00	\$ 980.00	\$ 17,640.00
Suministro e instalación de señal informativa de recomendación (SIR) tipo bandera sencilla, con tablero de lámina galv. cal. 16 de 152 X 549 cm con ceja, fondo en acabado con papel reflejante Scotch lite grado de ingeniería indicando 60 Km/h max (SR-9) y "CURVA PELIGROSA A 500 m".	PZA	3.00	\$ 6,375.00	\$ 19,125.00
Subtotal hoja 4				\$ 36,765.00
Subtotal				\$ 372,760.02
IVA				\$ 55,914.00
total				\$ 428,674.02



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Foto 3.9. Otra aspecto del tramo en estudio, donde se muestra el señalamiento horizontal.*



*Foto 3.10. Donde se observa parte del señalamiento vertical existente.*

TESIS : "ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MÉXICO"

COMANDANCIA GENERAL DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS										
COMANDANTE GENERAL ARTURO JIMENEZ MARTINEZ					REPORTÉ DE HECHO: 438/00					
CALZADA DE LAS BOMBAS No. 411 COL. SAN BARTOLO COAPA					DE TRANSITO TERRESTRE					
COYOACAN MEXICO, D.F..					HOJA No: 1					
DESTACAMENTO: Comisaria del sector 24			ENTIDAD: Cuajimalpa D.F.		REGION: Metropolitana		DISTRITO: Centro			
<b>A</b>	HORA: 18:24	DIA: 18	MES: 09	AÑO: 2000	DIA DE LA SEMANA: Lunes	KM: 027-500	CAMINO NOMBRE Y No: México Nogales		TRAMO: Cuajimalpa-la marquesar	
<b>B</b>	TRAYECTORIA ANTERIOR AL ACCID.: Toluca-México D.F.			VICTIMAS: VEH No Uno		M: L	VEH: M	PEATON: L	TOTAL DE PARTICIP: Uno	
VEH. No.: 1		CON DIRECCION A: México D.F.			EN EL CAMINO: Mexico Nogales		VEH. No.		CON DIRECCION A:	
PEATON		IBA DESDE (LADO O ESQUINA)			HACIA (LADO O ESQUINA)		HOJAS EXTRA DE REPORTE DE ACCIDENTE			
<b>C</b>	VEH. No. 1	TIPO: Pickuper	MARCA: Chevrolet	MODELO: 1999	COLOR: Grfs	No. DE IDENTIFICACION: O 16BKC3412XF03373		PLACAS 3354 BW		
ENTIDAD-VIGEN: D.F. 2000		CAPACIDAD: 3 1/2 TON	CARGADO CON		CARTA PORTE: n	No. ECO.	EMPRESA			
TIPO DE SERVICIO: Particular		AUTORIZACION	EXPEDIDA POR (D.G.T.)		VIGENCIA:		POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA) Sin			
PROPIETARIO Nom Car S.A. de C.V.					DOMICILIO: Via Gustavo Baz 4855 Barrientos Talnepanitla, Edo. de Mexico					
CONDUCTOR José Cabello Retana				DOMICILIO: Francisco Montes de Oca, Emiliano Zapata Atizapan						
SEXO: M	NACIONALIDAD: Mexicana	EDAD: 40	FECHA DE NAC.: 28/06/60	LIC. TIPO Y No.: CO-13A0001649	ENTIDAD: Estado de Mexico	VIGENCIA: 10/04/01	VEH. RECOGIDO POR: Su Conductor	REMOLCADO MANEJADO: XXX	LLEVADO A: A	
<b>D</b>	VEH. No.	TIPO	MARCA	MODELO	COLOR	No. DE IDENTIFICACION		PLACAS		
ENTIDAD-VIGENCIA		CAPACIDAD	CARGADO CON		CARTA PORTE	No. ECO.	EMPRESA			
TIPO DE SERVICIO		AUTORIZACION No.	EXPEDIDA POR (D.G.T.)		VIGENCIA		POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA)			
PROPIETARIO					DOMICILIO					
CONDUCTOR				DOMICILIO						
SEXO	NACIONALIDAD	EDAD	FECHA DE NAC.	LIC. TIPO Y No.	ENTIDAD	VIGENCIA	VEH. RECOGIDO POR	REMOLCADO MANEJADO	LLEVADO A: A	
<b>E</b>	DATOS DE LOS SEMIREMOLQUES		VEH: 1		TIPO:	MARCA:	No. IDENTIFICACION:	PLACAS:	ENTIDAD Y VIGENCIA	CAPACIDAD:

<b>F</b>	CLASIFICACION DEL ACCIDENTE	<input type="checkbox"/> SALIDA DEL CAMINO <input type="checkbox"/> VOLCADURA <input type="checkbox"/> CAIDA DE PASAJERO <input type="checkbox"/> INCENDIO <input checked="" type="checkbox"/> CHOQUE <input type="checkbox"/> ATROPELLAMIENTO <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> FRENOS <input type="checkbox"/> DIRECCION <input type="checkbox"/> SUSPENSION <input type="checkbox"/> LUCES <input type="checkbox"/> EJES <input type="checkbox"/> TRANSMISION <input type="checkbox"/> MOTOR <input type="checkbox"/> SOBRECARGO O SOBRECARGA <input type="checkbox"/> EXCESO DE DIMENSIONES	<input type="checkbox"/> ACOTAMIENTO(S) <input checked="" type="checkbox"/> VIA RAPIDA <input type="checkbox"/> DE CUOTA <input type="checkbox"/> BRECHA <input type="checkbox"/> TERRACERIA <input type="checkbox"/> TRAMO EN CONST.	<input type="checkbox"/> LUZ <input type="checkbox"/> DE DIA <input checked="" type="checkbox"/> CREPUSCULO <input type="checkbox"/> DE NOCHE <input type="checkbox"/> ALUM. PUB.
	COLISION SOBRE EL CAMINO	<input type="checkbox"/> PEATON (ATROPELLAMIENTO) <input type="checkbox"/> VEHICULO MOTOR EN TRANSITO <input type="checkbox"/> VEHICULO MOTOR POR ALCANCE <input type="checkbox"/> VEHICULO MOTOR ESTACIONADO <input type="checkbox"/> TREN <input type="checkbox"/> BICICLETA <input checked="" type="checkbox"/> OBJETO FIJO <input type="checkbox"/> SEMOVIENTE <input type="checkbox"/> OTROS OBJETOS	<input type="checkbox"/> DEL CAMINO <input type="checkbox"/> IRRUPCION DEL GANADO <input type="checkbox"/> DESPERFECTOS <input type="checkbox"/> FALTA DE SEÑALES <input type="checkbox"/> OBJETIVOS EN EL CAMINO <input checked="" type="checkbox"/> MOJADO <input checked="" type="checkbox"/> RESBALOSO <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> ALINEAMIENTO VERTICAL <input checked="" type="checkbox"/> PENDIENTE <input type="checkbox"/> CIMA <input type="checkbox"/> COLUMPIO <input type="checkbox"/> A NIVEL	<input type="checkbox"/> I QUE SE HACIA CON EL VEHICULO <input checked="" type="checkbox"/> SEGUIA DE FRENTE <input type="checkbox"/> REBASABA <input type="checkbox"/> VIRABA A LA DERECHA <input type="checkbox"/> VIRABA A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> VIRABA EN "U" <input type="checkbox"/> FRENABA <input type="checkbox"/> DESPACIO <input type="checkbox"/> INICIA MARCHA <input type="checkbox"/> ENTRA A VIA <input type="checkbox"/> RETROCEDIA <input type="checkbox"/> ESTACIONADO CORREC. <input type="checkbox"/> ESTACIONADO INCORREC. <input type="checkbox"/> CRUZABA <input type="checkbox"/> OTRO
<b>G</b>	CIRCUNSTANCIAS QUE CONTRIBUYERON DEL COND.	<input checked="" type="checkbox"/> IMPRUDENCIA O INTENCION <input type="checkbox"/> VELOCIDAD EXCESIVA <input type="checkbox"/> INVADIO CARRIL CONTRARIO <input type="checkbox"/> REBASO INDEBIDAMENTE <input type="checkbox"/> NO RESPETO SEÑAL DE ALTO <input type="checkbox"/> NO RESPETO SEMAFORO <input type="checkbox"/> NO CEDIO EL PASO <input type="checkbox"/> NO GUARDO DISTANCIA <input type="checkbox"/> VIRO INDEBIDAMENTE <input type="checkbox"/> MAL ESTACIONAMIENTO <input type="checkbox"/> ESTADO DE EBRIEDAD <input type="checkbox"/> BAJO EFECTO DE DROGAS <input type="checkbox"/> DORMITANDO <input type="checkbox"/> DESLUMBRAMIENTO	<input type="checkbox"/> AGENTE NATURAL <input checked="" type="checkbox"/> LLUVIA <input type="checkbox"/> NIEVE O GRANIZO <input type="checkbox"/> NIEBLA O HUMO <input type="checkbox"/> TOLVANERA <input type="checkbox"/> VIENTOS FUERTES <input type="checkbox"/> OTROS	<input type="checkbox"/> HORIZONTAL <input type="checkbox"/> TANGENTE <input checked="" type="checkbox"/> CURVA ABIERTA <input checked="" type="checkbox"/> CURVA CERRADA <input type="checkbox"/> ENTRONQUE <input type="checkbox"/> PUENTE O TUNEL <input type="checkbox"/> INTERSECCION <input type="checkbox"/> CALLEJON <input type="checkbox"/> ACCESO PRIVADO <input type="checkbox"/> CRUCE DE FFCC <input type="checkbox"/> ZONA PORTUARIA <input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/> J QUE HACIA EL PEATON O PASAJERO <input type="checkbox"/> ATRAVESABA <input type="checkbox"/> SUBIA O BAJABA DEL VEH. <input type="checkbox"/> CAMINABA EN SENT. DEL TRAN <input type="checkbox"/> CAMINABA OPUESTO EL TRAN <input type="checkbox"/> ESTABA PARADO <input type="checkbox"/> JUGABA <input type="checkbox"/> EMP. O TRAB. EN EL VEHICULO <input type="checkbox"/> HACIA OTRA ACTIVIDAD <input type="checkbox"/> SOBRE LA CARGA <input type="checkbox"/> EN LUGAR DEST. A LA CARGA <input type="checkbox"/> DENTRO DEL VEHICULO <input type="checkbox"/> EN EL EXT. DEL VEHICULO <input type="checkbox"/> SOBRE EL CAMINO <input type="checkbox"/> FUERA DEL CAMINO
	DEL VEHICULO	<input type="checkbox"/> LLANTAS	<input type="checkbox"/> H DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE 1 <input type="checkbox"/> CARRIL(ES) 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 O MAS <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CONTROL DE TRANSITO <input checked="" type="checkbox"/> SEÑAL INFORMATIVA <input checked="" type="checkbox"/> SEÑAL PREVENTIVA <input checked="" type="checkbox"/> SEÑAL RESTRICATIVA <input type="checkbox"/> SEMAFORO <input type="checkbox"/> AGENTE O GUARDAVIA <input type="checkbox"/> BARRERA O ISLETA <input checked="" type="checkbox"/> RAYAS LATERALES <input checked="" type="checkbox"/> RAYA CENTRAL <input type="checkbox"/> VIBRADORES <input type="checkbox"/> ABANDERAMIENTO <input type="checkbox"/> BANDEREROS <input type="checkbox"/> OTRO CONTROL <input type="checkbox"/> SIN CONTROL	<input type="checkbox"/> ESPACIO DIVISORIO 1 <input type="checkbox"/> CARRIL(ES) EN UN SENTIDO 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 O MAS <input type="checkbox"/>

Capítulo 3: "ESTUDIO Y SOLUCION DE PUNTOS DE CONFLICTO REALES" (Señalamiento)

<b>K</b>	<b>CAUSAS DÉTERMINANTES</b>						
Transitaba el vehículo de referencia de Poniente a oriente con dirección a México D.F.: En curva cerrada descendente a la, vía de cuatro carriles, dos para cada sentido, muro central de concreto divisor. Rayas laterales continuas y centrales discontinuas, separadoras de carriles, manejando su conductor sobre piso mojado, resbaloso por lluvia que prevalecía, perdiendo el control de la dirección chocando con su parte frontal izquierda contra objeto fijo, Talud, quedando finalmente transversal al eje de la vía en carril derecho.							
Privada. Esparciendo la carga en el lugar, quedando finalmente el vehículo sobre su toldo diagonal al eje de la vía como se ilustra en el croquis correspondiente.							
<b>L</b>	VÍCTIMAS: S/				TOTAL: M:	L:	
VEH	NOMBRE	SEXO	EDAD	DOMICILIO	ML:	LLEVADO A:	
<b>M</b>	<b>DAÑOS MATERIALES (ESTIMACION APROXIMADA)</b>						
VEH. 1		\$14,000.00	CAMINO				
VEH. 1			OTRAS PROPIEDADES				
TOTAL		\$14,000.00	CARGA				
<b>N</b>	VEH	INFRACCION FOLIO No.	CONCEPTO	ARTICULOS VIOLADOS	GARANTIA	RADICACION (D.G.T.T.)	
	1						
<b>O</b>	<b>COMPETENCIA JUDICIAL</b>						
PROCEDE LA REMISION DE ESTOS HECHOS ANTE EL C. AGENTE DEL MINISTERIO PUBLICO DEL FUERO FEDERAL EN: PGR MEXICO, D.F. ACTA CONVENIO No. 334/00.							
HORA	OTRA AUTORIDAD PRESENTE EN EL LUGAR DE LOS HECHOS (INICIO ACTUACION)						
PERSONAS Y OBJETOS A DISPOSICION DEL MINISTERIO PUBLICO DEL FUERO DE LA FEDERACION Y/U OTRAS AUTORIDADES EN CHALCO							
<b>P</b>	<b>COMPLEMENTARIAS</b>						
Se anexa croquis ilustrativo inventario el vehiculo y acta convenio 334/00							
El conductor se acogió a los beneficios que otorga el documento por PGR y SCT.							
Si utilizaba el cinturón de seguridad							
1os. AUX. TRASLADO	LLEVADO A:			FUENTE DE INFORMACION		HORA	
I Ambulancia Cruz Roja Cuautla	Hospital General de Cuautla Morelos			X	DIRECTA	1a. NOTICIA	18:24
II No. 14	V			Y	ORDEN. XXX	HR. DE CONTACTO	
II	W			Z	AVISO	RINDE REPORTE	
RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO	RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO	REVISOR SUB INSPECTOR	SUPERVISOR INSPECTOR	Vo. Bo. INSPECTOR JEFE			

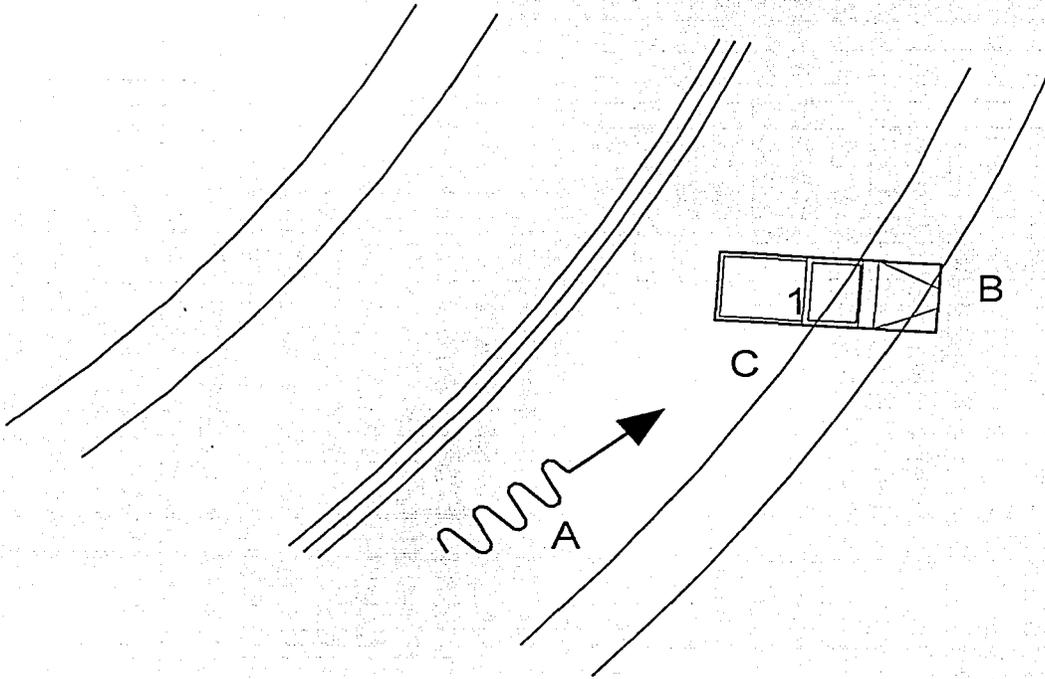
TESIS : "ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MÉXICO"

REPORTE DE HECHO DE TRANSITO TERRESTRE 25/2000  
CROQUIS ILUSTRATIVO

CLASIFICACION DEL ACCIDENTE

CHOQUE OBJETO FIJO

DESTACAMENTO Comisaría de Sector No. 24	ENTIDAD Cuajimalpa D.F.	HORA 18:24	DIA 18	MES 09	AÑO 00
KM. 027+500	CAMINO NAL. (NUMERO Y NOMBRE) (15) México-Nogales	TRAMO Cuajimalpa- la Marquesa			



TRAYECTORIA ANTERIOR		REFERENCIAS Y DISTANCIAS		POSICION FINAL	
1	Vehículo (1) procedente de Toluca México	A	Perdida del control de la dirección	C	Del vehículo de referencia, transversal al
		B	Choque del vehículo con su parte frontal		Eje del camino en carril derecho
			Izquierda contra objeto fijo talud.		

RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO      RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO      REVISOR SUB INSPECTOR      SUPERVISOR INSPECTOR      Vo. Bo. JEFE DE LA COMISARIA

### III.4.- OTROS (PUENTE PEATONAL)

#### ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES

El punto en estudio se localiza a 3 km, aproximadamente, de la Ciudad de Cuernavaca, en la zona urbana; la cual a su vez se localiza en la parte Norte del Estado de Morelos, sobre la Carretera Cuernavaca-Tepoztlán, en el tramo Cuernavaca-Cartuchos. El objetivo del proyecto tiene como finalidad reducir la incidencia de los accidentes así como brindar seguridad a los usuarios, mediante la construcción de un puente peatonal.

Se recopiló la información de los reportes que elabora la PFP y que entrega a la SCT, para el Programa de Atención de Puntos de Conflicto. Una vez capturada la información se agruparon por hora, fecha y tipo de accidentes; a continuación se muestran las gráficas correspondientes de cada uno de ellos.

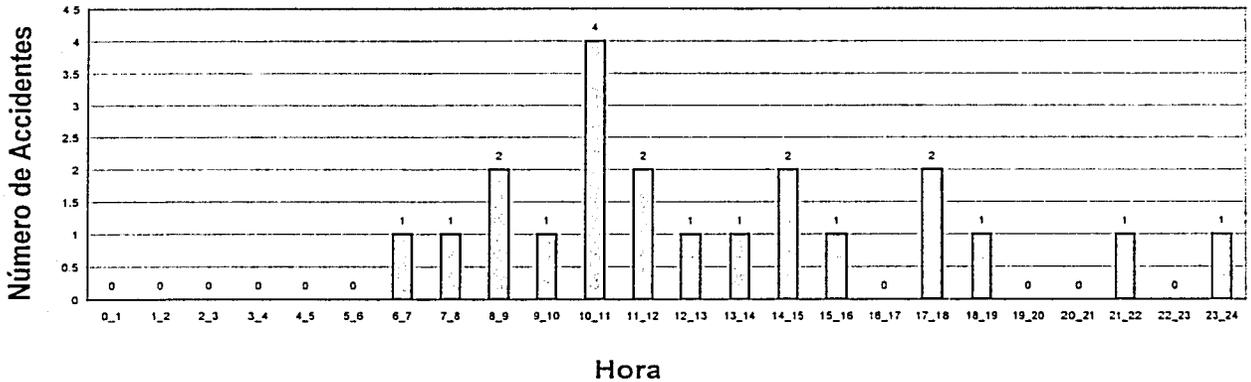


Figura 3.22. Estadística de accidentes por hora del día (Puente Peatonal).

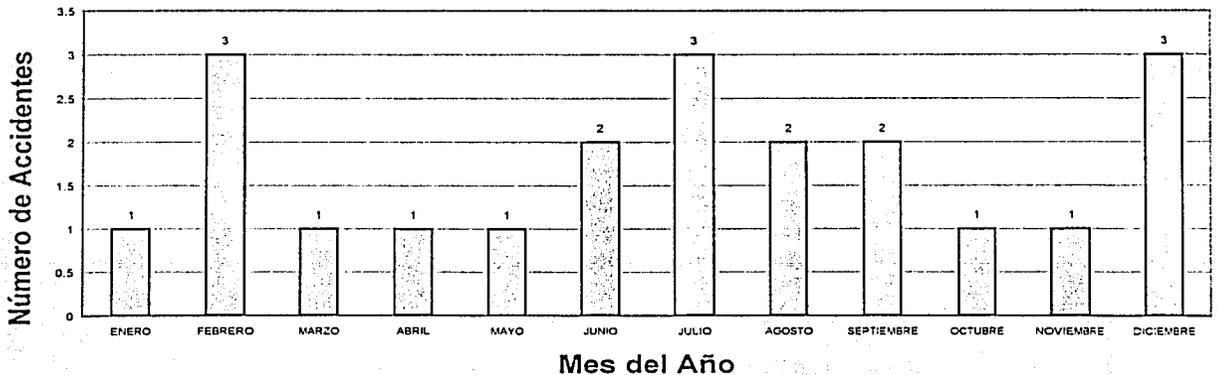
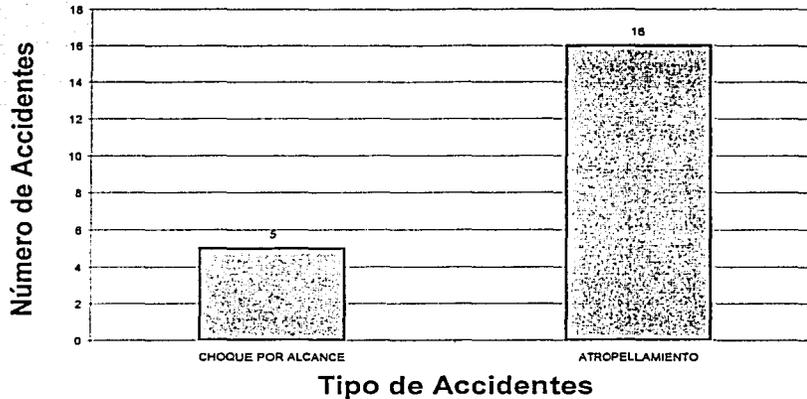


Figura 3.23. Estadística de accidentes por mes del año (Puente Peatonal).



