

# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727-15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

## **ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO DEL CAMINO ZIRACUARETIRO-LA CIÉNEGA EN EL TRAMO ELPAPAYO- MESA DE CÁZARES-LA CIÉNEGA DEL KILÓMETRO 6+500- 9+500 EN EL MUNICIPIO DE TARETAN, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

presenta:

**Ernesto Iván Navarrete Pérez.**

Asesor:

**M. I. Esteban Brito Chávez.**

Uruapan, Michoacán, 2008.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# ÍNDICE.

## **Introducción.**

Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	3
Objetivos.....	3
Pregunta de investigación.....	4
Justificación.....	4
Delimitación.....	5

## **Capítulo 1.- Vías terrestres.**

1.1 Antecedentes históricos de los caminos.....	6
1.1.2 Historia de los caminos en México.....	6
1.2 Inventario de los caminos en México.....	8
1.2.1 Representación gráfica.....	8
1.2.2 Usos de un inventario de caminos.....	9
1.2.3 Planeación de caminos.....	10
1.2.4 Análisis Político-Social-Administrativo.....	10
1.2.5 Análisis Económico .....	11
1.2.6 Técnicas para la evaluación de proyectos.....	11
1.3 Aspectos de la Ingeniería de tránsito usados para el proyecto.....	12
1.3.1 El Problema de tránsito.....	13
1.3.2 Elementos del tránsito .....	14
1.3.3 Tiempo de reacción .....	15
1.3.4 El vehículo, sus características geométricas.....	16
1.3.5 Tipos de vehículos .....	16

1.3.6 El camino .....	16
1.4 Velocidad .....	18
1.4.1 Velocidad de proyecto .....	18
1.4.2 Velocidad de operación .....	18
1.4.3 Velocidad de punto .....	19
1.5 Volumen de tránsito .....	19
1.5.1 Conteos del tránsito .....	20
1.5.2 Conteos .....	20
1.5.3 Conteos mecánicos .....	20
1.5.4 Estudios de origen y destino .....	21
1.6 Densidad de tránsito .....	21
1.7 Derecho de vía .....	21
1.8 Capacidad y nivel de servicio .....	22
1.8.1 Nivel de servicio .....	22
1.8.2 Capacidad para condiciones de circulación continua .....	23
1.8.3 Niveles de servicio .....	24
1.8.4 Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio .....	24
1.9 Distancia de visibilidad .....	25
1.9.1 Distancia de visibilidad de rebase .....	25
1.10 Mecánica de suelos .....	26
1.10.1 Tipos de suelo .....	27
 <b>Capítulo 2.- Proyecto Geométrico.</b>	
2.1 Selección de ruta .....	30
2.1.1 Recolección de datos .....	31
2.1.2 Reconocimientos (aéreo, terrestre, aéreo-terrestre) .....	31

2.1.3 Fotogrametría .....	32
2.1.4 Valoración de rutas viables .....	32
2.2 Proceso para la elaboración del proyecto .....	33
2.2.1 Generalidades .....	33
2.2.2 Análisis topográfico .....	34
2.2.3 Anteproyecto .....	35
2.2.4 Proyecto definitivo .....	35
2.2.5 Normativa Secretaria de Comunicaciones y Transportes (S. C.T.) .....	35
2.2.5.1 Alineamiento vertical (Proyecto Geométrico de Carreteras) S. C. T..	36
2.2.5.2 Normas generales para el alineamiento vertical .....	37
2.3 Alineamiento horizontal, elementos que lo integran .....	38
2.3.1 Definición .....	38
2.3.2 Tangentes .....	39
2.3.3 Curvas circulares simples y compuestas .....	39
2.3.4 Curvas de transición .....	42
2.3.5 Distancia de visibilidad en curvas .....	42
2.4 Alineamiento vertical, elementos que lo integran .....	42
2.4.1 Definición .....	42
2.4.2 Tangentes .....	43
2.4.3 Curvas verticales .....	43
2.5 Secciones transversales y sus componentes .....	44
2.5.1 Definiciones .....	44
2.6 Proyecto de subrasante .....	49
2.7 Cálculo de volúmenes y movimiento de terracerías .....	51
2.7.1 Secciones de construcción .....	52