**Figura 3.24.** Estadística de accidentes por tipo de accidente (Puente Peatonal).

Análisis de las gráficas:

- De la *Figura 3.22.* (por hora) se observa que el mayor número de accidentes se presenta de las 10:00 a 11:00 , lo cual se debe a que esta es la hora de mayor movimiento de las personas que cruzan por la carretera.
- De la *Figura 3.23.* (por fecha) observamos que en los meses de febrero, julio y diciembre se presentaron el mayor número de accidentes; revisando los reportes se encontró: que en el mes de julio el pavimento se encontraba mojado por las lluvias y esto a su vez provoca falta de visibilidad; en los meses de febrero y diciembre se observó que el común denominador de los accidentes fue la imprudencia del peatón por cruzarse sin precaución así como del conductor por el exceso de velocidad.
- De la *Figura 3.24.* (por tipo de accidente), se tiene que se presentaron dos modalidades: la principal por atropellamiento ya que el peatón no respeta los señalamientos de cruzar con precaución y el otro es choque por alcance, este se origina por frenar de manera repentina y el vehículo que viene atrás lo golpea.

## ESTUDIOS DE TRÁNSITO

De acuerdo a los reportes de accidentes que realiza la PFP, encontramos lo siguiente:

Número de accidentes ..... 21  
 Número de heridos ..... 8  
 Número de muertos ..... 3

Calculando el número de accidentes equivalentes:

$$NAE = 21(1) + 8(2) + 3(6) = 55$$

Con este valor calcularemos el  $I_{acc-eg}$  (índice de accidentes equivalente)

$$I_{acc-eq} = NAE \times 1'000,000 / TDPA \times 365$$

Con este índice como divisor del costo de la solución propuesta para el punto de conflicto obtendremos el ORDENADOR (el cual jerarquiza de menor a mayor)

El estudio de aforo del lugar nos arrojó que el Tráfico Diario Promedio Anual es:

$$TDPA \sim 400$$

Aplicando los valores el  $I_{acc-eq} = 376.7$

Y el Ordenador que es igual a  $\text{Costo} / I_{acc-eq}$ . El costo es de \$ 1'242,115.76

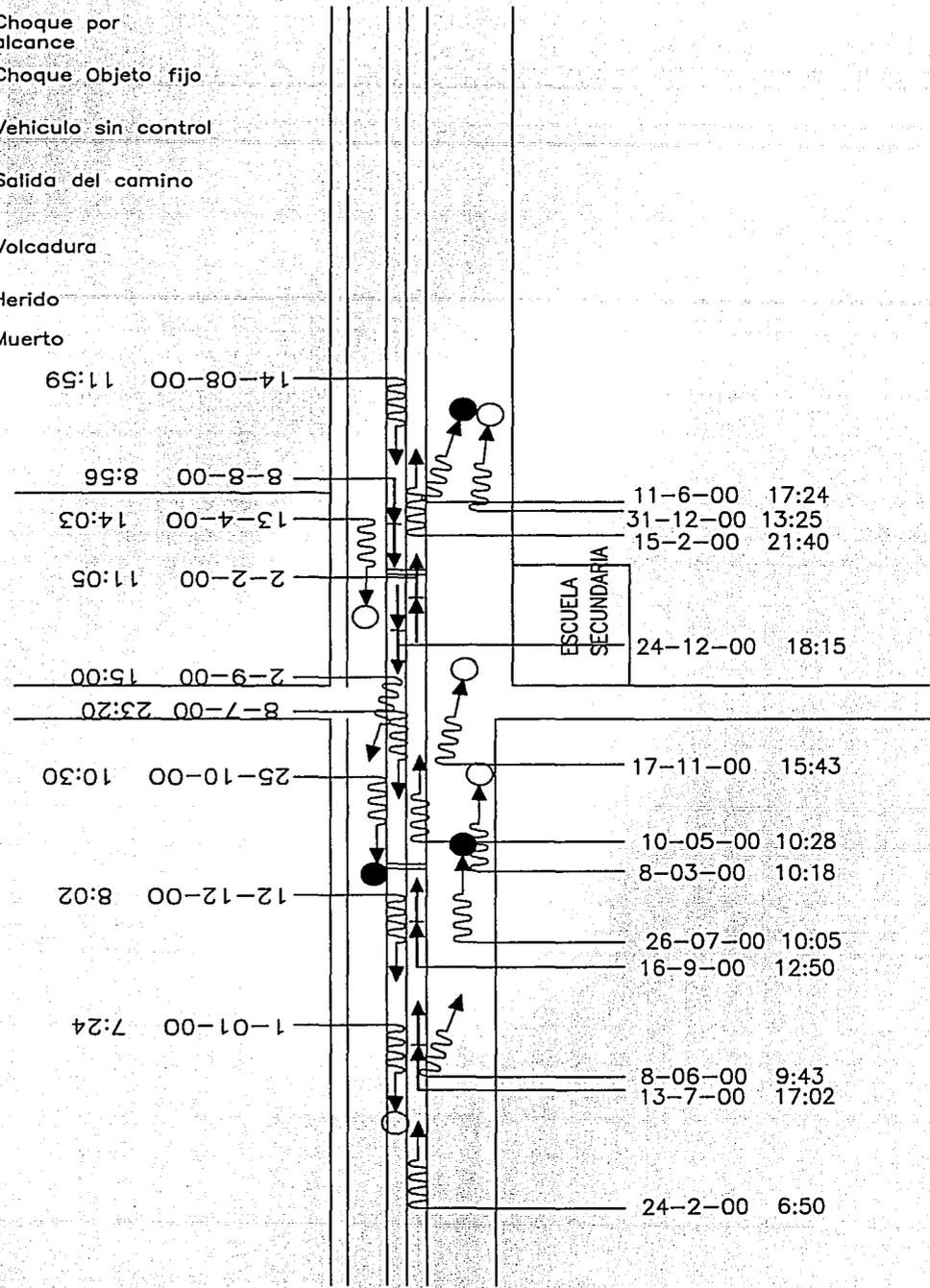
$$\text{ORDENADOR} = 3,297$$

Este índice sirve para jerarquizar el punto de conflicto con respecto a otros y de esta manera darle la correcta prioridad dentro del *Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto*

Con los datos de los reportes de "partes" de la *PFP* se realizó un diagrama de colisiones, para representar gráficamente cada uno de los accidentes y el tipo de accidente, ver *Figura 3.25*. (diagrama de colisiones)

# SIMBOLOGIA

	Choque por alcance
	Choque Objeto fijo
	Vehiculo sin control
	Salida del camino
	Volcadura
	Herido
	Muerto

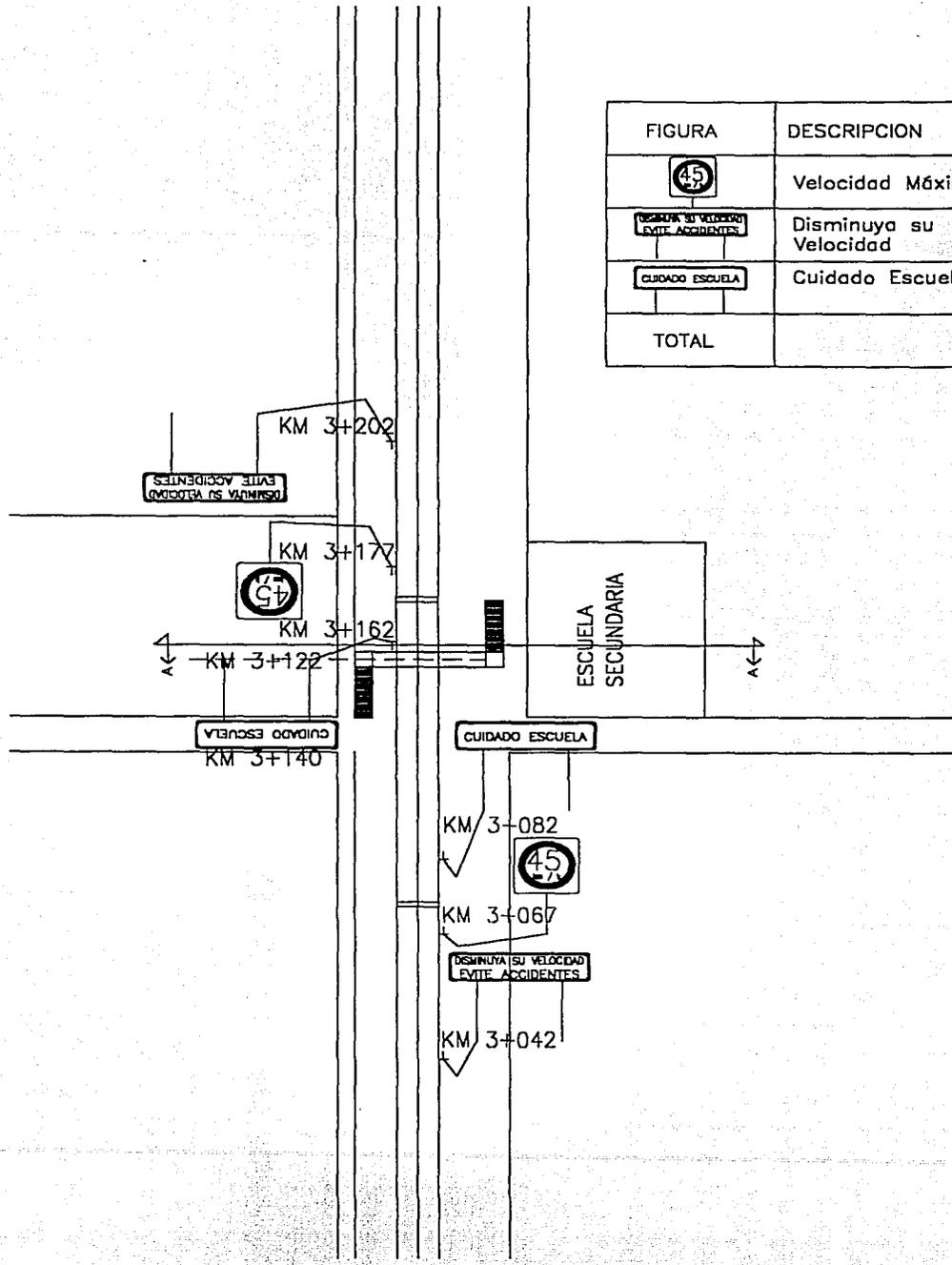


CARRETERA CUERNAVACA-TEPOZTLAN KM 3+140

FIGURA 3.25

DIAGRAMA DE COLISIONES

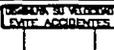
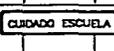
FIGURA	DESCRIPCION	CLAVE	CANTIDAD
	Velocidad Máxima	SR-9	2
	Disminuya su Velocidad	SIR-6	2
	Cuidado Escuela	SIR	2
TOTAL			6

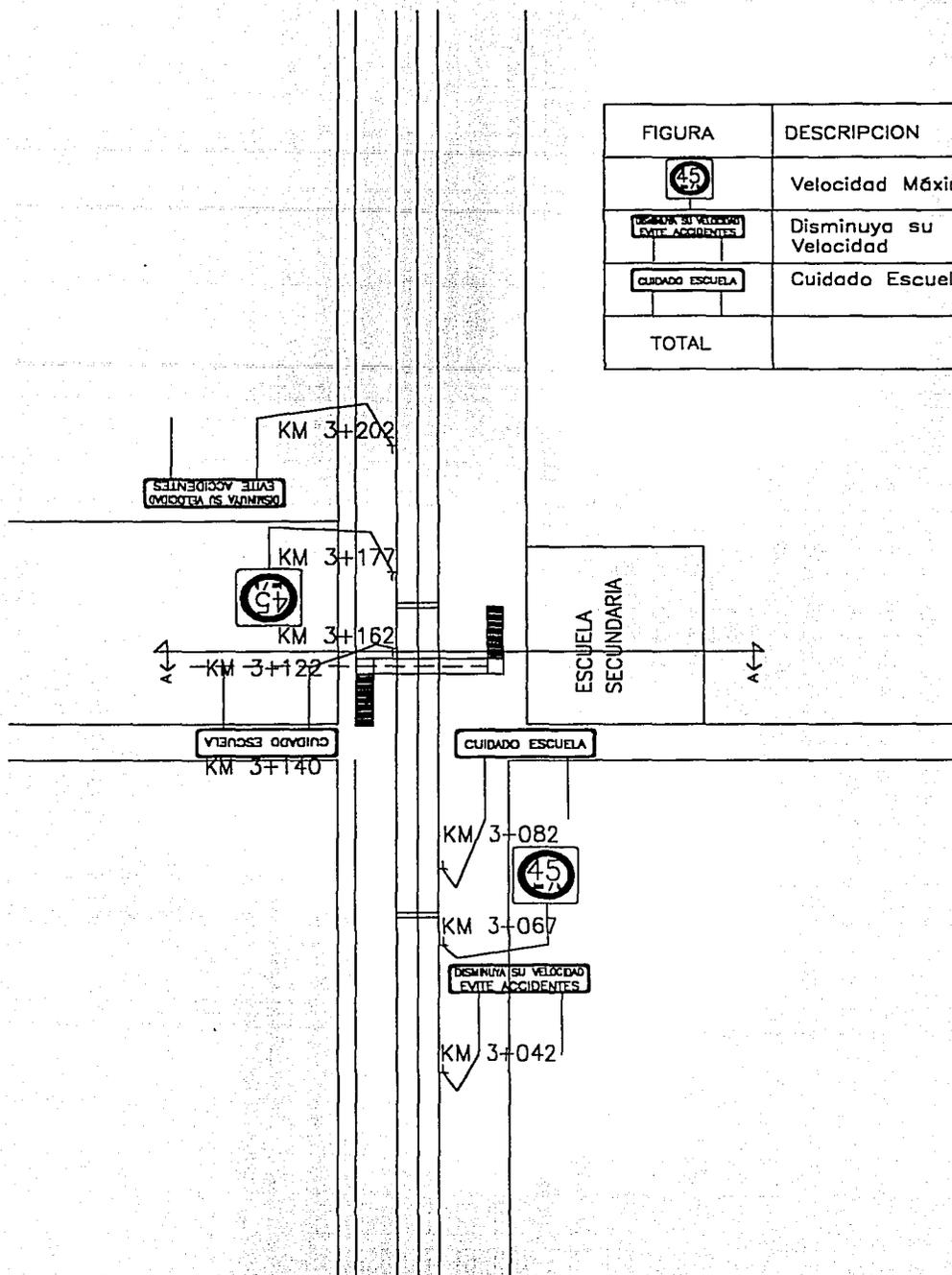


CARRETERA CUERNAVACA-TEPOZTLAN KM 3+140

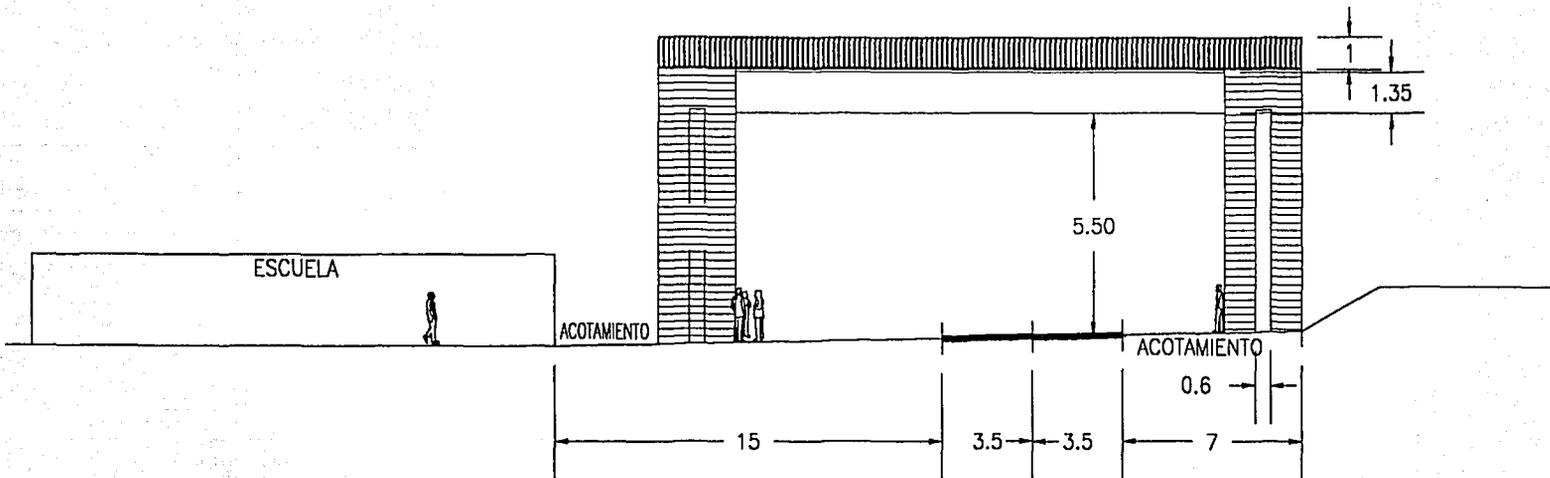
FIGURA 3.26

PUENTE PEATONAL

FIGURA	DESCRIPCION	CLAVE	CANTIDAD
	Velocidad Máxima	SR-9	2
	Disminuya su Velocidad	SIR-6	2
	Cuidado Escuela	SIR	2
TOTAL			6



CARRETERA CUERNAVACA-TEPOZTLAN KM 3+140  
 FIGURA 3.26 PUENTE PEATONAL



CARRETERA CUERNAVACA-TEPOZTLAN KM 3+140  
 PUENTE PEATONAL

## EVALUACIONES TÉCNICAS

Para un mejor análisis de la situación particular del punto en estudio, se plantearon las siguientes preguntas durante el trabajo de campo:

- **¿Son los accidentes causados por condiciones físicas del camino o de instalaciones adyacentes y éstas pueden ser corregidas?**
  - No
- **¿Es responsable un punto sin visibilidad?**
  - Sí
- **¿Puede ser suprimido?**
  - No
- **¿Qué medidas adecuadas pueden ser implementadas para prevenir al conductor?**
  - Colocar más señalamiento, de cruce de peatones.
- **¿Están los dispositivos de control del tránsito (semáforos, señales, marcas, etc.), adecuadamente ubicados y desarrollan su función correctamente?**
  - No
- **¿Es posible que contribuyan como causa de accidente, en lugar de prevenirlos?**
  - No
- **¿Está el tránsito correctamente canalizado para reducir al mínimo el riesgo de accidentes?**
  - No
- **¿Podrán evitarse los accidentes con la prohibición de algún movimiento con bajo volumen del tránsito, tal como el de vuelta izquierda?**
  - No
- **¿Está el número de los accidentes nocturnos muy afuera de proporción en relación con los accidentes que ocurren durante el día, tomando en cuenta los volúmenes de tránsito e indicando la necesidad de protección especial durante la noche tal como señales y marcas reflejantes, etc?**
  - No
- **¿Las condiciones de los accidentes muestran en qué aspectos debe reforzarse la vigilancia policiaca?**
  - Sí
- **¿Existe la necesidad de estudios de tránsito detallados próximos al lugar del accidente, como de volúmenes, de respeto de los conductores a los dispositivos de control de tránsito, de velocidad de punto de los vehículos, etc.?**
  - No
- **¿Contribuye a los accidentes el estacionamiento en la zona estudiada?**
  - No

- **¿Indica el señalamiento informativo previo, sobre los destinos de manera correcta, permitiendo la elección del carril oportunamente, reduciendo al mínimo la necesidad de cambiar bruscamente de carril cerca del lugar de los accidentes?**
  - *No es el caso*

Por lo tanto, de acuerdo con el diagrama de colisiones y el resumen de los hechos formulados previamente, nos permitió dar los siguientes razonamientos:

- **-Estado del tiempo y del pavimento en que ocurrió la mayor parte de los accidentes**
  - *En condiciones normales*
- **-Los tipos de accidentes que con mayor frecuencia ocurren.**
  - *Atropellamiento y choque por alcance*
- **-Tipos de daños que predominan**
  - *Pérdida de vida*
- **-En que estación del año se presentó el mayor número de accidentes**
  - *En verano*
- **-Proporción en que participan en los accidentes los vehículos**
  - *5 % vehículos pesados*
  - *95 % automóviles*

La observación hecha en campo da como resultado que algunos de los datos de accidentes resulten así más claros y significativos. En consecuencia se determinó lo siguiente:

- a) *De acuerdo con las características geométricas observadas del lugar tenemos un tramo con recta pendiente de salida en el sentido poniente a oriente; es una vía básica ya que comunica a Cuernavaca con Tepoztlán que es una zona turística de gran importancia del estado, así como tiene salida o comunicación con la autopista la Pera-Cuautla dándole vialidad y conexión con el Estado de México y el Estado de Puebla.*
- b) *Así mismo se observó que existe un acotamiento de terracería y bahía de parada muy ancha lo cual genera que el cruce sea mas largo.*
- c) *Que las lluvias provocan falta de visibilidad al llegar*
- d) *Que el exceso de velocidad impide frenar antes de que el vehículo atropelle al peatón que se encuentra cruzando con imprudencia.*
- e) *No tiene el suficiente señalamiento necesario de cruce de escolares, ya que en este punto se localiza la Secundaria No. 8 del Estado.*
- f) *Que la velocidad promedio de los vehículos es mayor a la velocidad de diseño.*

De lo anterior resulta que la solución adecuada es:

1. La construcción de un puente peatonal con el fin de reducir la incidencia de accidentes por atropellamiento.
- 2.- Intensificar la señalización acorde con las necesidades del punto en estudio, como la que se muestra en la Figura 3.26.

Comentarios a la alternativas presentadas:

1. La construcción del puente es la alternativa optima de solución debido principalmente al gran aforo vehicular que circula por este punto, así como por la gran cantidad de peatones que cruzan esta carretera, principalmente los estudiantes.
2. En el caso del señalamiento, se recomienda dar Señalamiento vertical de los tipos restrictivo, preventivo e informativo.
  - A.- Para reducir la velocidad, se colocará antes de entrar al tramo el señalamiento **SR-9**, con un límite de velocidad a 45 km/h y tablero de 178 X 71 cm; se requieren 2 piezas.
  - B.- **SIR-6** de 56 X 239 cm, indicando "DISMINUIR VELOCIDAD EVITE ACCIDENTES"; se requieren 2 piezas.
  - C.- **SIR** de 56 X 239 cm, indicando "CUIDADO ESCUELA"; son necesarias 2 piezas.

### EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Para determinar el costo la solución propuesta se realizará por medio del siguiente catálogo de conceptos.