2.7.2 Determinación de áreas .....	56
2.7.3 Cálculo de volúmenes .....	57
2.7.4 Coeficiente de variabilidad volumétrica .....	57
2.7.5 Ordenadas de curva masa .....	57
2.7.6 Movimiento de terracerías .....	58
2.8 Diseño de intersecciones .....	60
2.8.1 Definición .....	61
2.8.2 Maniobras de vehículos .....	61
2.8.3 Proyecto de intersección .....	63
2.8.3.1 Curvas en intersección .....	63
2.8.3.2 Carriles de cambio de velocidad .....	63
2.8.3.3 Carriles de aceleración .....	64
2.8.3.4 Carriles de desaceleración .....	65
2.8.3.5 Isletas .....	65
2.8.4 Entronques a nivel .....	66
2.8.5 Entronques a desnivel .....	67
2.9 Señalamiento .....	68
2.9.1 Definición de señalamiento.....	68
2.9.1.1 Señalamiento horizontal .....	69
2.9.1.2 Señalamiento vertical .....	70
<b>Capítulo 3.- Marco de Referencia.</b>	
3.1 Generalidades .....	76
3.2 Resumen ejecutivo .....	76
3.3 Entorno geográfico .....	77
3.3.1 Macro y Microlocalización .....	77

3.3.2 Topografía regional y de la zona en estudio .....	79
3.3.3 Geología regional y de la zona en estudio .....	79
3.3.4 Hidrología regional y de la zona en estudio .....	80
3.3.5 Uso del suelo regional y de la zona en estudio .....	80
3.4 Informe fotográfico .....	80
3.4.1 Tipo de terreno y cobertura vegetal .....	80
3.4.2 Problemas de drenaje superficial .....	81
3.4.3 Estado físico actual .....	82
3.4.4 Vehículos que circulan por la vía .....	82
3.4.5 Obstáculos especiales .....	83
3.5 Estudios de tránsito .....	83
3.5.1 Tipo y clasificación de los vehículos .....	83
3.5.2 Aforo vehicular .....	83
3.6 Alternativas de solución .....	83
3.6.1 Planteamiento de alternativas .....	83
3.6.2 Alternativa a usar .....	84
<b>Capítulo 4.- Metodología.</b>	
4.1 Método empleado .....	85
4.1.1 Método analítico .....	85
4.2 Enfoque de la investigación .....	86
4.2.1 Alcance .....	86
4.3 Diseño de la investigación .....	87
4.4 Instrumentos de recopilación de datos .....	87
4.5 Descripción del proceso de investigación .....	87

## **Capítulo 5.- Cálculo, Análisis e Interpretación de Resultados.**

Comparativa del proyecto original con la Alternativa de Proyecto

Geométrico.....	88
Conclusión.....	95
Bibliografía.....	97
Anexos.....	99



## RESUMEN

En la presente investigación se planteó como objetivo el realizar una alternativa del Proyecto geométrico del camino Ziracuaretiro-La Ciénega en el tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega del kilómetro 6+500-9+500 en el Municipio de Taretan; considerando todos los puntos críticos que se valoran como peligrosos, con la finalidad de que el camino tenga un trazo con curvas amplias, con una sobre-elevación adecuada que proporcione mayor seguridad, comodidad al usuario, así como también evitando pendientes muy fuertes ascendentes y descendentes con el propósito de que el vehículo tenga una mayor fricción sobre la superficie de rodamiento con el fin de evitar una tragedia.

Para lo anterior se pretendió resolver las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el propósito de realizar una alternativa de proyecto geométrico para este tramo?, ¿Se debe de considerar la seguridad del usuario para realizar este proyecto? ¿Es necesario conocer la velocidad de proyecto, para realizar la investigación?

A su vez esta investigación beneficiará a todos los habitantes de los municipios de Taretan y Ziracuaretiro en particular y de manera directa, así como también a la sociedad en general del Estado de Michoacán, esto de manera indirecta.