### CONSTRUCCIÓN DE PUENTE PEATONAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

CARRETERA: FEDERAL CUERNAVACA-TEPOZTLÁN  
 TRAMO: CUERNAVACA CARTUCHOS  
 KM: 3 + 140

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<b>SUBESTRUCTURA</b>				
Excavación para estructuras con herramienta manual y/o equipo en material Tipo "A" hasta 2.00 m	m <sup>3</sup>	60.00	\$ 324.81	\$ 19,488.60
			Subtotal hoja 1	\$ 19,488.60

## CONSTRUCCIÓN DE PUENTE PEATONAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA:** FEDERAL CUERNAVACA-TEPOZTLÁN  
**TRAMO:** CUERNAVACA CARTUCHOS  
**KM:** 3 + 140

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Zapatas a base de Concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ . Acero de refuerzo $F'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ de 1.00 X 2.50 X 1.00 m. Incluye cimbrado y descimbrado y todo lo necesario para su correcta ejecución y funcionamiento.	PZA	2.00	\$ 2,800.00	\$ 5,600.00
Zapatas a base de Concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ . Acero de refuerzo $fy= 4200 \text{ kg/cm}^2$ de 2.00 X 2.50 X 1.00 m. Incluye cimbrado y descimbrado y todo lo necesario para su correcta ejecución y funcionamiento.	PZA	2.00	\$ 3,950.00	\$ 7,900.00
Zapatas a base de Concreto $f'c= 350 \text{ Kg/cm}^2$ . Acero de refuerzo $fy= 4200 \text{ kg/cm}^2$ de 3.30 X 2.50 X 1.50 m. Incluye cimbrado y descimbrado y todo lo necesario para su correcta ejecución y funcionamiento.	PZA	2.00	\$ 5,000.00	\$ 10,000.00
<b>SUPERESTRUCTURA</b>				
Columna de 7.62 m de altura 0.60 X 0.80 de sección a base de concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ Acero de refuerzo $F'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ . Acero estructural de $2530 \text{ kg/cm}^2$	PZA	2.00	\$ 185,000.00	\$ 370,000.00
Trabe tipo cajón de 2.00 X 1.35 de 25.00 m de claro	PZA	1.00	\$ 552,334.26	\$ 552,334.26
Sección para recibir escalón de 0.30 X 0.40 a base de Concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ . Acero de refuerzo $F'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ . Acero estruc. de $2530 \text{ kg/cm}^2$	m <sup>l</sup>	44.00	\$ 350.00	\$ 15,400.00
Escalones formados a base de concreto $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ Ángulo de acero de 1½" X 1½" y alambón; inc: soldadura y base de placa de acero.	PZA	68.00	\$ 350.00	\$ 23,800.00
			Subtotal hoja 2	\$ 985,034.26

## CONSTRUCCIÓN DE PUENTE PEATONAL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

**CARRETERA: FEDERAL CUERNAVACA-TEPOZTLÁN**  
**TRAMO: CUERNAVACA CARTUCHOS**  
**KM: 3 + 140**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Barandal a base de acero PTR, incluye: soldadura a base de placa de acero y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ML	110.00	\$ 475.00	\$ 52,250.00
Neopreno ASTM dureza 60	DM3	500.00	\$ 21.64	\$ 10,820.00
<b>SEÑALAMIENTO VERTICAL</b>				
Restriictiva SR-9 con tablero de lámina galvanizada calibre 16 con ceja, fondo de papel color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería, y filete en negro serigrafico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X ¼", tablero de 56 X 239 cm.	PZA	2.00	\$ 2,254.00	\$ 4,508.00
Informativa de recomendación (SIR) con tablero de lámina galvanizada calibre 16 con ceja, fondo de papel color blanco reflejante Scotch lite grado de ingeniería, y filete en negro serigráfico fijada sobre dos ángulos metálicos de 3" X 3" X ¼", tablero de 178 X 71 cm.	PZA	4.00	\$ 2,000.00	\$ 8,000.00
Subtotal hoja3				\$ 75,578.00
Subtotal				\$ 1'080,100.66
IVA				\$ 162,015.10
Total				\$ 1'242,115.76

TESIS : "ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO EN CARRETERAS DE MÉXICO"

COMANDANCIA GENERAL DE LA POLICIA FEDERAL DE CAMINOS								REPORTE DE HECHO: 217/00		
COMANDANTE GENERAL ARTURO JIMÉNEZ MARTÍNEZ								CALZADA DE LAS BOMBAS No. 411 COL. SAN BARTOLO COAPA		
COYOACAN MEXICO, D.F..								HOJA No: 1		
DESTACAMENTO: Cuernavaca-Mor-005			ENTIDAD: Morelos			REGION: Beta II		DISTRITO: Centro		
<b>A</b>	HORA: 14:03	DIA: 13	MES: 04	AÑO: 2000	DIA DE LA SEMANA: Jueves	KM: 3+140	CAMINO NOMBRE Y No: 120 Cuernavaca-Tepoztlan	TRAMO: Cuernavaca-Cartuchos		
<b>B</b>	TRAYECTORIA ANTERIOR AL ACCID.: Cuernavaca-Cuernavaca				VICIMTAS: SI	VEH: Uno	M: L:	VEH: M: L:	PEATON: L: M: PARTICIP: Dos	
VEH. No.:	CON DIRECCION: Cuernavaca-Mor.			EN EL CAMINO: Cuernavaca-Tepoztlan		VEH. No.:	CON DIRECCION: a		EN EL CAMINO	
PEATON	IBA DESDE (LADO O ESQUINA): De Norte a Sur cruzando la calle			HACIA (LADO O ESQUINA): La Secundaria		HOJAS EXTRA DE REPORTE DE ACCIDENTE				
<b>C</b>	VEH. No.	TIPO: Automóvil	MARCA: Chevrolet	MODELO: 1998	COLOR: Blanco	No. DE IDENTIFICACION: 3GCHP42K3MM196406		PLACAS: 160838P		
ENTIDAD-VIGEN: Morelos 1996	CAPACIDAD: 23 pasajeros.	CARGADO CON: En servicio		CARTA PORTE:		No. ECO.	EMPRESA			
TIPO DE SERVICIO: SPL	AUTORIZACION	EXPEDIDA POR (D.G.T.)	VIGENCIA:	POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA) Sin						
PROPIETARIO: Transportes Estrella Roja S.A. de C.V.					DOMICILIO: Vazquez y Monroy Centro de Cuautla- Morelos					
CONDUCTOR: Eusebio Carranza Rojas				DOMICILIO 5 de mayo No. 26 Colonia niño artillero Cuautla- Mor.				MUERTO LESIONAD	LLEVADO A:	
SEXO: M	NACIONALIDAD: Mexicana	EDAD: 29	FECHA DE NAC.: 03/03/1967	LIC. TIPO Y No. "B" No. DUCLO50287	ENTIDAD: Morelos	VIGENCIA: 16/10/01	VEH. RECOGIDO POR: Grupos Continental	REMOLCADO MANEJADO	XXX	
<b>D</b>	VEH. No.	TIPO	MARCA	MODELO	COLOR	No. DE IDENTIFICACION		PLACAS		
ENTIDAD-VIGENCIA	CAPACIDAD	CARGADO CON		CARTA PORTE		No. ECO.	EMPRESA			
TIPO DE SERVICIO	AUTORIZACION No.	EXPEDIDA POR (D.G.T.)	VIGENCIA	POLIZA SEGURO DEL VIAJERO O DEL VEHICULO (No. Y CIA) Sin						
PROPIETARIO:			DOMICILIO:							
CONDUCTOR			DOMICILIO			MUERTO LESIONA	LLEVADO A:			
SEXO	NACIONALIDAD	EDAD	FECHA DE NAC.	LIC. TIPO Y No.	ENTIDAD	VIGENCIA	VEH. RECOGIDO POR:	REMOLCADO MANEJADO		
<b>E</b>	DATOS DE LOS SEMIREMOLQUES		VEH:		TIPO:	MARCA:	No. IDENTIFICACION:	PLACAS:	ENTIDAD Y VIGENCIA	
<b>F</b>	CLASIFICACION DEL ACCIDENTE									

- SALIDA DEL CAMINO
- VOLCADURA
- CAIDA DE PASAJERO
- INCENDIO
- CHOQUE
- ATROPELLAMIENTO
- OTRO

- COLISION SOBRE EL CAMINO**
- PEATON (ATROPELLAMIENTO)
  - VEHICULO MOTOR EN TRANSITO
  - VEHICULO MOTOR POR ALCANCE
  - VEHICULO MOTOR ESTACIONADO
  - TREN
  - BICICLETA
  - OBJETO FIJO
  - SEMOVIENTE
  - OTROS OBJETOS

**G CIRCUNSTANCIAS QUE CONTRIBUYERON DEL COND.**

- IMPRUDENCIA O INTENCION
- VELOCIDAD EXCESIVA
- INVADIO CARRIL CONTRARIO
- REBASO INDEBIDAMENTE
- NO RESPETO SEÑAL DE ALTO
- NO RESPETO SEMAFORO
- NO CEDIO EL PASO
- NO GUARDO DISTANCIA
- VIRO INDEBIDAMENTE
- MAL ESTACIONAMIENTO
- ESTADO DE EBRIEDAD
- BAJO EFECTO DE DROGAS
- DORMITANDO
- DESLUMBRAMIENTO

**DEL VEHICULO**

- LLANTAS

- DIRECCION
- SUSPENSION
- LUCES
- EJES
- TRANSMISION
- MOTOR
- SOBRECUPU O SOBRECARGA
- EXCESO DE DIMENSIONES

- DEL CAMINO**
- IRRUPCION DEL GANADO
  - DESPERFECTOS
  - FALTA DE SEÑALES
  - OBJETIVOS EN EL CAMINO
  - MOJADO
  - RESBALOSO
  - OTRO

- AGENTE NATURAL**
- LLUVIA
  - NIEVE O GRANIZO
  - NIEBLA O HUMO
  - TOLVANERA
  - VIENTOS FUERTES
  - OTROS

**H DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

- |         |                                     |                          |
|---------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1       | <input type="checkbox"/>            | CARRIL(ES)               |
| 2       | <input checked="" type="checkbox"/> |                          |
| 3       | <input type="checkbox"/>            |                          |
| 4       | <input type="checkbox"/>            |                          |
| 5 O MAS | <input type="checkbox"/>            |                          |
| 1       | <input checked="" type="checkbox"/> | ESPACIO DIVISORIO        |
| 2       | <input type="checkbox"/>            | CARRIL(ES) EN UN SENTIDO |
| 3       | <input type="checkbox"/>            |                          |
| 4       | <input type="checkbox"/>            |                          |
| 5 O MAS | <input type="checkbox"/>            |                          |

- ACOTAMIENTO(S)
- VIA RAPIDA
- DE CUOTA
- BRECHA
- TERRACERIA
- TRAMO EN CONST.

**ALINEAMIENTO VERTICAL**

- PENDIENTE
- CIMA
- COLUMPIO
- A NIVEL

**HORIZONTAL**

- TANGENTE
- CURVA ABIERTA
- CURVA CERRADA
- ENTRONQUE
- PUENTE O TUNEL
- INTERSECCION
- CALLEJON
- ACCESO PRIVADO
- CRUCE DE FFCC
- ZONA PORTUARIA
- OTRO

**CONTROL DE TRANSITO**

- SEÑAL INFORMATIVA
- SEÑAL PREVENTIVA
- SEÑAL RESTRICTIVA
- SEMAFORO
- AGENTE O GUARDAVIA
- BARRERA O ISLETA
- RAYAS LATERALES
- RAYA CENTRAL
- VIBRADORES
- ABANDERAMIENTO
- BANDEREROS
- OTRO CONTROL
- SIN CONTROL

- LUZ**
- DE DIA
  - CREPUSCULO
  - DE NOCHE
  - ALUM. PUB.

**I QUE SE HACIA CON EL VEHICULO**

- SEGUIA DE FRENTE
- REBASABA
- VIRABA A LA DERECHA
- VIRABA A LA IZQUIERDA
- VIRABA EN "U"
- FRENABA
- DESPACIO
- INICIA MARCHA
- ENTRA A VIA
- RETROCEDIA
- ESTACIONADO CORREC.
- ESTACIONADO INCORREC.
- CRUZABA
- OTRO

**J QUE HACIA EL PEATON O PASAJERO**

- ATRAVESABA
- SUBIA O BAJABA DEL VEH.
- CAMINABA EN SENT. DEL TRAN
- CAMINABA OPUESTO EL TRAN
- ESTABA PARADO
- JUGABA
- EMP. O TRAB. EN EL VEHICULO
- HACIA OTRA ACTIVIDAD
- SOBRE LA CARGA
- EN LUGAR DEST. A LA CARGA
- DENTRO DEL VEHICULO
- EN EL EXT. DEL VEHICULO
- SOBRE EL CAMINO
- FUERA DEL CAMINO

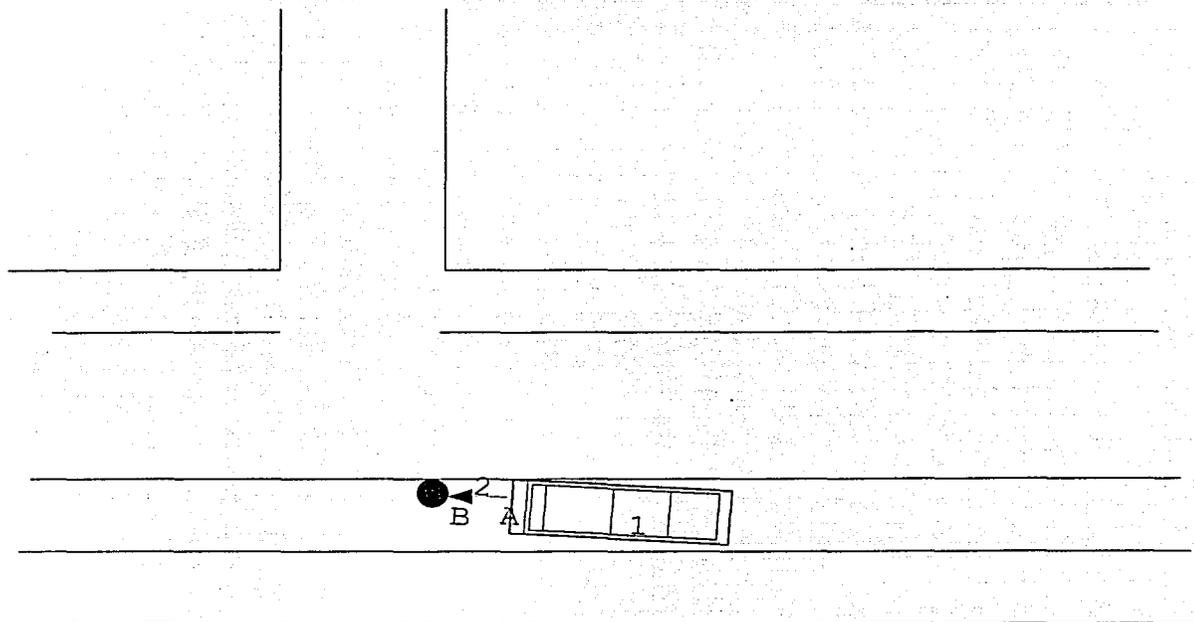


REPORTE DE HECHO DE TRANSITO TERRESTRE 217/2000  
**CROQUIS ILUSTRATIVO**

CLASIFICACION DEL ACCIDENTE

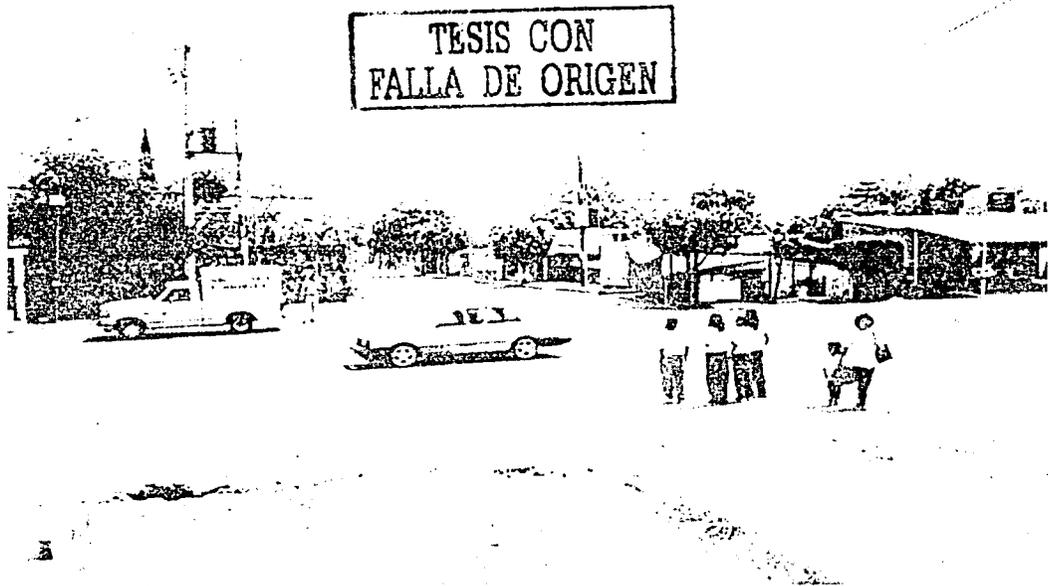
*Vehículo sin control*

DESTACAMENTO <i>Cuernavaca-Morelos 005</i>	ENTIDAD <i>Cuernavaca-Morelos</i>	HORA <i>14:03</i>	DIA <i>13</i>	MES <i>04</i>	ANO <i>00</i>
KM. <i>3 + 140</i>	CAMINO NAL. (NUMERO Y NOMBRE) <i>(120) Cuernavaca-Tepoztlan</i>	TRAMO <i>Cuernavaca-Cartuchos</i>			



TRAYECTORIA ANTERIOR		REFERENCIAS Y DISTANCIAS		POSICION FINAL	
1	<i>Del vehículo procedente de Tepoztlan a. Cuernavaca-</i>	A	<i>Lugar del impacto</i>	D	
2	<i>Del peatón cruzando</i>	B	<i>Del vehículo y el peatón en el lugar del alcance</i>		

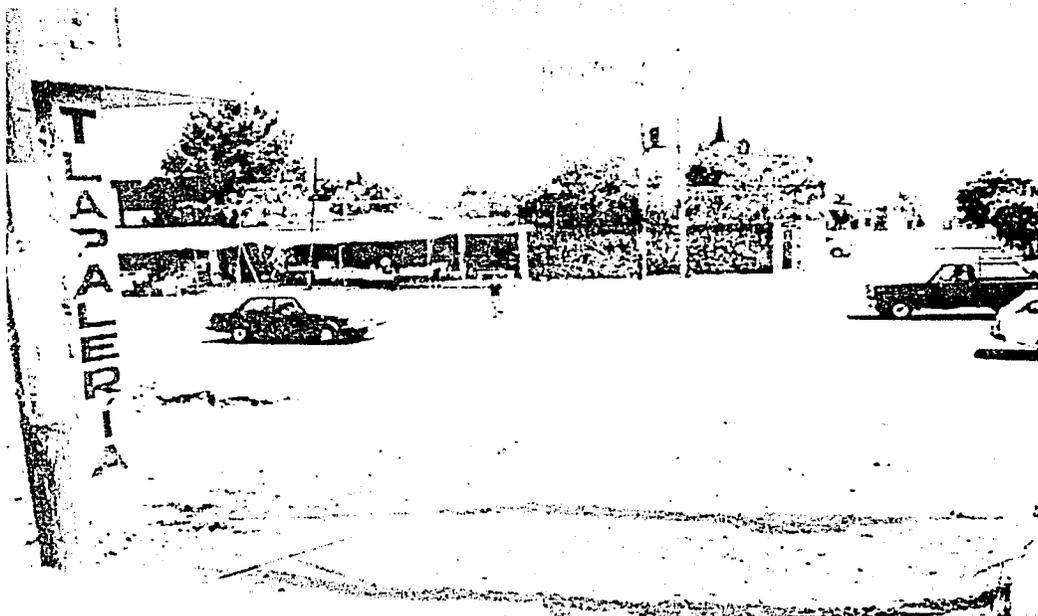
RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO      RESPECTUOSAMENTE QUIEN TOMO CONOCIMIENTO      REVISOR SUB INSPECTOR      SUPERVISOR INSPECTOR      Vo. Bo. JEFE DE LA COMISARIA



*Foto 3.11. Vista de la zona de estudio, con el cruce peatonal actual.*



*Foto 3.12. Se puede apreciar en tránsito vehicular constante de la zona de estudio*



*Foto 3.13. Vista desde una calle que accede al punto de conflicto.*



*Foto 3.14. Vista desde otra calle que accede al punto de conflicto.*

## CAPÍTULO IV: ESTUDIOS DIVERSOS APLICABLES PARA LA SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO

### IV.1. ESTUDIOS GEOLÓGICOS.

Se entiende por *Estudio Geológico*, la determinación de las características litológicas y estructurales de los materiales existentes en el sitio de estudio, mediante un conjunto de técnicas y procedimientos que se utilizan para reconstruir su historia geológica.

Los estudios geológicos pueden tener uno o varios de los siguientes propósitos.

#### a) Evaluación de una ruta.

El estudio geológico para la evaluación del trazo de una nueva carretera o del comportamiento de carreteras existentes, tiene el propósito de inferir los factores geológicos que influyan en su definición, identificando en forma general los siguientes aspectos:

- a.1. La relación suelo-roca, es decir, la proporción existente de estos materiales en todo el trazo, ya que de ella depende la definición del proyecto, así como el costo de los cortes y terraplenes.
- a.2. Las características generales y espesores probables de los aluviones en los cruces de ríos o arroyos, que influyan en el costo de alcantarillas y puentes.
- a.3. Las estructuras mayores como fallas, discordancias, estratificaciones y plegamientos, que influyan en el trazo de la carretera.
- a.4. Las zonas potencialmente inestables y las que muestren evidencias de falla, que puedan afectar el comportamiento de la carretera.
- a.5. Los sitios que por sus características geológicas sean potenciales bancos de material, pues la disponibilidad de estos es importante en la definición de la ruta.

#### b) Determinación de las características geológicas de los sitios donde se construirán cortes y/o terraplenes.

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán cortes y/o terraplenes, se ejecuta en aquellos lugares donde se prevén problemas de estabilidad de taludes o donde, por su altura, se requiera contar con información geológica que contribuya a diseñar correctamente la obra, establecer los procedimientos constructivos generales y evaluar el costo de su construcción, infiriendo los siguientes aspectos:

- b.1. La zonificación estratigráfica probable de los diferentes materiales que serán excavados para formar los cortes o sobre los cuales se desplantarán los terraplenes.
- b.2. Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo.

- b.3. Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones, así como las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los taludes.

**c) Determinación de las características geológicas de los sitios donde existan cortes y/o terraplenes inestables.**

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde existan cortes y/o terraplenes inestables, se ejecuta para inferir el o los factores que provocan su inestabilidad, establecer los posibles procedimientos constructivos que permitan corregir la obra, y evaluar el costo aproximado de su reparación o reposición, determinando los siguientes aspectos:

- c.1. La identificación y probable zonificación estratigráfica de los diferentes materiales que constituyen el corte o subyacen al terraplén inestable.
- c.2. Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo, estableciendo si la falla ocurre en ella, en el suelo o en ambos.
- c.3. Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones, así como las estructuras menores, como fracturas, foliación y exfoliación, que influyen en la estabilidad de los taludes.

**d) Determinación de las características geológicas de los sitios donde se construirán túneles**

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán túneles, se ejecuta para definir los aspectos geológicos que puedan influir en el diseño de la obra, establecer los posibles procedimientos constructivos, y evaluar el costo aproximado de su construcción. El estudio incluye tres zonas: las dos que comprenden los portales, donde se realizarán excavaciones a cielo abierto y la ubicada entre ellos (cuerpo del túnel), en que se excavará el túnel. Mientras en las zonas de portales se ven superficialmente los materiales donde se realizará el emportalamiento, en el cuerpo del túnel se extrapola la información observada en la superficie, ya que pueden existir coberturas de roca hasta el nivel de la rasante que alcancen cientos de metros. En los tres casos se determinan los siguientes aspectos:

- d.1. La zonificación estratigráfica probable de los diferentes materiales, que constituyen tanto los portales como el cuerpo del túnel, identificando el tipo y las características de los materiales por excavar.
- d.2. Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo y que particularmente afectan la ubicación de los portales, así como la estabilidad y atacabilidad del túnel.
- d.3. Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que influyen en la estabilidad de los portales y el cuerpo del túnel, tanto durante su construcción como en su operación.

**e) Determinación de las características geológicas de sitios donde se construirán puentes**

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán puentes, se ejecuta para definir los aspectos geológicos que puedan influir en el diseño de la obra, establecer los posibles procedimientos constructivos, y evaluar el costo aproximado de su construcción, determinando los siguientes aspectos:

- e.1. La zonificación estratigráfica probable de las diferentes unidades de roca, identificando el tipo y las características de los materiales sobre los que se desplantará la estructura y de los que se excavarán en los sitios de apoyo.
- e.2. Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo, y que pueden influir en el desplante de la cimentación.
- e.3. Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, identificando la influencia que tendrán en el desplante de la cimentación y/o en la estabilidad de la excavación para su construcción.

**f) Evaluación de sitios para bancos de materiales**

El estudio geológico de sitios para bancos de materiales se ejecuta para localizar y cuantificar bancos potenciales, determinando los siguientes aspectos:

- f.1. Los sitios donde puedan obtenerse los diferentes materiales que se requieran para la construcción de la obra.
- f.2. La clasificación de los materiales que componen el banco, estimando sus volúmenes aprovechables y de desperdicio.
- f.3. La estimación del volumen de material de despilme que se retirará para iniciar la explotación del banco.
- f.4. Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que puedan influir en la explotación del banco.
- f.5. La definición de las orientaciones preferenciales que deben tener los frentes de explotación.

**CLASIFICACIÓN DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS**

Dependiendo del nivel de investigación que se requiera, los estudios geológicos se clasifican como sigue.

**a) Reconocimientos geológicos**

Son los levantamientos geológicos someros de zonas que pueden ser pequeñas o hasta de centenas de kilómetros cuadrados, que se realizan con base en los planos topográficos, las fotografías aéreas a escala adecuada y/o las imágenes de satélite, mediante recorridos a pie, en vehículo terrestre o en helicóptero, efectuados en uno o varios días según el medio de transporte y el propósito del estudio, para:

- Identificar en forma general los materiales que se encuentran en el área de estudio
- Determinar en forma aproximada la relación suelo-roca
- Identificar sitios para probables bancos de materiales
- Recomendar el tipo y características de los estudios geológicos de mayor detalle que se requieran para definir y evaluar las zonas potencialmente inestables o la calidad y capacidad de los probables bancos de materiales

#### b) Estudios geológicos de detalle

Son los levantamientos geológicos de sitios específicos, que se realizan con base en los reconocimientos geológicos a que se refiere el inciso anterior, apoyados en los planos topográficos, las fotografías aéreas a escala adecuada y/o las imágenes de satélite, que se indican en la Cláusula D. de esta Norma, mediante inspecciones detalladas a pie y/o en vehículo terrestre, dependiendo del propósito del estudio, para:

- Determinar las diferentes unidades geológicas (suelo-roca) y ubicarlas en la posición estructural que les corresponda (columna estratigráfica), así como identificar estructuras mayores (fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones) y estructuras menores (fracturas, foliación y exfoliación)
- Identificar y evaluar las zonas potencialmente inestables
- Determinar y evaluar en forma preliminar, la calidad y capacidad de los posibles bancos de materiales
- Definir el modelo geológico del área estudiada y en su caso, proponer trabajos complementarios de mayor detalle, como la exploración directa y/o indirecta del subsuelo u otros estudios geológicos para detectar sitios alternos de bancos de materiales.

Propósito del Estudio	Tipo de Estudio	Escala Mínima	Equidistancia Máxima entre Curvas de Nivel (m)	Seccionamiento Máximo (m)
Evaluación de una Ruta	Reconocimiento	1:50 000	20,0	-
Cortes y Terraplenes	Todos	1:2 000	1,0	20,0
Cortes y Terraplenes Inestables	Todos	1:2 000	1,0	10,0
Portales de Túneles	Todos	1:500	1,0	10,0
Cuerpos de Túneles	Todos	1:2 000	2,0	-
Puentes	Todos	1:2 000	1,0	20,0
Bancos de Materiales	Reconocimiento	1:10 000	5,0	-
	De Detalle	1:500	1,0	-

**Cuadro 4.1. Características de planos topográficos para estudios geológicos.**

## IV.2.- ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

Como se sabe la Geología es la ciencia que trata del origen, historia y estructura de la tierra tal como aparecen registradas en las rocas y de las fuerzas y procesos que actúan modificando estas. Los estudios geológicos corrientes afectan por lo general, a áreas extensas por lo cual los mapas geológicos pueden resultar demasiado generales para los objetivos de la Ingeniería Civil.

De esta forma nació la Geotecnia que, de manera general, da al ingeniero la información útil de geología aplicada a la ingeniería. Siendo estas dos ramas parte de las ciencias de la tierra.

La mecánica de suelos, a diferencia de las anteriores ciencia de la tierra, es útil auxiliar en el proyecto y construcción de estructuras en general en lo referente a su relación con los materiales que forman la corteza terrestre, utilizando para ello: instrumental especializado, el análisis matemático, y conocimientos de física y química; aplicados todos ellos en el estudio de esfuerzos de compresión, tensiones y deformaciones de los suelos.

En definitiva, al ingeniero le interesa conocer de manera general, si determinado factor constructivo de la corteza terrestre (roca o suelo), bien en su estado natural (in situ o no), bien tras un proceso de modificación o transformación, encaja con las necesidades requeridas para el soporte de una estructura. Tal información debe suministrarse en términos claros y sencillos. De escaso valor profesional son para él las clasificaciones complejas de las rocas y la historia de la tierra.

Enseguida comentaremos algunos de los conceptos relacionados con los suelos. Se describe brevemente el *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*; éste es de gran importancia, dado que se cuenta con una clasificación veraz, que se entiende en el gabinete y el campo. Además, esto se reflejará en la interpretación y aplicación adecuada de las especificaciones que se aplicarán al suelo para su uso o mejoramiento.

Para el ingeniero civil, interesado en el diseño y construcción de cimentaciones en obra de terracería, las propiedades físicas de los suelos tales como permeabilidad, resistencia al esfuerzo cortante, compresibilidad e interacción con el agua son de primordial importancia.

El *SUCS*, cubre los suelos gruesos y finos, distinguiéndolos por el cribado a través de la malla No. 200; para éste, se consideran partículas gruesas aquellas que son mayores que dicha malla y, en contraparte, como finas a aquellas menores a dicha malla. Un suelo se considera grueso si más del 50 % su peso total está constituido de partículas gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas en peso, son finas.

Describiremos brevemente los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas que son las iniciales de los nombres en inglés de los suelos más típicos de ese grupo:

- **Gravas.** Suelos en los que predominan éstas. Símbolo genérico **G** (*Gravel*).
- **Arenas y suelos arenosos.** Símbolo genérico **S** (*Sand*).

Las gravas y las arenas se separan con la malla No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico **G**, si más del 50 % de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No 4, y es del grupo genérico **S**, si pasa la malla No. 4.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

1. Material prácticamente limpio de finos, bien graduados símbolo **W** (*Web Graded*). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos **GW** y **SW**.

Estos suelos son bien graduados y con pocos finos o limpios por completo. La presencia de los finos que puedan contener estos grupos no debe producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje. Los anteriores requisitos se garantizan en la práctica, especificando que el contenido en estos grupos de partículas finas no sea mayor a un 5 %, en peso: la graduación se juzga, en el laboratorio, por medio de los coeficientes de uniformidad y curvatura. Para considerar una grava bien graduada se exige que su coeficiente de uniformidad sea mayor que 4. Mientras que el de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3. En el caso de las arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad será mayor que 6, en tanto que el de curvatura debe estar entre los mismos límites anteriores.

2. Material prácticamente limpio de finos y mal graduado símbolo **P** (*Poorly Graded*). En combinación con los símbolos genéricos da lugar a los grupos **GP** y **SP**.

Estos suelos son mal graduados, es decir, son de apariencia uniforme o presentan predominio de un tamaño o de un margen de tamaños, faltando algunos intermedios. En el laboratorio deben satisfacer los requisitos señalados para los dos grupos anteriores, en lo referente a su contenido de partículas finas, pero no cumplen los requisitos de graduación indicados para su consideración como bien graduados. Dentro de estos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes de médanos y playas, y las mezclas de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un proceso de excavación.

3. Material con cantidad apreciable de finos no plásticos símbolo **M** (del suelo *Mo* y *Mjala*). Que, en combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos **GM** y **SM**.

En este grupo el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo-deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa. En la práctica se ha visto que esto ocurre para porcentaje de finos superiores a 12 %, en peso. Por lo que esta cantidad se toma como frontera inferior de dicho contenido de partículas finas. La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre nula y media es decir, que es requisito que los límites de plasticidad se determinen para la fracción que pasa la malla No 40 debajo de la Línea "A" o bien que su índice de plasticidad sea menor que 4

4. Material con cantidad apreciable de finos plásticos símbolo **C** (*Clay*), en combinación con los símbolos genéricos da lugar a los grupos **GC** y **SC**.

En este grupo el contenido finos debe ser mayor a 12 % en peso, y por las mismas razones expuestas para los grupos **GM** y **SM**. Sin embargo, en estos casos, los finos son de media a alta plasticidad y se debe cumplir que el índice de

plasticidad de la fracción que pase la malla No 40 debe estar arriba de la Línea "A" y además que el índice plástico sea mayor que 7.

**Suelos gruesos.** A los suelos gruesos con contenidos de finos comprendidos entre el 5 % y 12 % en peso, el Sistema Unificado los considera casos de frontera, adjudicándoles un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo **GP-GC** indica una grava mal graduada, con un contenido entre 5 % y 12 % de finos plástico (arcillosos).

Cuando un material no cae claramente dentro de un grupo, deberán usarse también símbolos dobles, correspondientes a casos de frontera. Por ejemplo, el símbolo **GW-SW**. Se usará para un material bien graduado, con menos de 5 % de finos y formado en su fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena.

**Suelos finos.** También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

- a) *Limos inorgánicos*, de símbolo genérico **M** (del sueco *Mo* y *Mjala*)
- b) *Arcillas inorgánicas*, de símbolo genérico **C** (*Clay*)
- c) *Limos y arcillas orgánicas*, de símbolo genérico **O** (*Organic*)

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos: Si este es menor de 50 %, es decir si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra **L** (*Low Compressibility*), obteniéndose por esta combinación los grupos **ML**, **CL** y **OL**. Los suelos con límite líquido mayor de 50 %, o sea de alta compresibilidad, llevan enseguida del símbolo genérico la letra **H** (*High Compressibility*), teniéndose así los grupos **MH**, **CH** y **OH**.

Ha de notarse que las letras **L** y **H** no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo, como se ha dicho, ha de expresarse en función de dos parámetros (**LL** y **I<sub>p</sub>**), mientras que en el caso actual solo el valor del límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que a mayor límite líquido un suelo es más compresible.

También es preciso tener en cuenta que el término compresibilidad, tal como aquí se trata, se refiere a la pendiente del tramo virgen de la Curva de Compresibilidad, y no a la condición actual del suelo inalterado, pues este puede estar seco parcialmente o preconsolidado.

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente del símbolo **Pt** (del inglés *peat*; turba)

Una descripción mas detallada de este tipo de suelo fino es el siguiente:

- Grupo **CL** y **CH**. De acuerdo con lo que se mencionó con anterioridad, en estos grupos se encasillan las arcillas inorgánicas: el grupo **CL** comprende a la zona sobre la Línea "A", definida por  $LL < 50\%$  e  $I_p > 7\%$ .

- El grupo **CH** corresponde a la zona arriba de la Línea "A", definida por  $LL > 50 \%$ . Las arcillas formadas por descomposición química de cenizas volcánicas, tales como la bentonita o la arcilla del Valle de México, con límites líquidos de hasta 500 %, se encasillan en el grupo **CH**.
- El grupo **ML** comprende la zona bajo la Línea "A", definida por  $LL < 50 \%$  y la porción sobre la Línea "A" con  $I_p < 4$ .
- El grupo **MH** corresponde a la zona debajo de la Línea "A", definida por  $LL > 50 \%$

En estos grupos quedan comprendidos los limos tipo inorgánico y limos arcillosos. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con  $LL < 30 \%$ , se localizan en el grupo **ML**. Los depósitos eólicos, del tipo de *Loess*, con  $25 \% < LL < 35 \%$  usualmente, caen también en este grupo.

Un tipo interesante de suelos finos que caen en esta zona son las arcillas del tipo caolín, derivados de los feldspatos de roca graníticas. A pesar de que el nombre de arcillas está muy difundido para estos suelos, algunas de sus características corresponden a limos inorgánicos; por ejemplo, su resistencia en estado seco es relativamente baja y en estado húmedo muestran cierta reacción a la prueba de la dilatancia. Sin embargo, son suelos finos y suaves con un alto porcentaje de partículas tamaño de arcilla, comparable con el de otras arcillas típicas, localizadas arriba de la Línea "A". En algunas ocasiones estas arcillas caen en casos de frontera **ML-CL** y **MH-CH**, dada su proximidad con dicha línea.

Las tierras diatomáceas prácticamente puras, suelen no ser plásticas, por mas que su límite líquido pueda ser mayor que 100 % (**MH**). Sus mezclas con otros suelos de partículas finas son también de los grupos **ML** o **MH**.

Los suelos finos que caen sobre la Línea "A" y con  $4 \% < I_p < 7 \%$  se consideran como casos de frontera, asignándoles el símbolo doble **CL-ML**.

Los grupos **OL** y **OH**. Las zonas correspondientes a estos dos grupos son las mismas que la de los grupos **ML** y **MH**, respectivamente, si bien los orgánicos están siempre en lugares próximos a la Línea "A".

Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla inorgánica crezca, sin apreciable cambio de su índice plástico, esto hace que el suelo se desplace hacia la derecha en la carta de plasticidad, pasando a ocupar una posición más alejada de la Línea "A".

- Grupos **Pt**. Las pruebas de límites pueden ejecutarse en la mayoría de los suelos turbosos, después de un completo remoldeo, el límite líquido de estos suelos suele estar entre 300 % y 500 %, quedando su posición en la Carta de Plasticidad netamente debajo de la Línea "A". El índice plástico normalmente varía entre 100 % y 200 %.

Similarmente al caso de los suelos gruesos, cuando un material fino no cae claramente en uno de los grupos, se usarán para él símbolos dobles de frontera. Por ejemplo, **MH-CH** representará un suelo fino con  $LL > 50 \%$ , e índice plástico tal que el material quede situado prácticamente sobre la Línea "A".

**IDENTIFICACIÓN DE SUELOS.** El problema de la identificación de suelos es de importancia fundamental en la ingeniería. Identificar un suelo es en rigor, encasillarlo dentro de un sistema, en este caso el *SUCS*, a continuación damos algunos criterios simples para esta identificación en campo.

**Identificación de suelos gruesos.** Los materiales constituidos por partículas gruesas se identifican en el campo sobre una base prácticamente visual. Extendiendo una muestra seca del suelo sobre una superficie plana puede juzgarse, en forma aproximada, su graduación, tamaño de partículas, forma y composición mineralógica. Para distinguir las gravas de las arenas puede usarse el tamaño de ½ cm como equivalente a la malla No. 4, y para la estimación del contenido de finos basta considerar que las partículas de tamaño correspondiente a la malla No. 200 son aproximadamente las más pequeñas que puedan distinguirse a simple vista.

En lo referente a la graduación del material, se requiere bastante experiencia para diferenciar, en examen visual, los suelos bien graduados de los mal graduados. Esta experiencia se obtiene comparando graduaciones estimadas, con las obtenidas en el laboratorio, en todos los casos que se tenga oportunidad.

En ocasiones puede ser importante juzgar de la integridad de las partículas constituyentes de los suelos, en cuyo caso será preciso un examen especialmente cuidadoso. Las partículas procedentes de rocas ígneas sanas se identifican fácilmente. Las partículas intemperizadas se reconocen por las decoloraciones y la relativa facilidad con que se desintegran.

**Identificación de suelos finos.** Una de las grandes ventajas del *SUCS* es el criterio para identificar en el campo los suelos finos, contando con algo de experiencia. El mejor modo de adquirir esa experiencia sigue siendo el aprendizaje al lado de quien ya la posea. A falta de ésta es aconsejable el comparar sistemáticamente los resultados de la identificación de campo realizada, con los de laboratorio en cada caso en que exista la oportunidad.

Las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo son la investigación de las características de dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco. El color y el olor del suelo pueden ayudar, especialmente en suelos orgánicos.

El conjunto de pruebas citadas se efectúa en una muestra de suelo previamente cribada en la malla No. 40, o en ausencia de ella previamente sometido a un proceso manual equivalente.

**DILATANCIA.** Esta prueba se hace con una pastilla de aprox. 10 cm<sup>3</sup> con el contenido de agua necesario para que el suelo adquiera una consistencia suave, pero no pegajosa, se agita alternativamente en la palma de la mano, golpeándola secamente contra la otra mano, manteniéndola apretada entre los dedos. Un suelo fino no-plástico, adquiere con el anterior tratamiento, una apariencia de hígado, mostrando agua libre en su superficie, mientras se le agita, en tanto que al ser apretado entre los dedos, el agua superficial desaparece y la muestra se endurece, hasta que finalmente, empieza a desmoronarse, como un material frágil, al aumentar la presión. Si el contenido de agua de la pastilla es el adecuado, un nuevo agitado hará que los fragmentos producto del desmoronamiento vuelva a constituirse.

La velocidad con la que la pastilla cambia de consistencia y con la que el agua aparece y desaparece define la intensidad de la reacción e indica el carácter de los finos del suelo. Una reacción rápida es típica en arenas finas uniformes, no plásticas (*SP* y *SM*) y en algunos limos inorgánicos (*ML*), particularmente del tipo de polvo de roca. También en tierras diatomáceas (*MH*). Al disminuir la uniformidad del suelo, la reacción se hace menos rápida.

Contenidos ligeros de arcilla coloidal imparten algo de plasticidad al suelo, por lo que la reacción, en estos materiales se vuelve mas lenta. Esto sucede en los limos inorgánicos y orgánicos, ligeramente plásticos (*ML*, *OL*). En arcillas muy limosas (*CL-ML*) y en muchas arcillas del tipo caolín (*ML*, *ML-CL*, *MH* y *MH-CH*). Una reacción extremadamente lenta o nula es típica de arcillas situadas sobre la Línea "A". (*CL*, *CH*) y de arcillas orgánicas de alta plasticidad (*OH*).

El fenómeno de aparición de agua en la superficie de la muestra es debido a la compactación de los suelos limosos y, aún en mayor grado, de los arenosos, bajo la acción dinámica de los impactos contra la mano, esto reduce la relación de vacíos del material, expulsando el agua de ellos. El amasado posterior aumenta de nuevo la relación de vacíos y el agua se restituye a esos vacíos. Los suelos arcillosos no sufren esos efectos bajo la cargas dinámicas, por lo cual no produce reacción.

TENACIDAD. La prueba se realiza sobre un espécimen de 10 cm<sup>3</sup> de consistencia suave similar a la masilla. Este espécimen se rola hasta formar un rollito de 3 mm de diámetro aproximadamente. Que se amasa y se vuelve a rolar varias veces. Se observa como aumenta la rigidez del rollito a medida que el suelo se acerca al límite plástico. Sobrepasando el límite plástico, los fragmentos en que se parta el rollito se juntan de nuevo y amasan ligeramente entre los dedos, hasta el desmoronamiento final.

Cuanto más alta sea la posición del suelo respecto a la Línea "A", (*CL*, *CH*), es mas rígido y tenaz el rollito cerca del limite plástico y mas rígida también se nota la muestra al romperse entre los dedos debajo de limite plástico. En suelos ligeramente sobre la Línea "A", tales como las arcillas glaciales (*CL*, *CH*) los rollitos son de media tenacidad cerca de su limite plástico y la muestra comienza pronto a desmoronarse en el amasado, al bajar su contenido de agua. Los suelos que caen bajo la Línea "A" (*ML*, *MH*, *OL* y *OH*), producen rollitos poco tenaces cerca del límite plástico, casi sin excepción. En el caso de suelos orgánicos y micáceos, que caigan muy abajo de la Línea "A", los rollitos se muestran muy débiles y esponjosos: También en todos los suelos bajo la Línea "A" excepto los *OH* próximos a ella. La masa producto de la manipulación entre los dedos posterior al rolado, se muestra suelta y se desmorona fácilmente, cuando el contenido de agua es menor que el correspondiente al límite plástico.

Cuando se trabaje en lugares en que la humedad ambiente sea casi constante, el tiempo que trascurra hasta que se alcance el límite plástico, es una medida relativamente tosca del límite plástico del suelo. Por ejemplo, una arcilla *CH* con  $LL = 70\%$  e  $I_p = 50\%$  o una *OH* con  $LL = 100\%$  e  $I_p = 50\%$ , precisan mucho más tiempo de manipulación para llegar al límite plástico que una arcilla glacial de tipo *CL*. En limos pocos plásticos del grupo *ML*, el límite plástico se alcanza muy rápidamente, Claro es para que las observaciones anteriores tengan sentido, será preciso comenzar todas las pruebas con los suelos en la misma consistencia muy aproximadamente, de preferencia cerca del límite líquido.

**RESISTENCIA EN ESTADO SECO.** La resistencia de una muestra de suelo, previamente secado, al romperse bajo presión ejercida por los dedos, es un índice del carácter de su fracción coloidal.

Los limos **ML** o **MH** exentos de plasticidad no presentan prácticamente ninguna resistencia en estado seco y sus muestras se desmoronan con muy poca presión digital. El polvo de roca y la tierra diatomácea son ejemplos típicos: Una resistencia baja en estado seco es representativa de todos los suelos de baja plasticidad, localizados bajo la Línea "A", y aún de algunas arcillas inorgánicas muy limosas, ligeramente sobre la Línea "A", (**CL**). Resistencias medias definen generalmente arcillas del grupo **CL** o, en otras ocasiones, de los grupos **CH**, **MH** (arcillas tipo caolín) u **OH**, que se localizan muy cerca de la Línea "A". La mayoría de las arcillas **CH** tienen resistencias altas, así como las **CL** localizadas muy arriba de la Línea "A". Materiales **OH** con altos límites líquidos y próximos a la Línea "A", también exhiben grandes resistencias. Por último, resistencias muy altas son típicas de arcillas inorgánicas del grupo **CH**, localizadas en posiciones muy elevadas respecto a la Línea "A".