En cuanto al soporte teórico, cabe señalar que en el Capítulo 1, llamado Vías terrestres, se abordaron aspectos como: Antecedentes históricos de los caminos, técnicas para la evaluación de proyectos, elementos del tránsito, tipos de vehículos, distancia de visibilidad de rebase; mientras que en el capítulo 2 , llamado Proyecto Geométrico, se estudiaron aspectos como: Selección de ruta, valoración de rutas viables, proceso para la elaboración del proyecto, normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S. C.T.), curvas de transición, distancia de visibilidad en curvas, alineamiento vertical, elementos que lo integran, señalamiento, entre otros aspectos.

Luego de realizar el análisis completo de la investigación se concluye que la Alternativa de Proyecto Geométrico del camino Ziracuaretiro-La Ciénega en el tramo El Papayo-Mesa de Cázares-La Ciénega del kilómetro 6+500 al 9+500 en el Municipio de Taretan, Michoacán, es mejor que el proyecto original, debido a que esta investigación tiene como objetivo general realizar una alternativa donde se reduzca de manera importante la cantidad de curvas existentes, esto con el propósito de que el tramo ofrezca una mayor seguridad para el usuario. Se lograron reducir del proyecto original que consta de 32 curvas a tan sólo 12 curvas, por consiguiente incrementando la seguridad de los usuarios y disminuyendo de manera importante los accidentes, así como el tiempo en transcurrir el tramo carretero.

## Introducción.

### Antecedentes.

Un camino se puede definir como “la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos”. (Crespo; citado en [www.udlap.mx](http://www.udlap.mx); 2007).

Existen varias clasificaciones para los caminos, por ejemplo:

La primera clasificación que se menciona se determina por su transitabilidad, la cuál se divide en los siguientes caminos:

*Terracerías:* La superficie de rodamiento es la capa subrasante

*Revestido:* Los vehículos ruedan sobre una capa de material granular.

*Pavimentado:* La superficie de rodamiento es una capa de pavimento.

La segunda clasificación es de acuerdo con su finalidad y se compone de:

*De integración nacional:* Unen el territorio de un país.

*De tipo social:* Unen poblaciones marginadas con el desarrollo nacional.

*Los que propician el desarrollo:* Fomentan actividades agrícolas, ganaderas, comerciales, industriales o turísticas de cierta zona.

Caminos entre zonas desarrolladas: su operación es segura y cómoda.

**La clasificación considerada para esta investigación es:**

*Los que propician el desarrollo.*

Hay investigaciones relacionadas con la presente, como la titulada:

Rediseño Geométrico del distribuidor vial de la UDLAP (Universidad de las Americas Puebla), así como también en la Universidad Don Vasco, existe una denominada Diseño del Pavimento flexible del Libramiento Oriente a la Colonia. MAPECO de Uruapan, la cual señala el procedimiento a emplear para el diseño de un pavimento asfáltico desde el terreno natural hasta la superficie de rodamiento, desde luego incluyendo los cálculos necesarios para las capas de la estructura de pavimento que dependiendo del estudio de la mecánica de suelos puede incluir desde una capa rompedora de capilaridad (filtro), capa subrasante y capa de base para así poder recibir la capa rasante, llamada carpeta asfáltica, que a su vez dependiendo del tráfico que tiene esa vía se va a definir el espesor de la carpeta, así como también de las capas inferiores. En este trabajo también se incluye el cálculo del sistema de drenaje que básicamente comprende obras de drenaje (alcantarillas) y cunetas de sección triangular para conducir el agua a las obras hidráulicas.

### **Planteamiento del problema.**

En la presente investigación se pretende realizar una alternativa del Proyecto geométrico del camino Ziracuaretiro-La Ciénega en el tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega del kilómetro 6+500-9+500 en el Municipio de Taretan; considerando todos los puntos críticos que se valoran como peligrosos, con la finalidad de que el camino tenga un trazo con curvas amplias, con una sobre-elevación adecuada que proporcione mayor seguridad, comodidad al usuario, así como también evitando pendientes muy fuertes ascendentes y descendentes con el propósito de que el vehículo tenga una mayor fricción sobre la superficie de rodamiento con el fin de evitar una tragedia. Se tomará en cuenta también el cálculo de un ancho de corona idóneo de tal manera que los usuarios circulen con toda confianza y seguridad.

### **Objetivos.**

La presente investigación tendrá como objetivos los siguientes:

#### **Objetivo general:**

Realizar una alternativa de proyecto geométrico del camino Ziracuaretiro-La Ciénega en el tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega del kilómetro 6+500-9+500 en el Municipio de Taretan, Michoacán que mejore la comodidad y aumente la seguridad de los usuarios.

### **Objetivos específicos:**

Diseñar las curvas con sobre-elevaciones y sobre anchos adecuados de acuerdo al tipo de camino.

- Calcular la velocidad de proyecto idónea para el buen tránsito del usuario.
- Suprimir curvas por tangentes largas.

Con la mención de estos objetivos, surgen las siguientes preguntas:

### **Pregunta de investigación:**

El presente trabajo pretende resolver las siguientes preguntas:

¿Cuál es el propósito de realizar una alternativa de proyecto geométrico para este tramo?

¿Se debe de considerar la seguridad del usuario para realizar este proyecto?

¿Es necesario conocer la velocidad de proyecto, para realizar la investigación?

### **Justificación:**

La presente investigación se realiza con el fin de plantear una alternativa al proyecto geométrico existente que cumpla con características y normas tales que den mayor seguridad y confiabilidad al usuario del camino. A su vez esta investigación beneficiará a todos los habitantes de los municipios de Taretan y Ziracuaretiro en particular y de manera directa, así como también a la sociedad en general del Estado de Michoacán, esto de manera indirecta. Esta investigación

dará como resultado una alternativa de proyecto geométrico ideal para las condiciones de este tipo de camino.

Con el presente trabajo se da a conocer todo el procedimiento para realizar una alternativa de proyecto geométrico, desde la investigación de campo hasta el proceso de cálculo para obtener las secciones requeridas con sus dimensiones, espesores de las capas del terraplén, sus pendientes, sobre anchos y sobreelevaciones. Esto traerá como consecuencia que el estudiante de Ingeniería Civil tenga un apoyo para realizar sus trabajos de investigación y proyectos escolares sobre vías terrestres.

Con la elaboración de éste trabajo se beneficiará a los habitantes, logrando que puedan llegar a sus hogares, sitios de trabajo, una mayor rapidez, sin averiar sus vehículos además de extraer sus productos del campo con mayor eficiencia para llevarlos con mayor eficiencia a los consumidores.

### **Delimitación:**

La presente investigación sólo comprende la Alternativa de Proyecto Geométrico del tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega del kilómetro 6+500-9+500 en el Municipio de Taretán; también consta de temas teóricos dando a conocer desde el significado de camino, sus antecedentes históricos hasta los conceptos necesarios que se requieren para el diseño de una carretera, así como también el cálculo de las secciones transversales y longitudinales del mismo.

## **CAPÍTULO 1**

### **VÍAS TERRESTRES.**

En este capítulo se presenta una breve reseña histórica de los caminos, en donde surgieron y de su desarrollo en nuestro país, también se presentan y se definen los factores que intervienen para la elaboración de un camino, es decir todos los puntos que se deben de tomar en cuenta para un buen proyecto de una vía terrestre.

#### **1.1 Antecedentes históricos de los caminos.**

En Asia menor se inventó la rueda hace unos 5000 años, esto originó la necesidad de crear superficies de rodamiento que alojarán a las carretas de cuatro ruedas.

Para esa época los Egipcios y los Asirios eran dos pueblos florecientes, que iniciaron el desarrollo de sus caminos. Los Cartagineses, construyeron caminos de piedra sobre la costa sur del Mediterráneo, 500 años a. C. que posteriormente copiaron los Romanos. Los Romanos lograron el florecimiento de su imperio debido a múltiples factores, pero quizá el que influyó mas fue la perfecta red de caminos que tuvieron, las distancias se acortaron gracias a la habilidad de ingenieros militares que vencieron obstáculos distintos.