**COLOR.** En exploraciones de campo el color del suelo suele ser un dato útil para diferenciar los diversos estratos y para identificar tipos de suelo, cuando se posea experiencia local. En general, existen también algunos criterios relativos al color. Por ejemplo, el color negro y otros de tonos oscuro suelen ser indicativos de la presencia de materia orgánica coloidal. Los colores claros y brillantes son propios, mas bien, de suelos inorgánicos.

**OLOR.** Los suelos orgánicos (**OH** y **OL**) tienen por lo general un olor distintivo, que puede usarse para su identificación. El olor es particularmente intenso si el suelo está húmedo, y disminuye con la exposición al aire, aumentando por el contrario, con el calentamiento de la muestra húmeda.

A continuación se muestra la Carta de plasticidad en donde se señala la ubicación de los suelos antes mencionados.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

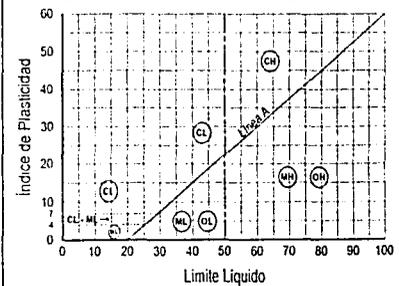
PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO (Excluyendo las part. mayores de 7.6 cm (3") y basando las fracciones en pesos o est.)				Simb. del Grupo	NOMBRE TÍPICOS	Información necesaria para la Desc. de los Suelos	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO
<b>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla No 200 Las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla 200) son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla No. 4 Para cuantificación visual puede usarse 1/4 cm como equivalente a la abertura de la malla No. 4	<b>GRAVAS LIMPIAS</b> Poco o nada de partículas finas	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	Dese el nombre típico, indíquese los porcentajes aproximados de grava y arena tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis  Para los suelos inalterados agréguese información sobre la estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características del drenaje  EJEMPLO Arena Limosa con grava con un 20 % de grava de partículas duras, angulosas y de 15 cm de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas redondeadas o subangulosas alrededor de 15 % de finos No plásticos de baja resistencia en estado seco, compacto y húmedo en el lugar, arena aluvial (SM)	Coeficiente de uniformidad (Cu) Coeficiente de curvatura (Cc) $Cu = D_{60} / D_{10}$ Mayor de 4 $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ Entre 1 y 3  No satisfacen todos los requisitos de graduación para GW
			Predominio de un tamaño o tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
			Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)	GM	Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo		
		Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)	GC	Gravas Arcillosas, mezcla de grava, arena y arcilla			
		<b>ARENAS LIMPIAS</b> Poco o nada de partículas finas	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos		
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos		
	Fracción fina poco o nada plástica (para identificación véase grupo ML abajo)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo			
	<b>ARENAS CON FINOS</b> Cantidad apreciable de finos	Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL abajo)	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla			
		PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN EN LA FRACCIÓN QUE PASA LA MALLA No. 40					
		<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite líquido menor de 50	<b>RESISTENCIA EN ESTADO SECO</b> (Características al rompimiento)	<b>DILATANCIA</b> (Reacción al agitado)	<b>TENACIDAD</b> (Consistencia cerca del límite plástico)		
	Nula a ligera		Rápida a lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plást.	Dese el nombre típico, indíquese el grado y características de plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas Color del suelo húmedo, nombre local y geológico y cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis. Para los suelos inalterados agréguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado condiciones de humedad y drenaje.  EJEMPLO Limo arcilloso, café, ligeramente plástico, porcentaje reducido de arenas fina, numerosos agujeros verticales de raíces, firme y seco en el lugar Loess (ML)
	Media a alta		Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava. Arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres	
Ligera a media	Lenta		Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
Ligera a media	Lenta a nula		Ligera a media	MH	Limos inorgánicos limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos		
Alta o muy alta	Nula		Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas		
Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de alta plasticidad			
<b>SUELOS Altamente orgánicos</b>				Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos		

Usee la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo anotados en la columna de identificación en el campo

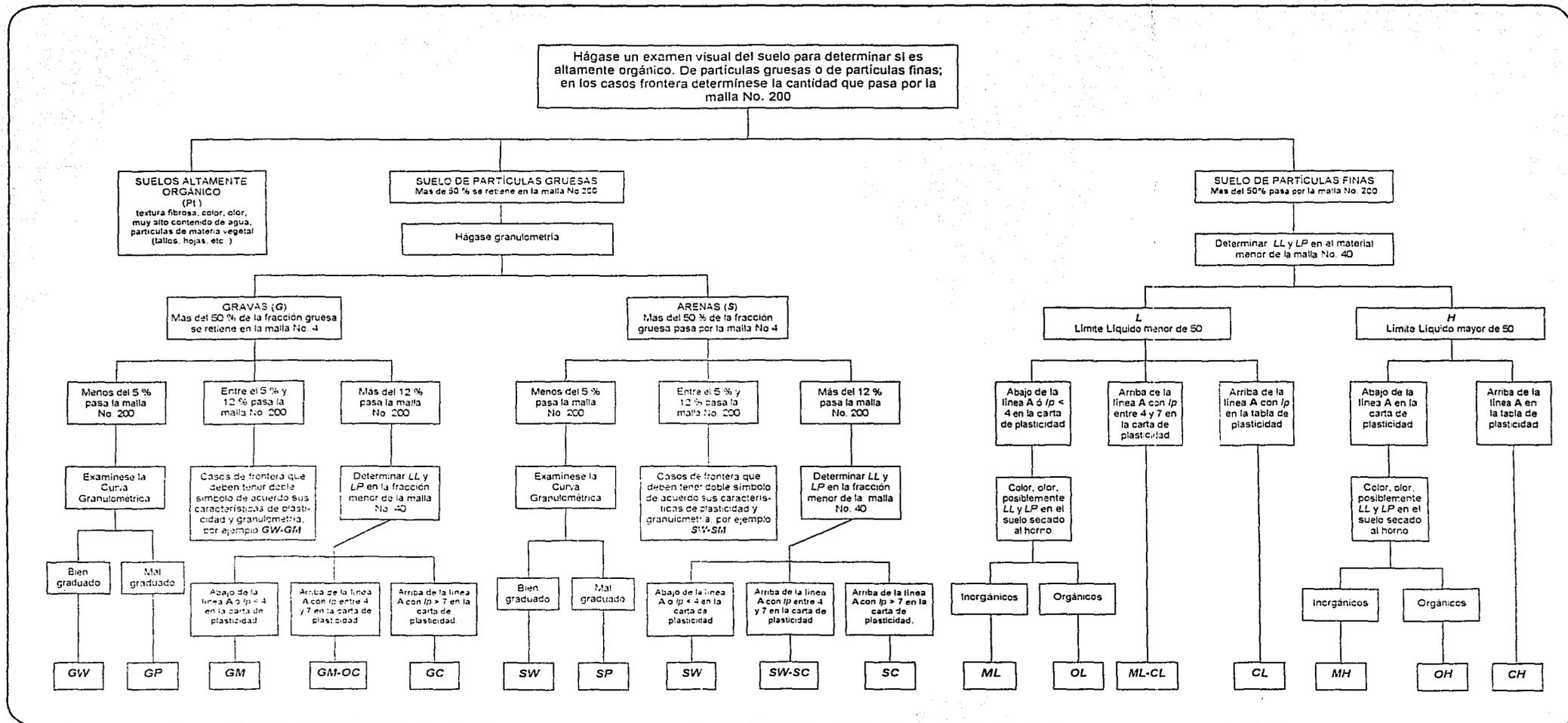
Determine los porcentajes de grava y arena de la curva granulométrica Dependiendo del porcentaje de finos (fracción que pasa la malla No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:  
 Menos de 5 % GW, GP, SW, SP Más De 12 % GM, GC, SM, SC  
 5 % a 12 % Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles

EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS  
 G- Grava M- Limo O- Suelos orgánicos Pt- Turba  
 A- Arena W- Bien graduado L- baja compresibilidad  
 C- Arcilla P- Mal graduada H- Alta compresibilidad

Comparando Suelos a igual Límite Líquido, la Tenacidad y la Resistencia en estado seco aumentan con el Índice Plástico.



Carta de Plasticidad para Clasificación de Suelos de Partículas Finas, en el Laboratorio



Cuadro 4.3. Esquema de procedimiento auxiliar para identificación de suelos en laboratorio (SUCS).

### IV.3. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Dentro de los estudios de campo necesarios para la resolución de Puntos de Conflicto, los *Estudios Topográficos* revisten particular importancia en los casos en que se requiera verificar las características planimétricas y/o altimétricas del sitio, así como la geometría de la carretera en cuestión. Por otra parte, solamente se puede determinar si hacen necesarios este tipo de estudios cuando, de la visita de campo y del análisis previo a la determinación de la solución, se contemplan como soluciones factibles modificaciones a las características geométricas de la carretera, situación que se presenta específicamente en el cambio de trazo y en las obras de ampliación. También en el caso de la señalización puede resultar conveniente la realización de estos estudios, para confirmar el *grado de curvatura* de una curva o la sobreelevación de ésta, así como la ubicación de los *PC* y los *PT*.

Para el caso de las *curvas simples*, normalmente no resulta indispensable el hacer un levantamiento con equipo de alta precisión, ya que en muchos de los casos resulta suficiente medir la flecha  $f$  en una cuerda de 20 m ó más, conforme a la siguiente figura:

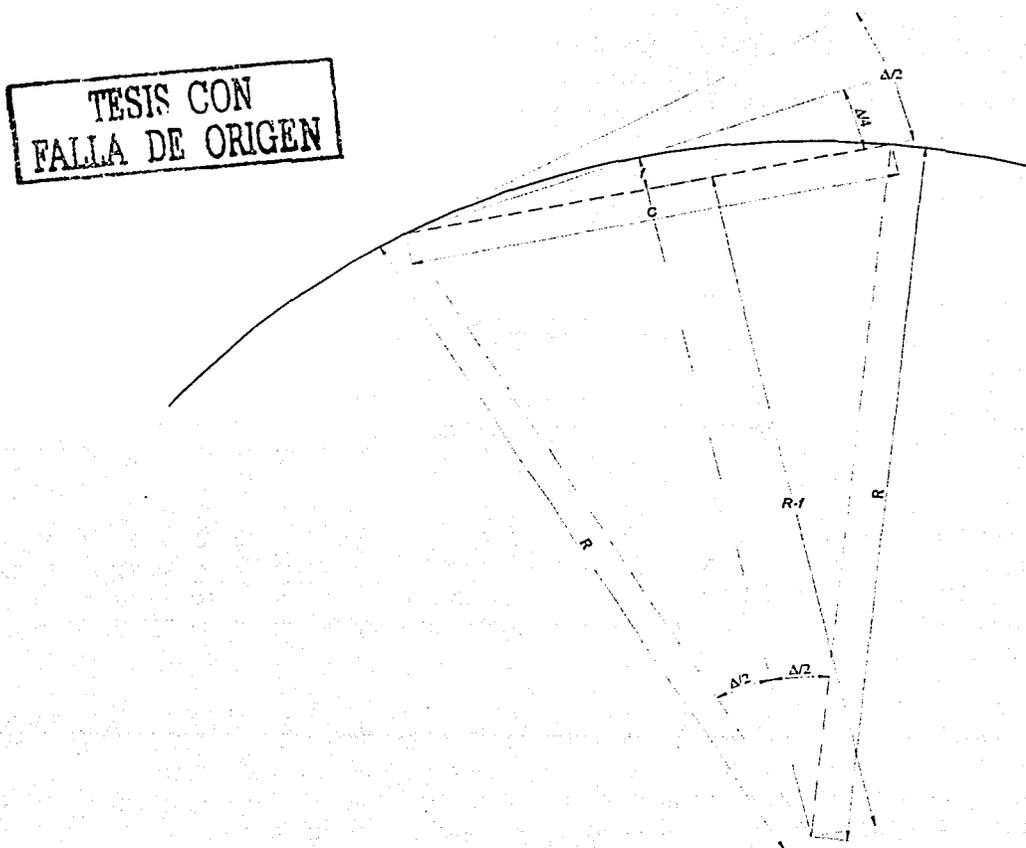


Figura 4.1. Medición de Cuerda para calcular el grado de curvatura.

Donde:

- $F$  Flecha medida en campo.
- $C$  Cuerda definida para medir la flecha en campo
- $R$  Radio de curvatura
- $\Delta$  Ángulo que subtiende la cuerda  $C$ .

Y de aquí se puede afirmar que:

$$\tan \frac{\Delta}{4} = \frac{f}{C/2}$$

O bien :

$$\Delta = 4 \tan^{-1} \left( \frac{2f}{C} \right) \dots\dots\dots 1$$

Y si la cuerda  $C$  es de 20 m,  $\Delta$  corresponde con el grado de curvatura  $G$ , es decir:

$$G = 4 \tan^{-1} \left( \frac{f}{10} \right) \dots\dots\dots 2$$

En caso de no ser así, de la figura podemos establecer que:

$$\sin \frac{\Delta}{2} = \frac{C/2}{R}$$

Por lo que:

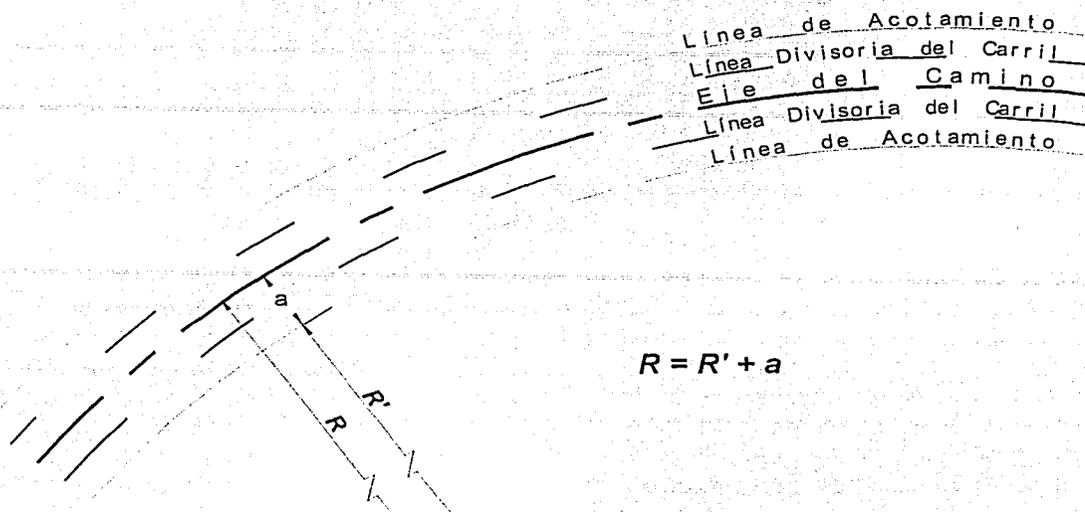
$$R = \frac{C}{2 \sin (\Delta/2)} \dots\dots\dots 3$$

Y sabemos que:

$$G = 2 \sin^{-1} \left( \frac{10}{R} \right) \dots\dots\dots 4$$

Resumiendo, si se establece que la cuerda  $C$  sobre la que se va a medir la flecha  $f$ , es de 20 m (la que por definición es subtendida por el grado de la curva), se puede aplicar directamente la fórmula 2, de acuerdo con el valor de la flecha. En caso de tomar una cuerda diferente de 20 m, se puede aplicar de manera sucesiva las fórmulas 1, 3 y 4, para determinar el valor de  $G$ .

Lo que requerimos determinar es el grado de curvatura del eje del camino, sin embargo comúnmente resulta muy complicado hacerlo así "in situ", por lo que resulta más conveniente hacer la determinación del radio  $R'$  de la curva del carril extremo interno (por el acotamiento), y posteriormente sumarle el o los anchos de los carriles, según sea el caso, que faltan para llegar al eje, para obtener  $R$ , y así poder aplicar la fórmula 4. (Ver Figura 4.2).



**Figura 4.2.** Traslación del Radio del carril extremo interno, al eje del camino.

Es conveniente mencionar que para la revisión que se está haciendo no es necesario obtener el grado de curvatura con una precisión muy alta, sin embargo, cuando el grado de curvatura es muy pequeño (digamos, menor de  $2^\circ$ ), resulta muy conveniente tomar cuerdas mayores de 20 m, con la finalidad de tener mayor certidumbre en los valores obtenidos a través del cálculo. De lo que se va a mencionar en el *Capítulo 5*, se pueden inferir algunos de los preparativos que serán necesarios de realizar para llevar a cabo todo este tipo de mediciones.

Para el caso de las curvas compuestas y en espiral, dada la naturaleza de éstas, resultará necesario "medirlas" en campo con aparatos de precisión, ya que resulta muy difícil determinar de manera intuitiva los puntos donde termina una curva y comienza la otra, y por lo tanto la determinación de su geometría.

Otro punto importante de evaluar es la medición de la sobreelevación ya que, en función de la velocidad de proyecto, como ya se mencionó en el *Capítulo 1*, junto con la rugosidad del pavimento ayuda a contrarrestar la fuerza centrífuga que se genera al cambiar la dirección del vehículo dentro de la curva, por lo tanto, si la naturaleza de los accidentes está relacionada con éste punto, será necesaria medirla.

Cuando se requiera llevar a cabo la ampliación o modificación del trazo de un camino, análogamente a cuando se trabaja el proyecto original, resulta necesario conocer la configuración del terreno adyacente, lo que a su vez permitirá evaluar la factibilidad económica y las diferentes alternativas de solución a dicha modificación, y así determinar la mejor opción. En este mismo sentido, y pensando en la magnitud de las modificaciones a realizar para la resolución de puntos de conflicto, normalmente no resulta costeable

llevar a cabo estudios fotogramétricos, por lo que en este capítulo no se mencionará nada en dicho sentido.

También es conveniente conocer la configuración del terreno en los casos en que se determine que el punto de conflicto está siendo provocado por deficiencias de visibilidad, esencialmente en crestas pronunciadas de poca longitud, lo que implica conocer las secciones transversales del camino, así como la altimetría del terreno adyacente al mismo. Lo anterior nos permitirá cuantificar el posible movimiento de terracerías y, nuevamente, hacer la evaluación costo-beneficio de la solución planteada.

Para el caso de las mediciones en campo, en otra época, y dado el tránsito vehicular que existirá en los lugares de medición, hubiese resultado indispensable mencionar a los métodos taquimétricos como una alternativa importante para evitar accidentes y decrementar la dificultad que esto representa para llevar a cabo las mediciones en campo, sin embargo, actualmente, existen aparatos que funcionan a través de ondas luminosas de alta coherencia (tales como las estaciones totales) que permiten obviar la mención de los métodos anteriores, y en la práctica obtener resultados de mejor calidad, por lo que en estos instrumentos sólo hay que tomar en cuenta las condiciones de medición al momento de utilizarlos, para evitar que arrojen resultados erróneos.

Por último, resulta conveniente mencionar que dentro de la determinación de las dimensiones y características geométricas de un elemento, nunca está de más el ingenio y la creatividad que permitan idear métodos prácticos y aceptables desde un punto de vista "ingenieril", es decir, que sin sacrificar la precisión requerida para las mediciones realizadas las podamos llevar a cabo de manera práctica y eficiente.

#### IV.4. ESTUDIOS CLIMATOLÓGICOS

El estudio del clima y del tiempo ha sido un asunto que ha ocupado a la Geografía desde sus comienzos. De las condiciones atmosféricas dependen muchas actividades humanas, desde la agricultura hasta un simple paseo por el campo. Por eso se ha hecho un esfuerzo enorme por predecir el tiempo tanto a corto como a mediano plazo.

Lo primero que debemos aclarar son los conceptos de tiempo y clima, que hacen referencia a escalas temporales diferentes.

El *tiempo* se define como el estado de la atmósfera en un determinado momento. Se toma en cuenta la humedad (absoluta y relativa), la temperatura y la presión, en un determinado lugar y momento. Como cada uno de los instantes son más o menos prolongados en el tiempo, y en extensión, se le denomina *tipo de tiempo*.

Estos *tipos de tiempo* atmosférico cambian con el paso de las horas y los días; pero tienden a repetirse tipos de tiempo atmosférico similares en ciclos anuales y en las mismas fechas aproximadamente. A esa repetición anual de tipos de tiempo es a lo que llamamos *clima*.

El *clima* es, pues, la sucesión de *tipos de tiempo* que tienden a repetirse con regularidad en ciclos anuales. Cuando una comarca, ciudad, ladera, etc., tiene un clima diferenciado del clima zonal decimos que es un *topoclima*. Además, llamamos *microclima* al que no tiene divisiones inferiores, como el que hay en una habitación, debajo de un árbol o en una determinada esquina de una calle.

El *clima* tiende a ser regular en períodos de tiempo muy largos, incluso geológicos, lo que permite el desarrollo de una determinada vegetación y un suelo perfectamente equilibrado, *suelos climáticos*. Pero, en períodos de tiempo geológicos, el *clima* también cambia de forma natural, los *tipos de tiempo* se modifican y se pasa de un clima otro en la misma zona.

El *tiempo* y el *clima* tienen lugar en la atmósfera. Para estudiar un *clima* resulta necesaria la observación durante un lapso de tiempo largo (mínimo quince años). Las observaciones de temperatura, precipitaciones, humedad y tipo de tiempo se recogen en las estaciones meteorológicas. Con estos datos se elaboran tablas que se expresan en climogramas.

En diferentes épocas de la historia de la humanidad, se han construido muchas clasificaciones climáticas, atendiendo generalmente a los aspectos puramente meteorológicos.

La clasificación tradicional, que consta de:

- Climas cálidos, lluviosos y secos;
- Templados, oceánico, mediterráneo y chino; y
- Fríos, polar y subpolar.

Atendía, más que nada, a la concepción del clima como el estado medio de la atmósfera, sin tener demasiado en cuenta su dinámica. A este concepto corresponde la clasificación climática que adoptó originalmente el científico alemán Wladimir Köppen, y que abordaremos más adelante.

Las clasificaciones pueden basarse en distintas combinaciones de los diversos elementos y factores climáticos, por ello no existe una clasificación única para satisfacer los distintos fines, siendo las clasificaciones basadas en temperaturas y precipitaciones, las más abundantes.

	CRITERIO	TIPO	CARACTERÍSTICAS
Clasificación Climática General	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA TEMPERATURA	<i>Climas sin invierno de las bajas latitudes</i>	<i>La temperatura media del mes más frío supera los 18°C.</i>
		<i>Climas sin verano de las altas latitudes</i>	<i>La temperatura media del mes más cálido no supera los 10°C.</i>
		<i>Climas con verano e invierno de las latitudes medias</i>	<i>Entre las dos isotermas límites de los 10°C. y los 18°C.</i>
	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA PRECIPITACIÓN	<i>Climas áridos</i>	<i>0-250 mm anuales</i>
		<i>Climas semiáridos</i>	<i>250-350 mm anuales</i>
		<i>Climas subhúmedos</i>	<i>350-1000 mm anuales</i>
		<i>Climas húmedos</i>	<i>1000-2000 mm anuales</i>
		<i>Climas hiperhúmedos</i>	<i>+ 2000 mm Anuales</i>

**Cuadro 4.4.** Clasificación Climática General.

### Clasificaciones Empíricas (Clasificación Climática de Köppen)

*Wladimir Köppen*, fue un botánico y climatólogo alemán nacido en Rusia, que desarrolló la más popular (pero no la primera) de esas clasificaciones, basadas en la vegetación. Su objetivo fue construir fórmulas que pudieran definir fronteras climáticas, de tal modo que correspondiesen con las zonas de vegetación que él había diseñado durante toda su vida. Köppen publicó su primer esquema en 1900 y una versión revisada en 1918. Continuó revisando su sistema de clasificación hasta su muerte en 1940. Otros climatólogos han ido modificando partes del procedimiento de Köppen en base a su experiencia en varias partes del mundo.

*Köppen* propone una clasificación climática en la que se tiene en cuenta tanto las variaciones de temperatura y humedad, como las medias de los meses más cálidos o fríos y, lo más importante, hace hincapié en las consecuencias bioclimáticas. Aunque, tampoco tiene en cuenta el funcionamiento del clima y la sucesión de tipos de tiempo. Además, en su clasificación utiliza letras para denominar a los climas, lo que la hace muy engorrosa ya que hay que aprender un código nuevo. En realidad, la suya es una clasificación, muy elaborada, según el concepto tradicional de clima; lo que es normal teniendo en cuenta la época en la que se creó.

*Köppen* publica su clasificación definitiva en 1936. En 1953 dos de sus alumnos, *Geiger* y *Pohl*, revisan la clasificación, por lo que también se conoce como clasificación de Köppen-Geiger-Pohl.

En esta clasificación, el clima se divide en grupos, subgrupos y subdivisiones climáticas.



Fig. 4.3. Clasificación General de Köpen para la República Mexicana.

Los grupos climáticos se establecen en función de la temperatura mensual media. Se escriben con mayúscula y se distinguen:

<b>A</b>	<b>Climas lluviosos tropicales</b>	El mes más frío tiene una temperatura superior a los 18 °C
<b>B</b>	<b>Climas secos</b>	La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico
<b>C</b>	<b>Climas templados y húmedos</b>	Temperatura media del mes más frío es menor de 18 °C y superior a -3 °C y al menos un mes la temperatura media es superior a 10 °C
<b>D</b>	<b>Climas boreales o de nieve y bosque</b>	La temperatura media del mes más frío es inferior a -3 °C y la del mes más cálido superior a 10 °C
<b>E</b>	<b>Climas polares o de nieve</b>	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 10 °C y superior a 0 °C
<b>F</b>	<b>Clima de hielos perpetuos</b>	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C

Cuadro 4.5. Grupos Climáticos (Clasificación de Köpen).

Los subgrupos dependen de la humedad. Los dos primeros se escriben con mayúscula y el resto con minúscula.

<b>S</b>	<b>Semiárido (estepa)</b>	Sólo para climas de tipo B
<b>W</b>	<b>Árido (desértico)</b>	Sólo para climas de tipo B
<b>f</b>	<b>Húmedo sin estación seca</b>	Sólo para climas de tipo A, C y D
<b>m</b>	<b>Húmedo con una corta estación seca</b>	Sólo para climas de tipo A
<b>w</b>	<b>Estación seca en invierno</b>	Sol en posición baja
<b>s</b>	<b>Estación seca en verano</b>	Sol en posición alta

Cuadro 4.6. Subgrupos Climáticos (Clasificación de Köpen).

Las subdivisiones dependen de las características adicionales. Se expresan en minúscula.

a	La temperatura media del mes más cálido supera los 22 °C	Se aplica a los climas tipo C y D
b	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22 °C	Se aplica a los climas tipo C y D
c	La temperatura media del mes más frío es inferior a -38 °C	Se aplica a los climas tipo D
h	La temperatura media anual es superior a 18 °C	Se aplica a los climas tipo B
k	La temperatura media anual es inferior a 18 °C	Se aplica a los climas tipo B

Cuadro 4.7. Subdivisiones Climáticas (Clasificación de Köpen).

De la combinación de grupos y subgrupos, obtenemos doce Tipos de clima básicos:

Af	Clima de selva tropical lluviosa	El mes más seco caen más de 600 mm de lluvia
Am	Clima monzónico	El mes más seco caen menos de 600 mm de lluvia
Aw	Clima de sabana tropical	Por lo menos hay un mes en el que caen menos de 600 mm de lluvia
BS	Clima de estepa	Clima árido continental
BW	Clima desértico	Clima árido con precipitaciones inferiores a 400 mm
Cf	Clima templado húmedo sin estación seca	Las precipitaciones del mes más seco son superiores a 300 mm
Cw	Clima templado húmedo con estación invernal seca	El mes más húmedo del verano es diez veces superior al mes más seco del invierno
Cs	Clima templado húmedo con veranos secos	Las precipitaciones del mes más seco del verano es inferior a 300 mm y la del mes más lluvioso del invierno tres veces superior
Df	Clima boreal de nieves y bosque con inviernos húmedos	No hay estación seca
Dw	Climas boreales o de nieve y bosque con inviernos secos	Con una estación seca en invierno
ET	Clima de tundra	Temperatura media del mes más cálido es inferior a 10 °C y superior a 0 °C
EF	Clima de los hielos polares	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0 °C

Cuadro 4.8. Tipos de Clima Básicos (Clasificación de Köpen).

Como se puede observar de los cuadros anteriores, la Clasificación de *Köppen* está basada en la subdivisión de los climas terrestres dentro de cinco grandes tipos, los cuales están representados por las letras mayúsculas **A**, **B**, **C**, **D** y **E**. Cada uno de estos tipos de clima, excepto el **B**, está definido por criterios de temperaturas.

El tipo **B** esta basado en precipitaciones y designa los climas en los cuales el factor determinante de la vegetación es la sequedad (más que las bajas temperaturas). La aridez no es un asunto sólo de precipitaciones sino que está definida por la relación entre las precipitaciones que penetran en el suelo en el que las plantas crecen y la evaporación que hace que se pierda esa humedad. Mientras que la evaporación es difícil de evaluar y no es una medida convencional en las estaciones meteorológicas, *Köppen* se vio forzado a sustituir la fórmula que identifica aridez en términos de índice de temperatura-precipitaciones (i.e., la evaporación se sobreentiende que está controlada por la temperatura). Los climas secos se subdividen a su vez en áridos(**BW**) y semiáridos (**BS**), y cada uno puede diferenciarse aún más añadiéndole un tercer código, **h** para cálido y **k** para frío.

Los climas del tipo **A** (Los más cálidos) están diferenciados en base a la estacionalidad de las precipitaciones: **Af** (no estación seca), **Am**(estación seca corta), o **Aw**(estación seca invernal).

Los climas del tipo **E** (los más fríos) son convencionalmente separados en tundra (**ET**) y climas de nieve/hielo (**EF**).

Los climas de las latitudes medias **C** y **D** van acompañados de una segunda letra, **f** (sin estación seca), **w** (estación seca de invierno), o **s** (verano seco), y un tercer símbolo (**a**, **b**, **c** ó **d** [esta última subclase existe sólo para los climas del tipo **D**]), indicando el calor del verano o el frío del invierno. La tabla da los criterios específicos para el sistema Köppen-Geiger-Pohl de 1953.

Estos climas tienen variantes en función de las subdivisiones, por lo que cada clima se expresa con tres letras. En esta clasificación, no se puede hablar de regiones climáticas, aunque se hace de manera general, sino de qué tipo de clima hay en un lugar atendiendo a estos criterios.

La Clasificación de Köppen ha sido criticada por muchas causas. Se ha argüido que los acontecimientos extremos, tales como un período de sequía o una inusual ola de frío, son tan significativas en el control de la distribución de la vegetación como las condiciones medias en las cuales se base el esquema de Köppen. También se ha indicado que otros factores meteorológicos distintos de los usados en la clasificación, tal como las horas de luz solar o el viento, son muy importantes para la vegetación. Además, se ha sostenido que la vegetación puede responder sólo lentamente al clima, de modo que las zonas de vegetación observables hoy son en parte causa de climas del pasado.

Muchos críticos tienen llamado la atención sobre la bastante pobre correspondencia entre las zonas de Köppen y la distribución observada de la vegetación en muchas áreas del mundo. A pesar de estas y otras limitaciones, el sistema de Köppen se mantiene como la más popular clasificación climática en uso hoy.

Muchas otras clasificaciones empíricas especializadas han sido diseñadas. Por ejemplo, hay algunas que diferencian entre tipos de desierto y climas costeros, otras que dan cuenta de diferentes tasas de erosión de las rocas o de formación de suelos, y otras basadas en la identificación de similares agriculturas climáticas.

En el caso de la República Mexicana, se ha adoptado basándose en la temperatura y la frecuencia de lluvias, como se muestra en el Cuadro 4.9. y en la Figura 4.3.

Así mismo, con base a estudios climatológicos realizados entre 1995 y 1997, se realizaron trabajos coordinados por la M. en C. Enriqueta García, para generar la "Clasificación de Köppen modificada por García", que es la que se utiliza actualmente, en la mayoría de los casos, para valorar el impacto de este importante factor en la evaluación de puntos de conflicto, y así considerar los elementos climáticos involucrados (temporadas de lluvia, zonas de neblina, horas de alta insolación, etc.). Este trabajo se realizó con el apoyo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), y se tomaron datos de variables climatológicas y del Sistema Meteorológico Nacional, de la Comisión Federal de Electricidad y Comisión Nacional del Agua, contando con un total de 3036 estaciones climatológicas en un periodo de dos años. La clasificación y su representación gráfica, se ilustran en la Figura 4.4.

CLIMA	LOCALIZACIÓN
<b>Af.</b> Tropical con lluvias todo el año.	En la parte sur de Veracruz, en Tabasco y norte de Chiapas
<b>Am.</b> Tropical con lluvias de monzón.	En la región sur de la península de Yucatán, en las llanuras costeras del Golfo de México, en los estados de Veracruz, Tabasco Oaxaca y Chiapas
<b>Aw.</b> Tropical con lluvias de verano.	Abarca la parte norte de la Península de Yucatán y la región costera del Golfo y del Pacífico Sur
<b>Bs.</b> Seco estepario con lluvias escasas.	En gran parte del territorio central, al norte del Trópico de Cáncer, así como en pequeñas zonas de Guerrero, Oaxaca, Campeche y Yucatán.
<b>Bw.</b> Seco desértico.	Península de Baja California, llanuras costeras de Sonora, Sinaloa, y parte del este de Chihuahua, oeste de Coahuila y noreste de Durango.
<b>Cx.</b> Templado con lluvias escasas todo el año.	Norte de Tamaulipas y pequeñas porciones de Nuevo León, Chihuahua y Sonora.
<b>Cw.</b> Templado con lluvias en verano	Abarca gran parte de la mesa central o del Anáhuac, la parte sur de Tamaulipas, así como parte de Oaxaca y Chiapas.
<b>Cs.</b> Templado con lluvias en invierno	Al norte de la Península de Baja California
<b>Cf.</b> Templado con lluvia todo el año	Principalmente en las zonas de alturas, como montañas y mesetas
<b>Eb.</b> Polar de altura	En regiones mayores a los 4,000 m. de altura

**Cuadro 4.9.** Clasificación General de Köppen para la República Mexicana.

# Climas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

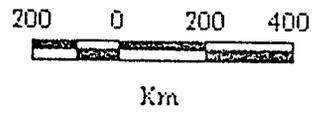
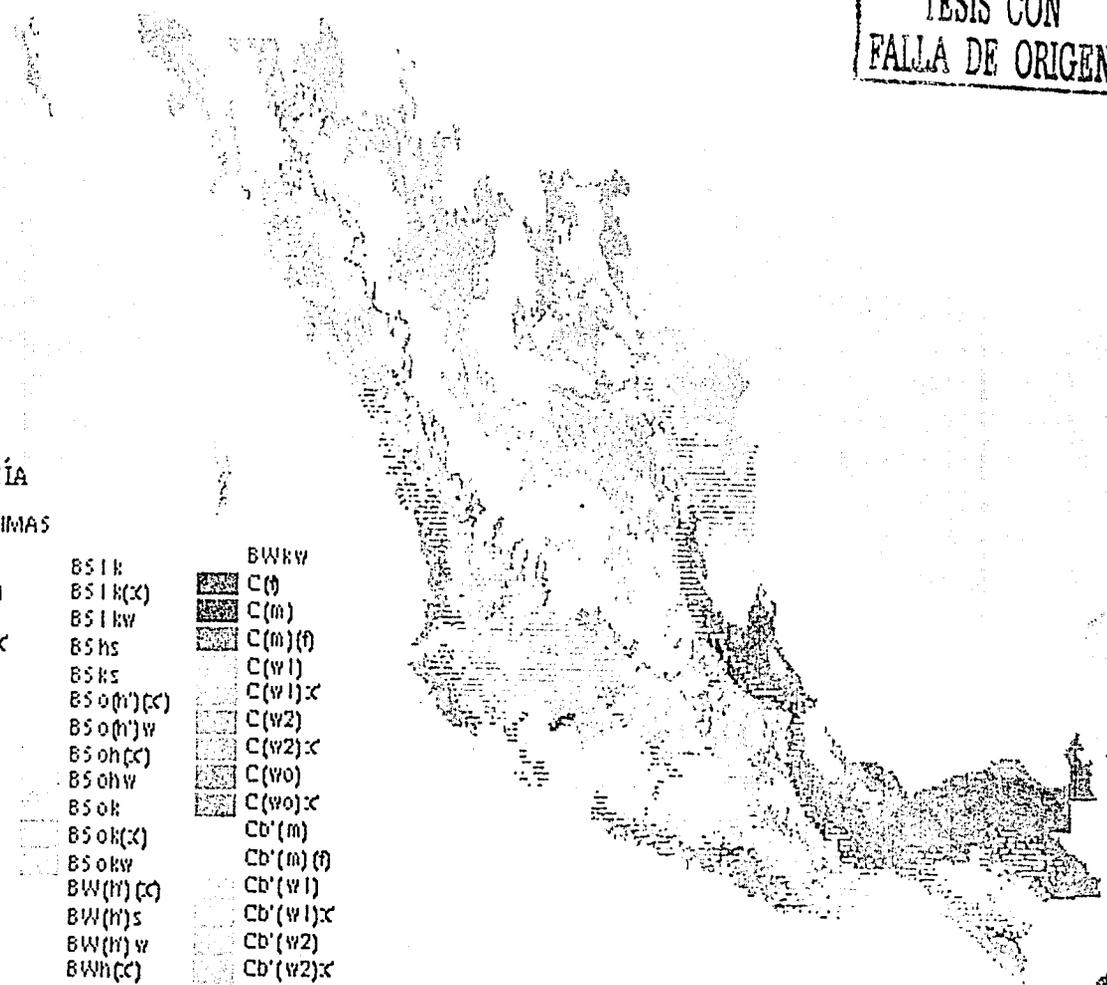
Capítulo 4: "ESTUDIOS DIVERSOS APLICABLES PARA SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO"

## SIMBOLOGÍA

### TIPOS DE CLIMAS

	(A)C(m)	BSIk	BWkw
	(A)C(m) (f)	BSIk(x)	C(f)
	(A)C(w1)	BSIkW	C(m)
	(A)C(w0):x	BShs	C(m)(f)
	(A)C(w2)	BSHs	C(w1)
	(A)C(w0)	BSO(h') (x)	C(w1):x
	(A)Cf	BSO(h')w	C(w2)
	A(f)	BSoh(x)	C(w2):x
	Am	BSohw	C(w0)
	Am (f)	BSok	C(w0):x
	Aw1	BSok(x)	Cb'(m)
	Aw1(x)	BSokw	Cb'(m) (f)
	Aw2	BW(h') (x)	Cb'(w1)
	Aw2(x)	BW(h')s	Cb'(w1):x
	Awo	BW(h')w	Cb'(w2)
	Awo(x)	BWh(x)	Cb'(w2):x
	BSI(h') (x)	BWhs	Cb'(w0)
	BSI(h')w	BWhw	Cb's
	BSIh(x)	BWk(x)	CS
	BSIhw	BWks	E(T)CHw
			EFHW

223



## CAPÍTULO V : PROCESO CONSTRUCTIVO

### ESPECIFICACIONES QUE SE APLICAN A LA SOLUCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO

Para llevar a cabo cualquier trabajo relacionado con la solución de puntos de conflicto que se presentan en las carreteras de México, debemos de contar con una adecuada planeación de las actividades por realizar, de aquí surge la importancia de programar cada uno de los eventos del *proceso constructivo*.

Es importante mencionar que cada una de las actividades que se lleven a cabo durante el proceso constructivo, estén regidas por la normatividad vigente de la *SCT*; además de que deberán realizarse conforme al proyecto, siguiendo los lineamientos establecidos. A continuación se mencionan las normas de los diferentes conceptos que se aplican:

La primera fase del proceso constructivo comprende el **señalamiento y dispositivos para protección en obras**.

El señalamiento y dispositivos para protección en obras, comprende aquellas señales y elementos que se colocan de manera provisional, con el fin de garantizar la preservación e integridad de las personas y las obras, durante la ejecución de trabajos de modernización o reconstrucción de carreteras en operación.

Las señales, dispositivos y materiales que se utilicen en la instalación del señalamiento, así como dispositivos para protección en obras, láminas y estructuras para señalamiento vertical, y la calidad de películas retro-reflejantes, deberán cumplir con las normas de la *SCT* (características de los materiales).

Previo a la instalación del señalamiento y dispositivos para protección en obras, se definirá la localización y disposición de éstos en los lugares establecidos.

Una vez terminado los trabajos se deberán retirar los señalamientos y dispositivos para protección de las obras en cada tramo de carretera, entronque, intersección o desviación.

En la *Figura 5.1*. se muestran algunos de los principales señalamientos que se utilizan:

A continuación se hará mención de los trabajos que se realizan durante el proceso constructivo, y se indica el seguimiento que se debe cumplir con respecto a la calidad de los trabajos y los materiales:

- 1) Las *marcas en el pavimento* son el conjunto de rayas, símbolos y letras, que se pintan o colocan sobre el pavimento, que tienen por objeto delinear las características geométricas de las vialidades con objeto de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información visual o auditiva a los usuarios.

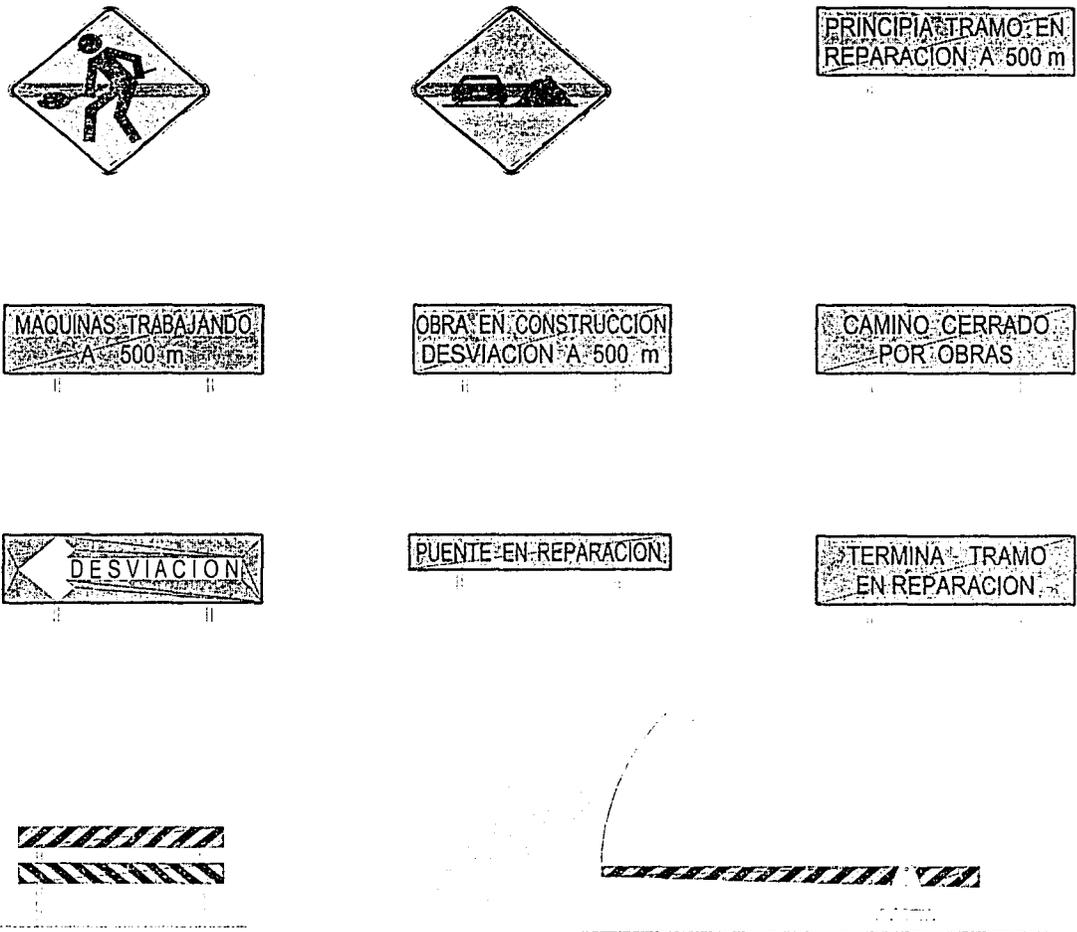


Figura 5.1. Señalamiento utilizado comúnmente, durante el proceso constructivo.

- 2) Las *marcas en guarniciones* son rayas que se pintan sobre las guarniciones adyacentes a las vialidades, con el fin de delinearlas para indicar su presencia y las restricciones de estacionamiento, cubriendo tanto su cara vertical como la horizontal.
- 3) Las *marcas en estructuras y objetos adyacentes* a la superficie de rodamiento, son aquellas que se aplican con el fin de indicar a los conductores la presencia de estructuras u objetos adyacentes a la calzada que constituyan un riesgo para los usuarios.

Las marcas pueden aplicarse con pintura convencional o termoplástica, o bien pueden ser materiales plásticos preformados, unidos a la superficie de pavimento utilizando adhesivos.

### **Limpieza**

Inmediatamente antes de iniciar los trabajos, la superficie sobre la que se aplicarán o colocarán las marcas, se encontrará seca y exenta de materias extrañas, polvo o grasa. Para su limpieza se utilizará agua a presión o una barredora, y se dejará secar; en el caso de superficies de concreto hidráulico, rocas o texturas similares, se utilizarán para su limpieza agua a presión y un cepillo de raíz.

Para eliminar grasa en superficies metálicas, se utilizará un desengrasante con agua caliente aplicado sobre la superficie. No deberán utilizarse solventes.

### **Aplicación de la Pintura**

A las marcas en el pavimento se les aplicará pintura utilizando equipo autopropulsado o manual según el tipo de marca.