#### **1.1.2 Historia de los caminos en México.**

Los españoles al llegar a lo que actualmente es el Territorio Nacional, encontraron que sus pobladores no conocían el uso de la rueda en vehículos de

transporte, pero a pesar de ello contaban con un buen número de calzadas de piedra, así como una considerable cantidad de caminos. Datos históricos señalan el interés de aquellos habitantes por construir caminos, así como por conservarlos.

La situación creada por la guerra de independencia, impidió la realización de caminos nuevos. Los diferentes regímenes se concretaron a la expedición de algunas leyes relativas a las vías terrestres de entre las cuales tenían funciones de construir y conservar caminos.

El 19 de noviembre de 1867 el Presidente de la República, Lic. Benito Juárez, creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos, sustituyendo al de "peaje".

El 13 de mayo de 1891 el Presidente de la República, Gral. Porfirio Díaz, creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

Con la aparición del automóvil, en el año 1906 en México y que revolucionó definitivamente los viejos sistemas de transportación por carretera entre 1918 y 1920, el avance en los caminos es de mayor importancia que el registrado en los cuatrocientos años anteriores de la historia de México; en consecuencia con el surgimiento del automóvil en nuestro país es necesario modificar, mejorar o en lo posible construir caminos nuevos acordes al nuevo vehículo de transporte.

Con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, por la Ley del 30 de Marzo de 1925, expedida por el entonces Presidente, Gral. Plutarco Elías Calles, se inicia en forma la construcción de nuevos caminos y el mejoramiento y conservación de los existentes y por tal motivo se estableció un impuesto sobre el combustible de tres centavos por cada litro.

Este organismo llegó a alcanzar un gran desarrollo y su actuación fue decisiva en la construcción de caminos. En el año de 1932 ésta Comisión pasó a depender de



la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, convirtiéndose en Dirección Nacional de Caminos. Posteriormente en 1958, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se divide en dos partes:

- Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

A partir del año de 1982, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes atiende los asuntos relacionados con los caminos de la República Mexicana.

## **1.2 Inventario de los caminos en México.**

Para lograr conocer un inventario de caminos existentes en cualquier entidad hay varios procedimientos; desde recorriendo los caminos a través de algún vehículo, anotando el kilometraje con el odómetro del propio móvil y observando lo que a simple vista pueda obtenerse, o también por los medios topográficos que es lo más preciso y que te darán en forma directa toda la información que se necesite sobre cualquier vía terrestre.

### **1.2.1 Representación gráfica.**

Con las coordenadas y los datos de curvatura obtenidos de la computadora electrónica, se traza el eje del camino y se dibuja para así observar los posibles errores y poder corregirlos.

En la parte superior del plano se incluye un resumen del tramo. Siguen luego el dibujo de la planta del camino a escala 1:2000 y del perfil a escala 1:1000 horizontal y 1:100 vertical.

Para dibujar el alineamiento horizontal, las curvas derechas van abajo del eje horizontal y las izquierdas arriba de él. Para representar el alineamiento vertical se procede análogamente; las ordenadas representan las pendientes en por ciento, siendo negativas en el sentido del cadenamiento las que se dibujan abajo del eje horizontal y positivas las que van arriba de éste.

### **1.2.2 Usos de un inventario de caminos.**

Los usos más comunes que se les puede dar es la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red.

La capacidad de un camino está regida por diversos factores que comprenden las características geométricas del camino y también las características del tránsito que circula por él.

Las características geométricas más comunes del camino, que afectan su capacidad son:

- Sección transversal, comprendiendo ancho de carriles.
- Distancia a obstáculos laterales.
- Ancho y estado de los acotamientos.
- Alineamiento horizontal.
- Alineamiento vertical.
- Distancia de visibilidad de rebase.

Estos datos son adquiridos al realizar el inventario de caminos y puede ser estudiado para calcular la capacidad de cualquier vía terrestre.

Si se realiza un conteo de los posibles volúmenes de tránsito durante un cierto tiempo, a partir de la fecha en que se efectuó el inventario, será posible precisar las condiciones en que estará trabajando el camino en ese tiempo y por lo tanto se podrán realizar las correcciones adecuadas en el tramo afectado; esto con el propósito de evitar una mala operación o congestión que puede ser de fatales consecuencias.

### **1.2.3 Planeación de Caminos.**

Las políticas establecidas en los últimos regímenes gubernamentales de México en materia de caminos, están comprendidas básicamente en los siguientes conceptos:

1. Conservar en buen estado la red existente de caminos; terminar las obras iniciadas al ritmo adecuado, construir nuevas carreteras que sirvan a núcleos de población incomunicados, construir ampliaciones, acortamientos y autopistas que mejoren el sistema vial en zonas ya comunicadas cuando la demanda de tránsito así lo requiera.
2. Un plan vial razonable debe incluir la construcción de las obras faltantes para obtener una red de primer orden que una a toda la República Mexicana; construir también las obras necesarias para lograr un incremento favorable en la relación de las carreteras alimentadoras (red de segundo orden).

### **1.2.4 Análisis Político-Social-Administrativo.**

Se estudian tres tipos de enlaces: en primer lugar se propone que la República Mexicana se una con las capitales de los estados, situación obviamente lograda,

pero que sin embargo admite proposiciones que analicen vías mas cortas; en segundo lugar se agregan los enlaces de la capital federal con los puertos marítimos y ciudades fronterizas y en tercer lugar las uniones de las capitales, puertos y fronterizos entre sí.

### **1.2.5 Análisis económico.**

Para el óptimo desempeño de las vías terrestres es necesario que los enlaces de las redes sea de acuerdo a la distribución de la producción así como de los centros consumidores, tomando en cuenta las actividades económicas tales como: agricultura, ganadería, pesca, industria, turismo y cultura.

### **1.2.6 Técnicas para la Evaluación de Proyectos.**

La inversión en cualquiera de los sectores económicos de un país en vías de desarrollo representa sacrificio de los habitantes de una parte del consumo actual en aras de una esperanza de mayor consumo en el futuro. En nuestro país no es satisfactorio el nivel alcanzado, por lo que se requiere un minucioso análisis de las inversiones en infraestructura.

Estas situaciones determinan que la naturaleza dominante de las consecuencias de invertir en obras viales presente como consecuencia variaciones muy excesivas que ocasionan distintas categorías de caminos:

- Caminos de función social. Se caracterizan por construirse en zonas con escaso potencial económico, donde existe importante núcleo de habitantes, la decisión de invertir es de carácter social ya que facilita la entrada de servicios

como educación, sanitarios, asistenciales e incorporando esa población al resto de la República Mexicana.

- Caminos de penetración económica. Se caracterizan por construirse para las zonas aisladas que gozan de tener recursos naturales susceptibles de ponerse en explotación, por lo que se requiere que se les abra paso a inversiones de infraestructura económica.
- Caminos en zonas de pleno desarrollo. Se caracterizan por ser las que fueron construidas hace mucho tiempo y que en la actualidad han tenido un alto nivel de desarrollo y la circulación de los vehículos alcanza ya volúmenes muy grandes de composición compleja, en ese momento tuvieron como función servir a esas regiones y como consecuencia es de interés colectivo modernizar estas vías que soportan los principales volúmenes de tránsito, construir carreteras que signifiquen grandes acortamientos a los principales itinerarios actuales y otras más que, teniendo como objetivo el volumen actual sirvan a nuevas zonas dentro de éstas regiones.

Para tal motivo el criterio de selección para modernización de éstas redes viales es el de que exista una buena rentabilidad, debido, a que las inversiones realizadas traerán como consecuencia reducciones en los costos de transporte que redundan en un beneficio de la colectividad.