Cuando se utilice pintura termoplástica, la temperatura de aplicación será la recomendada por el fabricante, que normalmente es superior a 90°C e inferior a 200°C. La película de pintura que se aplique será del tipo, ancho y espesor que indique el proyecto.

### **Aplicación de Microesferas Retro-reflejantes**

Sobre la película de pintura fresca se colocarán microesferas retro-reflejantes al momento de la aplicación de la pintura; cuando se haga con equipo manual, éstas se incorporarán inmediatamente después de aplicada la pintura. En cualquier caso la dosificación será la adecuada para proporcionar el coeficiente de retro-reflexión mínimo establecido en el proyecto.

#### **4) *Vialetas***

Las *vialetas* son dispositivos que tienen elementos retro-reflejantes, dispuestos de tal forma que al incidir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso. Se colocan sobre la superficie de rodamiento o sobre estructuras, con el fin de incrementar la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

#### **5) *Botones***

Los botones son dispositivos que se utilizan como complemento de las rayas con espaciamiento logarítmico y como vibradores para anunciar la llegada a una caseta de cobro, antes de un cruce a nivel con el ferrocarril, en carreteras secundarias antes de un entronque con otro de mayor importancia o en algún otro sitio como son las curvas peligrosas.



*Figura 5.1. Detalle de vialeta sujeta con pegamento epóxico.*



*Figura 5.2. Detalle de botón rectangular*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Trabajos Previos

Previo a la instalación de *vialetas* o *botones* se indicará su ubicación; para la fijación de éstos, el proyecto indica la utilización de resinas epóxicas de aplicación en frío y secado inmediato. No se permitirá la instalación sobre el pavimento de *vialetas* o *botones* con pernos de anclaje.

## 6) Señales verticales bajas

Las señales verticales bajas son el conjunto de tableros instalados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas o símbolos que tienen por objeto regular el uso de la vialidad, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo a la carretera. Según su finalidad, pueden ser señales preventivas, restrictivas, informativas, turísticas y de servicios, o diversas; según su estructura de soporte, pueden ser fijadas en uno o dos postes, o bien en estructuras existentes.

### Trabajos Previos

Previo a la instalación de las señales, se marcará la localización y disposición de las señales en los lugares establecidos; una vez ubicados los sitios se realizará la excavación para la colocación de la estructura y se instalará de tal manera que los postes de apoyo queden verticales. Así como los tableros de las señales, que se instalarán en las estructuras de soporte de tal manera que queden perpendiculares a la dirección del tránsito.

La estructura de las señales bajas puede instalarse con el tablero de la señal fijo, siempre y cuando no se maltrate dicho tablero durante las maniobras de instalación, los postes de soporte de las señales quedarán ahogados en la excavación, para lo cual se rellenará con el material producto de la excavación y con concreto hidráulico.

## 7) Señales verticales elevadas

Las señales verticales elevadas son el conjunto de tableros instalados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas o símbolos que tienen por objeto indicar los principales destinos y que se colocan con una altura libre mayor o igual a 5.50 m, entre la parte inferior del tablero y el nivel de la calzada de la vialidad.

De acuerdo con su ubicación y estructura de soporte, las señales elevadas se clasifican en:

### Bandera

Cuando las señales se ubican en una orilla de la calzada y se integran por un tablero colocado a un solo lado del poste que las sostiene.

### Bandera doble

Cuando las señales se integran con dos tableros, uno a cada lado del poste que los sostiene, colocado entre las dos calzadas de una bifurcación.

### Puente

Cuando las señales se integran por uno o más tableros ubicados sobre la calzada de la vialidad y colocados en una estructura apoyada en ambos lados de la misma.

## 8) Barreras Centrales

Las barreras centrales son dispositivos de seguridad que se emplean para dividir los carriles de circulación contraria, cuando la corona del camino incluye los dos sentidos de circulación, con el fin de incrementar la seguridad de los usuarios de la carretera, evitando en lo posible que los vehículos invadan los carriles de sentido contrario, encauzando su trayectoria hasta disipar la energía del impacto. Normalmente son de concreto simple, reforzado o metálicas.

### **Barreras Centrales de Concreto Precoladas**

Los módulos precolados se fabricarán con las características, dimensiones y geometría establecida, después estos se colocarán en los sitios previamente trazados, con el alineamiento y nivel establecidos.

### **Barreras de Concreto Coladas en el Lugar**

Las barreras centrales de concreto coladas en el lugar, se construirán de acuerdo con las características, dimensiones y geometría establecida; el sistema de construcción, se realizará utilizando cimbras fijas, deslizantes, a molde perdido o equipos especiales. Inmediatamente después se curarán y colocarán en los sitios establecidos.

### **Barreras Centrales de Defensas Metálicas**

Cuando el proyecto establezca el uso de defensas metálicas como barrera central, éstas se instalarán de acuerdo a proyecto.

### **Malla Anti-deslumbrante**

Cuando el proyecto establezca la colocación de una malla anti-deslumbrante sobre la barrera central de concreto, ésta se instalará según lo indicado en el proyecto.

## 9) Vibradores

Los vibradores, son estructuras de concreto simple, que forman una superficie ondulada, para advertir a los conductores mediante la vibración y el ruido que se produce al cruzarlos, de la llegada a una caseta de cobro, a un cruce a nivel con el ferrocarril, en caminos secundarios antes de entroncar con otra vía de mayor importancia, o en otros sitios donde se requiere disminuir la velocidad para evitar accidentes.

### **Vibradores Precolados**

Los vibradores precolados se fabricarán con las características, dimensiones y geometría establecidas, se colocarán con el alineamiento, nivel y sitio establecido utilizando mortero hidráulico. Estos se nivelarán de tal forma que las crestas tengan el mismo nivel que la superficie de rodamiento.

### **Vibradores Colados en el Lugar**

Los vibradores colados en el lugar se construirán de acuerdo a las características, dimensiones y geometría establecida, se hará por secciones y las juntas de

construcción se ligarán utilizando pegamento epóxico. Las crestas de los vibradores tendrán el mismo nivel que la superficie de rodamiento.

#### 10) Barreras.

Las barreras fijas son tableros horizontales que se montan en postes firmemente hincados o estructuras basculantes, que se colocan con el objeto de prevenir al conductor de un paso controlado de vehículos, de un cierre del camino o de un estrechamiento próximo.

### A) PROCESO CONSTRUCTIVO PARA EL CAMBIO DE TRAZO EN LA CARRETERA MÉXICO-CUAUTLA

#### ALCANCES DEL TRABAJO.

Los trabajos a ejecutar correspondientes a este punto de conflicto, comprenden: la colocación de señalamiento preventivo de obra en proceso, el desmonte del área donde se realizarán las ampliaciones, excavaciones en ampliación de cortes, para mejoramiento de la visibilidad en alturas mayores a los 3.00 m y adicionales debajo de la sub-rasante, y en el caso de que el material sea compactable se compactará el terreno natural de la cama de los cortes al 95 % de su *P.V.S.M.*, en un espesor de 20 cm, inmediatamente después se construirá según proyecto, una capa de sub-base de 20 cm de espesor con material proveniente del banco compactada al 100 % de su *P.V.S.M.*; sobre la sub-base se construirá una capa de base hidráulica de 20 cm de espesor compactada al 100 % de su *P.V.S.M.*, estando limpia y seca la base hidráulica se impregnará con una emulsión de rompimiento rápido a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup>. Posteriormente se aplicará un riego de liga con emulsión de rompimiento rápido a razón de 0.80 lts/m<sup>2</sup>, tendiéndose inmediatamente después una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor compactada al 95 % de su *P.V.S.M.*, finalmente se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 a razón de 1.7 lts/m<sup>2</sup>, aplicándose después un riego de sello con material pétreo 3-A premezclado a razón de 12 lts/m<sup>2</sup> en toda la zona de rodamiento cuidando que dicho material tenga un peso volumétrico superior a los 1100 kg/m<sup>3</sup> proveniente de mantos rocosos mediante trituración total o parcial y cribado, exceptuando mantos calizos, el material 3-A deberá acomodarse con rodillo ligero y neumático. Así mismo, la solución de este punto se reforzará con señalamiento horizontal y vertical.

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- Estudios Topográficos

Dentro de estos estudios, se realiza la localización de los puntos de interés en la nueva curva, de manera semejante a la forma en que se lleva a cabo el trazo original, tomando en cuenta el Punto de Inflexión y las tangentes existentes, para poder determinar la nueva ubicación del PC y el PT, así como el trazo de la nueva curva. Para poder llevar acabo esto, será necesario realizarlo con el equipo topográfico de precisión pertinente. Así mismo será necesario hacer el estudio de los

detalles planimétricos que serán afectados o modificados (construcciones, colindancias, postes y cableados, torres de alta tensión, ductos superficiales y subterráneos, árboles, obras existentes, etc.) y de la altimetría existente, con la finalidad de hacer un proyecto completo del mismo. Adicionalmente, será necesario realizar la verificación del trazo 100.0 m antes y 100 m después de la curva.

La nivelación del eje de trazo se hará con nivel fijo a cada 20.0 m y puntos de interés (estaciones de la curva horizontal y puntos altos y bajos del terreno natural), estableciendo como mínimo dos bancos de nivel con comprobación de ida y vuelta.

- Secciones Transversales

Se levantarán en estaciones cerradas a cada 10.0 m de los puntos clave que se vieron para el trazo y además en donde se inician los cambios del sobreancho y sobre elevación de la curva. Se levantará la sección completa de la carretera, hasta el límite del derecho de vía, en el lado que corresponda construir el nuevo trazo de la curva y la ampliación del corte.

El cálculo del sobreancho debe considerar el tipo de vehículo de proyecto DE-1525 en ambos sentidos de circulación.

El levantamiento de los centro de la sección se hará con tránsito de precisión, definiendo el eje de la curva a una distancia de 30.0 m a cada lado del eje del camino, con trompos a cada 10.0 m adicionando estación y esviaje.

La nivelación del eje de la obra se efectuará con nivel fijo con comprobación, apoyándose en las estaciones cercanas anterior y posterior al punto trabajado, el registro deberá llevar croquis de la alcantarilla existente, debidamente acotada en todas sus dimensiones y tipo de materiales de que están constituidas.

Los estudios de impacto ambiental se formularán de acuerdo con las modalidades establecidas por la *Dirección General de Normatividad Ambiental del Instituto Nacional de Ecología* de la *Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca*.

- Terracerías

En las zonas de terraplén, para formar el área de desplante de las terracerías, se despalmará el terreno natural de espesor promedio de 15 cm y se compactará. El cuerpo del terraplén se construirá mediante capas no mayores a 30 cm de espesor compacto empleando material procedente del banco hasta el nivel de la sub-rasante.

En la zona de cortes se abrirá caja hasta un nivel inferior de la capa sub-rasante o hasta encontrar terreno natural completamente sano. Así, la superficie descubierta deberá escarificarse en un espesor de 15 cm y deberá compactarse al 95 % de su P.V.S.M., determinado en laboratorio con la prueba *AASHTO estándar*.

Si en la superficie descubierta resultaran zonas inestables, se abrirá caja hasta una profundidad de 60 cm eliminando el material extraído y sustituirlo con material procedente del banco, el cual será colocado en capas no mayores a 30 cm con espesores compactados al 95 % de su *P.V.S.M.*, determinado en laboratorio con la prueba *AASHTO estándar*.

- Sub-rasante

La capa sub-rasante es la superficie de terreno natural a la cual le agregamos la sub-base, base y pavimento para obtener la rasante del camino, tanto en corte como en terraplén; en los casos que se requiera, sobre las terracerías niveladas y compactadas, se construirá dicha capa con material procedente del banco de un espesor comúnmente de 30 cm compactos al 95 % de su *P.V.S.M.*, determinado en laboratorio con la prueba *AASHTO estándar*, además está formado por suelos seleccionados para soportar las cargas que le transmite el pavimento. El material empleado en esta capa deberá estar exento de partículas mayores a 75 mm (3").

- Sub-base Hidráulica

Sobre la sub-rasante terminada se colocará una capa de sub-base hidráulica de 30 cm. de espesor compacto con material sometido a trituración total y cribado a tamaño máximo de 19 mm (3/4") procedente del banco propuesto, el cual se compactará al 100 % de su *P.V.S.M.* determinado con la prueba Porter Estándar.

El acabado de la capa será sensiblemente plano y no se deberán permitir deformaciones que produzcan flechas mayores a 1.5 cm cuando se verifique la superficie con una regla de 3 m.

- Base Hidráulica

Una vez terminada la sub-base, se colocará una capa de base hidráulica de 30 cm de espesor compacto con material sometido a trituración total y cribada a tamaño máximo de 19 mm (3/4") procedente del banco propuesto, el cual se compactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo determinado con la prueba Porter Estándar.

El acabado de la capa será sensiblemente plano y no se deberán permitir deformaciones que produzcan flechas mayores a 1.5 cm cuando se verifique la superficie con una regla de 3 m.

- Riego de Impregnación

El riego de impregnación tiene por objeto aplicar un asfalto rebajado a la base terminada, para impermeabilizarla y formar una transición entre ella y las mezclas asfálticas.

Una vez recibida la base e inmediatamente antes del riego, deberá barrerse perfectamente, dejándola libre de impurezas y material suelto posteriormente se

aplicará un riego de emulsión asfáltica de rompimiento rápido mediante petrolizadora, debiendo tener un dispositivo adecuado que permita aplicar el riego en la cantidad especificada de 1.5 lts/m<sup>2</sup> y a una temperatura de 90°C, debiendo reposar cuando menos dos días, con objeto de que se logre una penetración aceptable de entre 4 y 6 mm mínimo, y que el asfáltico haya perdido la totalidad de los solventes.

- Riego de Liga.

El riego de liga tiene por objeto unir perfectamente la base con la mezcla asfáltica mediante la aplicación de emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.8 lts/m<sup>2</sup> y a la temperatura de 90°C dejándose reposar dos horas cuando menos para que pierda parte de sus solventes.

No es conveniente que este riego esté expuesto más de 10 horas sin tender la mezcla asfáltica, ya que puede adquirir impurezas, tales como polvo, agua o materias extrañas. Si por causas de fuerza mayor, dicho lapso de exposición del riego fuese mayor, se repetirá la aplicación a razón de 0.2 lts/m<sup>2</sup>.

- Carpeta de Concreto Asfáltico.

Una vez que el producto asfáltico de liga tenga la consistencia conveniente, en todo el ancho de la superficie de rodamiento, se procede a realizar el "manteo" con la mezcla asfáltica a efecto de proteger la superficie impregnada, del rodaje de los transportes del material y de la máquina pavimentadora (finisher), capaz de esparcir y precompactar la capa que se tienda, con el ancho, sección y espesor establecido, proporcionando una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones. De esta manera, trabajando por franjas, se construirá la carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor compactada al 95 % de su P.V.S.M. determinado en el laboratorio con el Método Marshall. Los equipos de compactación serán autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el materiales adhiera a los rodillos. En este sentido, pueden ser de 3 rodillos metálicos en dos ejes, o de 2 ó 3 rodillos en tandem, con diámetro mínimo de 1.0 m, en todos los casos. El concreto asfáltico deberá elaborarse utilizando cemento asfáltico AC-20 y material pétreo de tamaño máximo 19 mm (3/4") procedente del banco propuesto. La dosificación aproximada del cemento asfáltico AC-20 será de 100 kg/m<sup>3</sup> de material pétreo seco suelto.

- Riego de Sello

El riego de sello es un tratamiento superficial simple a base de un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 a razón de 1.7 lts/m<sup>2</sup>, sobre el cual se coloca agregado pétreo del Tipo 3-A premezclado a razón de 12 lts/m<sup>2</sup> en toda la zona de rodamiento, cuidando que dicho material tenga un peso volumétrico superior a los 1100 kg/m<sup>3</sup> proveniente de mantos rocosos mediante trituración total o parcial y cribado. El material 3-A deberá acomodarse con rodillo ligero y neumático; el objetivo es alargar la vida útil de los pavimentos con carpeta asfáltica cuando los

deterioros son leves y superficiales, así mismo proporciona una superficie de rodamiento antiderrapante e impermeable.

- Pintado de Rayas Separadoras, en Orillas de Calzada y Raya Logarítmica

Antes de iniciar los trabajos, se debe preparar la superficie sobre la que se aplicarán o colocarán las marcas, la cual estará seca y exenta de materias extrañas, polvo o grasa. Para su limpieza se utilizará agua a presión o una barredora. Se indicará su ubicación mediante un premarcado sobre el pavimento en los lugares señalados en el proyecto, previo a su aplicación o colocación se delinearán sus contornos para que cumplan con las dimensiones, ubicación y características establecidas.

- Viales

Se utilizará una resina epóxica como adhesivo, ésta se colocará en la parte inferior de la vialeta o botón, ya sea en su superficie o en las ranuras, en la cantidad suficiente para cumplir con las características de adherencia.

Se fijará la vialeta o botón presionando firmemente la pieza en su sitio sobre el punto premarcado. La(s) superficie(s) retro-reflejante(s) de la vialeta se orientará(n) de tal forma que al incidir en ellos la luz proveniente de los faros de los vehículos se refleje hacia los ojos del conductor en forma de un haz luminoso y además incrementa la visibilidad de las marcas durante la noche y en condiciones climáticas adversas.

- Señalamiento Vertical

Previo a la instalación de las señales, se marcará la localización y disposición de las señales en los lugares establecidos, una vez ubicados los sitios se realizará la excavación para la colocación de la estructura de tal manera que los postes de apoyo queden verticales y ahogados en la excavación que se rellenará con material producto de la excavación y con concreto hidráulico.

Para el control de las especificaciones, durante el proceso de constructivo de la sub-rasante, sub-base, base y pavimento, las pruebas de laboratorio más comúnmente aplicadas son las siguientes:

### **PRÓCTOR ESTÁNDAR. (AASHTO ESTÁNDAR)**

Esta prueba de compactación dinámica para suelos finos es aplicable para todos aquellos suelos cuyas partículas pasen totalmente la malla No. 4 (4.76 mm), con un 10 % máximo de retenido en ésta malla pero pasando totalmente la malla de 3/8" (9.52 mm) y que además están dotados de cementación, es decir suelos arcillosos (con cohesión).

La prueba en esencia consiste en la determinación en laboratorio del peso volumétrico máximo que puede alcanzar el material de que se trate, así como la humedad óptima a que deberá obtenerse la máxima compactación. Estos parámetros se comparan con los que se obtienen de la muestra tomada en el sitio de

la obra para determinar el grado de compactación. Que esta en función de la humedad y peso volumétrico alcanzado en el material obtenido de la muestra de campo.

El proceso de esta prueba es el siguiente: se toma una muestra (in situ) para preparar varios especímenes, que tendrán diferentes cantidades de humedad y se compactarán con golpes dinámicos de igual forma, que reproducen la compactación que se obtiene de los equipos de rodillo vibratorio o pata de cabra. Ya que estos obtienen la compactación de abajo hacia arriba como se hace en la Prueba Próctor.

De la muestra se toma una porción y se adiciona una cantidad de agua menor a la humedad óptima para formar cada una de las tres capas que sucesivamente se compactan con un pisón de 5½ lb de diámetro a una altura de 30.5 cm, treinta veces por capa en un cilindro de aproximadamente 4.6" de altura y 4" de diámetro. Una vez compactado el espécimen se determina su peso con todo y tara se toma una muestra del corazón de esta primera prueba para determinar su contenido de humedad por secado al horno, posteriormente se disgrega el material compactado y se le agregan 60 cm<sup>3</sup> de agua y se repite el mismo proceso tantas veces que sea necesario. Hasta observar una disminución en el peso húmedo. Así mismo con los dato de pesos volumétricos secos y contenidos de humedad obtenidos de dibuja la grafica Próctor.

#### PRÓCTOR MODIFICADA. (AASHTO MODIFICADA)

Es una prueba igual a la anterior, que ha sufrido modificaciones debido a que los equipos de compactación en general han aumentado de peso y tamaño, y por lo tanto tienen mayor poder de compactación, llegándose a tener las siguientes variantes:

<i>Prueba Próctor</i>		
<b>Tipo</b>	<b>Estándar</b>	<b>Modificada</b>
MOLDE (CILINDRO)	ALT = 11.7 CM DIAM. =10.16 CM	ALT = 12.7 CM DIAM. =10.16 CM
PISÓN BASE	PESO = 2.5 KG DIAM 5.1 CM	PESO = 4.55 KG DIAM 5.1 CM
CAÍDA PISON	ALT. = 30 CM	ALT = 45.7 CM
CAPAS	NUM. 3	NUM. 5

**Cuadro 5.1.** Comparativa de parámetros entre al Prueba Próctor Estándar y la Modificada.

## PRUEBA PÓRTER ESTÁNDAR.

Esta prueba de compactación por carga estática, es aplicable a todos los suelos gruesos que pasen totalmente la malla de 1" (25.4 mm): deberá efectuarse también en los suelos finos en caso de que la prueba de compactación (dinámica) Próctor, no pueda verificarse, es decir, en las arenas de río o de mina y materiales finos cuyo índice plástico sea menor de 6, así como materiales fragmentados producto de trituración, tezontles arenosos y en general todos los materiales carentes de cementación o arcilla (sin cohesión).

En el laboratorio se trata de representar la compactación de los rodillos lisos o neumáticos, es decir, compactación que va de la superficie hacia abajo.

El procedimiento para esta prueba es la siguiente

1. Se toman 16 kg de material el cual se seca y después se disgrega perfectamente, se cuartea y se toman 4 kg, se le pone una cantidad de agua la cual se registra, una vez la muestra con agua se revuelve y se amasa perfectamente para lograr una masa homogénea.
2. Se coloca el material dentro del molde en 3 capas, compactando cada una con 25 piquetes, con la varilla punta de bala para lograr el mejor acomodo del material.
3. Se lleva a la prensa de 30 ton y se aplica gradualmente una carga en un lapso de 5 minutos, hasta llegar a producir una presión de  $140.6 \text{ kg/cm}^2$ , manteniéndola así cargada durante un minuto y procediendo a descargarla durante otro minuto.
4. Este proceso se repite con otros 4 kg de material poniéndole la misma cantidad de agua anterior mas  $80 \text{ cm}^3$  de agua. Y se repiten los pasos 2o. y 3o. Aumentando cada vez  $80 \text{ cm}^3$  de agua, tantas veces hasta observar que la base del molde se humedece bajo la presión de  $140.6 \text{ kg/cm}^2$  en la prensa.
5. En este momento, el suelo que está en el molde tiene un poco pasada la humedad óptima y por lo tanto se desecha esta cantidad de agua que se agregó y tomamos la cantidad de agua anteriormente usada, la cual es la que nos proporciona la humedad óptima, y la muestra se seca para obtener peso volumétrico seco máximo.

## B) PROCESO CONSTRUCTIVO PARA EL MEJORAMIENTO DE ENTRONQUE COATETELCO

### ALCANCES DEL TRABAJO.

Los trabajos a ejecutar, objeto del mejoramiento de entronque, comprenden la construcción de terracerías, obras de drenaje y pavimentación consistentes en: despalmes para desplante de terraplenes, excavación en cortes y adicionales abajo

de la sub-rasante y en el caso de que el material sea compactable se compactará el terreno natural de la cama de los cortes y en el desplante de los terraplenes ambos al 95 % de su P.V.S.M. en un espesor de 20 cm, terraplenes y adicionados con sus cuñas de sobre ancho compactados al 95 % de su P.V.S.M., inmediatamente después se construirá según proyecto, una capa de sub-base hidráulica de 20 cm de espesor con material proveniente del banco, compactada al 100 % de su P.V.S.M. sobre la sub-base se construirá una capa de base hidráulica de 20 cm de espesor compactada al 100 % de su P.V.S.M., con material pétreo de banco, estando limpia y seca la base hidráulica se impregnará con una disolución de emulsión de rompimiento lento-agua en proporción 50 % de emulsión y 50 % de agua a razón de 3.0 lts/m<sup>2</sup>, estando limpia y seca la base impregnada, se aplicará un riego de liga con emulsión de rompimiento rápido a razón de 0.80 lts/m<sup>2</sup> tendiéndose inmediatamente después una carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor compactada al 95 % de su P.V.S.M., finalmente se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup>, aplicándose inmediatamente después un riego de sello con material pétreo 3-A premezclado en toda la zona de rodamiento cuidando que dicho material tenga un peso volumétrico superior a los 1100 kg/m<sup>3</sup>, proveniente de mantos rocosos mediante trituración total o parcial y cribado, exceptuando mantos calizos, el material 3-A deberá acomodarse con rodillo ligero y neumático.

Con objeto de no interrumpir la circulación de vehículos en el sub-tramo de ataque, se deberá trabajar por franjas en forma alternada, durante todo el tiempo que duren los trabajos, instalando el señalamiento de protección de obra, las cuales deben cumplir con las condiciones mínimas señaladas al principio de este capítulo.

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- Obras de Drenaje.

En forma anticipada a la ejecución de las obras para la ampliación de las laterales de los carriles de frenado y aceleración, se reconstruirán y/o construirán los elementos de las obras de drenaje menor que se indiquen en el proyecto.

En los tramos de corte, las cunetas se revestirán mediante un zampeado de concreto hidráulico simple de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

Al final de la obra se reconstruirán y desazolvarán las obras de drenaje menor que indique el proyecto.

- Terracerías

En las zonas de terraplén, para formar el área de desplante de las terracerías, se despalmará el terreno natural en espesor promedio de 15 cm. La superficie descubierta se tratará de la manera anteriormente descrita y el cuerpo del terraplén se construirá mediante capas no mayores de 30 cm de espesor compacto empleando material procedente del banco.

En la zona de cortes se abrirá caja hasta el nivel inferior de la capa sub-rasante, la superficie descubierta deberá escarificarse en un espesor de 15 cm y deberá compactarse al 95 % mínimo de su P.V.S.M. determinado en laboratorio con la prueba AASHTO estándar.

Si en la superficie descubierta resultarán zonas inestables, se abrirá caja hasta una profundidad de 60 cm eliminando el material extraído y sustituyéndolo con material procedente del banco propuesto, el cual será colocado en capas no mayores a 30 cm de espesor compactados al 95 % de su P.V.S.M., determinado en laboratorio.

- Sub-rasante

En los casos que se requiera, sobre las terracerías niveladas y compactadas se construirá la capa sub-rasante con material procedente del banco propuesto con un espesor mínimo de 30 cm compactos al 95 % de su P.V.S.M. determinado en laboratorio con la prueba AASHTO estándar; el material empleado en esta capa deberá estar exento de partículas mayores a 75 mm (3").

- Sub-base Hidráulica

Sobre la sub-rasante terminada se colocará una capa de sub-base hidráulica de 20 cm de espesor compacto con material sometido a trituración total y cribado a tamaño máximo de 37.5 mm (1 1/2") procedente del banco propuesto, el cual se compactará al 100 % de su P.V.S.M. determinado con la prueba Porter Estándar.

El acabado de la capa será sensiblemente plano y no se deberán permitir deformaciones que produzcan flechas mayores a 1.5 cm cuando se verifique la superficie con una regla de 3 m.

- Base Hidráulica

Una vez terminada la sub-base, se colocará una capa de base hidráulica de 20 cm de espesor compacto con material sometido a trituración total y cribado a tamaño máximo de 37.5 mm (1 1/2") procedente del banco propuesto, el cual se compactará al 100 % de su peso volumétrico seco máximo determinado con la prueba Porter Estándar.

El acabado de la capa será sensiblemente plano y no se deberán permitir deformaciones que produzcan flechas mayores a 1.5 cm cuando se verifique la superficie con una regla de 3 m.

- Riego de Impregnación

La base hidráulica terminada deberá ser barrida previamente y estar superficialmente seca para aplicar un riego de impregnación con una disolución de emulsión catiónica de rompimiento lento en proporción 50 % agua y 50 % emulsión a razón de 3.0 lts/m<sup>2</sup>, dejándose reposar para que el producto penetre de 4 a 6 mm en la capa y no existan excesos o encharcamientos en la superficie.

- Carpeta de Concreto Asfáltico

Sobre todo el ancho de la ampliación, se procederá a dar un barrido con objeto de eliminar el polvo y materias extrañas, posteriormente se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido a razón de 0.8 lts/m<sup>2</sup> garantizando que dicha proporción asegure que la liga se lleve a efecto entre la base y la carpeta de concreto asfáltico.

Una vez que el producto asfáltico de liga tenga la consistencia conveniente, en todo el ancho de la superficie de rodamiento se trabajará por franjas para construir la carpeta de concreto asfáltico de 10 cm de espesor compactada al 95 % del peso volumétrico máximo, determinado en el laboratorio con el Método Marshall. El concreto asfáltico deberá elaborarse utilizando cemento asfáltico AC-20 y material pétreo de tamaño máximo 19 mm (3/4") procedente del banco propuesto. La dosificación aproximada del cemento asfáltico AC-20 será de 100 kg/m<sup>3</sup> de material pétreo seco suelto.

- Pintado de Rayas Separadoras y Colocación de Vialetas

Antes de iniciar los trabajos se debe preparar la superficie, la cual estará seca y exenta de materias extrañas. Después se ubicará mediante un premarcado sobre el pavimento en los lugares señalados en el proyecto los puntos de referencia, con la ayuda de equipo topográfico y un hilo guía.

En el caso de símbolos o letras, previo a su aplicación o colocación, se delinearán sus contornos para que cumplan con las dimensiones, ubicación y características establecidas en el proyecto.

- Vialetas

Se utilizará una resina epóxica como adhesivo, ésta se colocará en la parte inferior de la vialeta o botón, ya sea en su superficie o en las ranuras, en la cantidad suficiente para cumplir con las características de adherencia establecidas. La vialeta o botón se fijarán presionando firmemente la pieza en su sitio sobre el punto premarcado. La(s) superficie(s) retrorreflejante(s) de la vialeta se orientará(n) conforme a lo establecido en el proyecto.

- Señalamiento Vertical

Previo a la instalación de las señales se marcará la localización y disposición donde se instalarán; se realizará la excavación para la colocación de la estructura y se colocará de tal manera que los postes de apoyo queden verticales y perpendiculares a la dirección del tránsito. Dichos postes quedarán ahogados en la excavación, que se rellenará con material producto de la excavación y concreto hidráulico.

## C) PROCESO CONSTRUCTIVO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SEÑALAMIENTO EN LA CARRETERA MÉXICO-TOLUCA

### ALCANCES DEL TRABAJO.

Dentro de los trabajos que se llevarán a cabo para la resolución de este punto de conflicto, la solución implica maniobras para la aplicación de un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup>, aplicándose inmediatamente después un riego de sello con material pétreo 3-A premezclado en toda la zona de rodamiento cuidando que dicho material tenga un peso volumétrico superior a los 1 100 kg/m<sup>3</sup>, proveniente de mantos rocosos mediante trituración total o parcial y cribado, exceptuando mantos calizos, el material 3-A deberá acomodarse con rodillo ligero y neumático, esta solución se complementa con los señalamientos horizontales y verticales propuestos.

Se deberá considerar que, durante la ejecución de los trabajos, es importante cerrar el paso al tránsito en el carril contiguo a la zona donde se realizarán los trabajos y dar paso al tránsito en lapsos de tiempo que no rebasen los 10 minutos, además es necesario considerar todo lo relativo para la construcción, colocación, movimientos del señalamiento preventivo de obra, incluyendo iluminación, señales de destello y torretas que se usen por la noche en caso de ser necesario.

- Riego de Sello

El riego de sello es un tratamiento superficial simple a base de un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido tipo ER-C2 a razón de 1.7 lts/m<sup>2</sup>, sobre el cual se coloca agregado pétreo del Tipo 3-A premezclado a razón de 12 lts/m<sup>2</sup> en toda la zona de rodamiento, cuidando que dicho material tenga un peso volumétrico superior a los 1100 kg/m<sup>3</sup> proveniente de mantos rocosos mediante trituración total o parcial y cribado. El material 3-A deberá acomodarse con rodillo ligero y neumático; el objetivo es alargar la vida útil de los pavimentos con carpeta asfáltica cuando los deterioros son leves y superficiales, así mismo proporciona una superficie de rodamiento antiderrapante e impermeable.

- Pintado de Rayas Separadoras y Colocación de Viales

Para los trabajos se debe preparar la superficie sobre la que se aplicarán o colocarán las marcas, la cual estará seca y exenta de materias extrañas. Se indicará su ubicación mediante un premarcado sobre el pavimento en los lugares señalados en el proyecto, marcando puntos de referencia, con la ayuda de equipo topográfico y un hilo guía (comúnmente conocido como "reventón").

Las marcas en el pavimento se aplicarán conforme a las dimensiones, características y colores establecidos, sobre los puntos premarcados o dentro de los contornos delineados.

- **Violetas y Botones**

Se utilizará una resina epóxica como adhesivo, ésta se colocará en la parte inferior de la vialeta o botón, ya sea en su superficie o en las ranuras, en la cantidad suficiente para cumplir con las características de adherencia establecidas en el proyecto.

Se fijará la vialeta o botón presionando firmemente la pieza en su sitio sobre el punto premarcado. La(s) superficie(s) retrorreflejante(s) de la vialeta se orientará(n) conforme a lo establecido.

El tiempo de secado se determinará en obra, considerando las recomendaciones del fabricante y las condiciones ambientales en el sitio de los trabajos; sin embargo, no se permitirá el tránsito sobre las vialetas o botones antes de una hora.

- **Señalamiento Vertical**

Primero se marcará la localización y disposición de las señales en los lugares establecidos, después se realizará la excavación para la colocación de la estructura de tal manera que los postes de apoyo queden verticales y perpendiculares a la dirección del tránsito. Éstos quedarán ahogados en la excavación que se rellenará con material producto de la misma y concreto hidráulico.

## **D) PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA REALIZACIÓN DE UN PUENTE PEATONAL EN LA CARRETERA MÉXICO-CUERNAVACA**

### **ALCANCES DEL TRABAJO.**

Los trabajos a ejecutar comprenden: el trazo para determinar el lugar donde se harán las excavaciones para cimentar el puente, preparación de la superficie, armado y cimbrado de cimientos, elaboración de zapatas y armado y montaje de la superestructura del puente, escaleras y barandales, finalmente se colocará el señalamiento vertical propuesto.

Se deberá considerar que durante la ejecución de los trabajos convendrá cerrar el paso al tránsito en el momento de montar la superestructura, para evitar accidentes. También, se realizarán los trabajos de desvío del tránsito y todo lo necesario para la construcción, colocación y movimientos del señalamiento preventivo de obra.

### **PROCESO CONSTRUCTIVO**

#### **Excavación**

Una vez ubicados los sitios de desplante se hará el trazo de ellos, inmediatamente después se realizarán los trabajos de excavación hasta el nivel de desplante, además se colocará una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor y resistencia de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ .

### **Armado, cimbrado y colado de zapatas**

Posteriormente se procede al armado de las zapatas conforme a lo establecido en el proyecto, tanto en dimensiones, materiales y características de cargas que soportará la estructura; finalmente se pondrá la cimbra y se vaciará el concreto para el colado de las zapatas. Dejando las preparaciones necesarias para recibir las columnas precoladas.

### **Montaje y colocación de estructura (trabes y columnas)**

Se procede a la colocación de las trabes y columnas precoladas, las cuales se deben prefabricar conforme a lo establecido en el proyecto, tanto en dimensiones, materiales y características de cargas que soportará la estructura.

### **Fabricación y colocación de escaleras y barandales**

Se procede a la fabricación y montaje de escaleras y barandales conforme a lo establecido en el proyecto.

- Señalamiento Vertical

Las señales verticales se ubicarán, una vez marcada su localización y disposición en los lugares establecidos en el proyecto.

### **Excavación**

Una vez ubicados los sitios donde se instalarán las señales, se realizarán las excavaciones para su colocación, de tal manera que los postes de apoyo queden verticales y perpendiculares a la dirección del tránsito. Los postes deberán quedar ahogados en la excavación que se rellenará con una mezcla conformada por material producto de dicha excavación y concreto hidráulico.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Como hemos mencionado en el pasado nuestras carreteras fueron diseñadas para vehículos de los años 40 a los 60. Lo cual ha causado que con los vehículos actuales, que tienen mayor potencia, por lo tanto son más veloces y pueden transportar mayor carga, con dimensiones mayores de los tractores, traen aparejada la generación de **puntos de conflicto**.

Por ejemplo en el *Sistema Nacional de Carreteras en el Sistema Principal de "Ejes Troncales"*, un eje en sus diferentes tramos no tiene el mismo tipo de clasificación ya que, por ejemplo, una carretera Tipo "A" se une con una Tipo "B", o hasta con una "C". Por esta razón, el gobierno estableció un programa de modernización carretero que ha causado indirectamente que se resuelvan algunos puntos de conflicto. Podríamos mencionar que actualmente hay carreteras en el sistema troncal que tienen una clasificación ET4 y ET2 que significa que puede transitar por ellas todo tipo de vehículo y carga según la aprobación del reglamento de SCT, es decir que pueden circular tractocamiones T3-S2-R4, que significa que tienen 9 ejes, una longitud total de 31.0 m y con capacidad de carga de 81.50 ton, con suspensión hidráulica y doblemente articulado, que necesita un sobre ancho en las curvas para poder circular y no causar accidentes.

El estudio de puntos de conflicto en la República Mexicana ha sido utilizado para priorizar los trabajos que mejoren la seguridad en las carreteras; los procedimientos de estudio, análisis y solución desarrollados por la SCT han mejorado la capacidad para determinar y decidir la solución más adecuada, pues cuenta con ingenieros con mucha experiencia y actualizados en *Ingeniería de Tránsito*, los cuales dan las soluciones en muy breve tiempo ya que por su experiencia sólo se hacen los estudios más necesarios para dar con la solución mas adecuada.

Debido a que del 70 % al 90 % de los accidentes se deben a errores humanos, no se podrá avanzar hasta que se concientice a los conductores, o en su caso, se incluyan elementos normativos y de vigilancia policiaca que logre el respeto de las restricciones y prohibiciones que se señalan en las carreteras de México, el uso de radares en lugares no definidos que, en caso de violar las normas, sea detectado y se sancionen a los responsables, lo que mejoraría el índice de seguridad.

España, por ejemplo, que cuenta con un sistema carretero privado, ha logrado aumentar la seguridad de las carreteras con el uso de radares en lugares sin aviso, que efectivamente permiten sancionar a los conductores que no respetan las restricciones de los caminos.

Por otro lado el vehículo automotor, como segundo elemento que participa en los accidentes, nos lleva a la conclusión de que es necesario mejorar sus condiciones de mantenimiento mecánico, en especial en los vehículos de carga, los cuales tienen bastantes deficiencias lo que a su vez motiva muchos accidentes, en especial deslizamientos sobre la carpeta, volcaduras por mal estado de la suspensión y colisiones por fallas en el sistema de frenos.

Respecto a las características de las carreteras, es necesario el mantenimiento de la carpeta, un mejor señalamiento en zonas peligrosas, el manejo de más elementos de

señalización sobre la superficie de rodamiento, que haga evidente la cercanía de un lugar peligroso, así como mas señalamiento vertical (preventivo, restrictivo, de destino, información e inclusive de obra cuando se trabaja en procesos de construcción).

Quisiéramos hacer notar que en el caso del señalamiento restrictivo de límite de velocidad, se debería indicar la velocidad máxima verdadera a la que se puede circular y no, como actualmente, que al encontrarnos con una curva cuya señalización marca una velocidad máxima de 50 km/hr, se puede tomar a 90 km/hr perfectamente. Motivando con ello que cuando se ven las señales no se les haga caso, por considerar que esta demasiado exagerada la limitación. Y cuando es real la limitación no se toma en cuenta y motiva los accidentes.

Existen puntos de conflicto que son consecuencia de errores de proyecto, por ejemplo cuando el grado de curvatura es mayor del especificado para las velocidades de proyecto propuestas; en México, por la topografía accidentada, no existen carreteras con velocidades permitidas mayores de 110 km/h aun cuando son rebasadas ampliamente por conductores que suponen que los automóviles con las mejoras tecnológicas del vehículo no fallan en el momento de peligro.

En otras ocasiones, la falta de mantenimiento de las carreteras, en especial en curvas, pendientes pronunciadas y señalización en los cruceros, provoca accidentes continuos.

Los errores en la construcción por la falta de supervisión originan puntos de conflicto, por ejemplo en carreteras que no se les da la debida sobreelevación.

En el presente trabajo se ofrecieron cuatro casos de estudios en puntos de conflicto que mejoraron las condiciones de operación de la carretera y disminuyeron el número de accidentes.

**En el caso del cambio de trazo.** Este punto de conflicto tiene como causa principal, que la carretera se diseñó con un grado de curvatura para una carretera del Tipo "C" y actualmente se encuentra funcionando como Tipo "B". Es decir el grado de curvatura era correcto, pero para una Tipo "B" es demasiado alto, por lo que resulta inadecuada y propicia los accidentes.

**En el caso del mejoramiento del entronque.** Se observa que la carretera Cuernavaca – Iguala, en el tramo Alpuyecapuente de Ixtla, fue la que primero existió y que, posteriormente, surgió la conexión a Coatetelco; nuevamente por los requerimientos de esos tiempos, no se vió la necesidad de integrarle los carriles de espera y de aceleración, siendo que actualmente resultan necesarios para evitar accidentes.

**En el caso de la señalización.** Como se mencionó anteriormente, es una carretera con diseño antiguo para las nuevas características y necesidades de los vehículos. En este caso se presentan dos curvas cercanas, una de ellas tiene un grado de curvatura grande. La solución más adecuada sería un cambio de trazo del tramo, pero resultaría muy cara y quizás se requeriría de la construcción de un puente, pero esta solución es mínima para la problemática de esta carretera, ya que con este cambio no podríamos cambiar su clasificación a una mejor. Además, ya existe una carretera de cuota para unir estas dos entidades.

**En el caso de la construcción del puente peatonal.** Éste fue necesario, no por el diseño de la carretera, si no por el crecimiento de la mancha urbana, ya que la carretera divide un poblado. Cuernavaca ha ido creciendo tanto que está alcanzando los pueblos cercanos, mismos que se están convirtiendo en zonas urbanas, por lo que hay que dotarlas de obras de protección para el peatón.

**El análisis y estadística de accidentes,** la SCT ha establecido sistemas que están funcionando para la determinación de los puntos de conflicto, sus causas y las condiciones en que suceden, y también la forma de jerarquizar dichos puntos de conflicto para planear su corrección: Pero notamos que esta planeación, no sigue lo establecido por los **números ordenadores** generados por la propia SCT. Un ejemplo de ello es que este año se pidió que cada entidad atacara 7 puntos de conflicto, y de éstos también se solicitó que 6 no demandaran una erogación mayor de \$500 000; y el restante podría rebasarlos. Esto significa que el presupuesto para esta partida se dividió por igual entre todas las entidades, haciendo caso omiso de la jerarquización de los puntos de conflicto.

Para concluir, insistimos en que para que mejore la seguridad en el *Sistema Carretero Mexicano* es indispensable:

- Dar una mejor educación vial a los operadores del volante;
- Modernización del Sistema Carretero;
- Adecuada Legislación y Vigilancia;
- Un verdadero programa de verificación del estado mecánico de los vehículos.

Condiciones que permitirán una mejor operación del sistema vial carretero.

- o **PROYECTO DE ENTRONQUE COATETELCO**  
*Residencia General de Conservación Carreteras*  
**CENTRO SCT DE MORELOS**
  
- o **PROYECTO DE SEÑALIZACIÓN MÉXICO TOLUCA Km 27+000 AL Km 28+000**  
*Residencia General de Conservación Carreteras*  
**CENTRO SCT. DE EDO DE MÉXICO**
  
- o **REGLAMENTO SOBRE EL PESO, DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS DE AUTOTRANSPORTE QUE TRANSITAN POR LOS CAMINOS DE JURISDICCIÓN FEDERAL.**  
*S.C.T. Edición 1997*
  
- o **SITIOS PROPUESTOS EN EL AÑO 2001, 1998, 1997**  
*Programa de Atención a Puntos de Conflicto SCT*
  
- o **TOPOGRAFÍA GENERAL**  
*Ing. Sabro Higashida Miyahara, 1973.*
  
- o *<http://www.conabio.gob.mx/>*  
*CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad)*  
*México.*
  
- o *<http://www.seguridad-vial.com/instituciones/inforvial.htm>*  
*Lucas Facello*  
*Uruguay*

## BIBLIOGRAFÍA

- o **ATENCIÓN A PUNTOS DE CONFLICTO**  
*Alberto Vaca Rodríguez SUBDIRECTOR DE NORMATIVIDAD.*  
SCT.
- o **INGENIERÍA DE TRÁNSITO**  
*Rafael Cal y Mayor Reyes Espíndola      James Cárdenas Grisales..*  
*Editorial Alfaomega*
- o **MANUAL DE CAMINOS VECINALES**  
*Rene Etcharen Gutiérrez*  
*Editorial Asociación Mexicana de Caminos y de Representaciones y Servicios*  
*de Ingeniería, S. A. 1969.*
- o **MANUAL DE PROYECTOS GEOMÉTRICOS DE CARRETERAS**  
S.C.T. Edición 1991
- o **MECÁNICA DE SUELOS**  
*Juárez Badillo      Rico Rodríguez*  
*Editorial Limusa*
- o **NORMAS DE SERVICIOS TÉCNICOS, LIBRO 2 ( PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS )**  
S.C.T. Edición 1989
- o **NORMATIVA PARA LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE**  
S.C.T. Edición 2000
- o **PRINCIPIOS DE GEOLOGÍA Y GEOTECNIA PARA INGENIEROS**  
*Dimitri P. Kryne,      Williams R. Judd*  
*Editorial Omega S.A*
- o **PROGRAMA NACIONAL DE ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO 2001**  
S.C.T. Centro Oct. Morelos. Unidad General de Servicios Técnicos Unidad de Estudios.
- o **PROGRAMA NACIONAL DE ATENCIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO 2001**  
S.C.T. Centro Oct. Edo. de México