### **1.3 Aspectos de la Ingeniería de tránsito usados para el proyecto.**

La Ingeniería de tránsito es la rama de la Ingeniería que estudia el movimiento de personas y vehículos en las vialidades urbanas y en las vías terrestres, con el fin de hacerlo de una manera rápida, eficaz, libre y segura.

### 1.3.1 El problema del tránsito.

Los factores primordiales que afectan el problema de tránsito son: La existencia de diferentes tipos de vehículos en una misma vía, tales como automóviles, camiones, bicicletas, vehículos de tracción animal, etcétera; así como también vías de comunicación inadecuadas que como características tienen trazos urbanos anacrónicos, calles y caminos angostos, torcidos y con fuertes pendientes y banquetas insuficientes; una falta de planificación en el tránsito, pues existen calles y caminos, puentes e intersecciones proyectados con especificaciones obsoletas, manteniendo una previsión prácticamente nula para estacionamiento, escasez de educación vial y la ausencia de leyes y normas de tránsito que se adapten a las necesidades de cualquier usuario.

Existen tres tipos de soluciones que se pueden dar al problema de tránsito:

A) *Solución integral*. Se trata de crear un nuevo tipo de vía que resulte útil para el vehículo de nuestros tiempos dentro de un tiempo razonable de previsión. Para esto es necesario proyectar también ciudades con un trazo nuevo con arterias destinadas a alojar al nuevo vehículo, esto quiere decir crear caminos en donde se pueda viajar con altos niveles de seguridad que van de acuerdo al nuevo vehículo. Siendo realistas esto es casi imposible debido a que se tendría que prescindir de lo que existe.

B) *Solución parcial de alto costo*. Se trata de lograr el mejor partido de los caminos actuales realizando ciertos cambios que necesitan de fuertes inversiones, como por ejemplo el ensanchamiento de calles; construir intersecciones canalizadas, rotatorias o a desnivel, arterias de acceso controlado, una mayor cantidad de estacionamientos

públicos y también privados así como sistemas de control automático como semáforos, etcétera.

C) *Solución parcial de bajo costo.* Se trata de aprovechar al máximo las condiciones existentes con el mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional del tránsito, para esto se deben de dictar leyes y reglamentos adaptados a las necesidades de la vialidad; realizando campañas de educación vial, haciendo cambios en la circulación de vehículos con el fin de tener calles de un solo sentido, así como también estacionamientos con tiempo limitado, señales y semáforos. Deben existir elementos que trabajando en conjunto tengan como consecuencia una vialidad segura y eficaz. Estos elementos son: Ingeniería de Tránsito, Educación Vial y la Vigilancia Policiaca.

### **1.3.2 Elementos del tránsito.**

El usuario, el vehículo y el camino. A continuación se estudian estos conceptos:

- **El usuario.** Es la población en general que son directamente los que usan los caminos y las vialidades urbanas.
- **El peatón.** Se constituye por su gran capacidad de movimiento y cualidad de integración a las condiciones existentes, es el ser mas vulnerable a sufrir cualquier accidente, por lo tanto esta inadapado a la era motorizada, ya que desconoce las características de los vehículos así como las restricciones físicas que tiene el conductor para detenerse en una corta distancia.

- **El conductor.** Es el medio humano que controla el movimiento de un vehículo y es el responsable de un buen o mal manejo.
- **Visibilidad.** Es de vital importancia para la buena conducción y debe ser tomado en cuenta por el proyectista. Este factor esta limitado por la capacidad del sentido de la vista del conductor, esto debe ser tomado en cuenta al diseñar un camino, la percepción de los colores, la visión periférica, la recuperación al deslumbramiento asi como la profundidad de percepción.

### **1.3.3 Tiempo de reacción.**

Las reacciones de un individuo pueden ser condicionadas y psicológicas. Las reacciones físicas o condicionadas son aquellas que ocurren inconscientemente y son producto de los hábitos creados en el usuario como puede ser el recorrido diario de una misma vía sobre la cual ya se tiene conocimiento de algunos puntos de conflicto, un bache, semaforizacion, etc.

Las reacciones psicológicas son el resultado de un proceso intelectual que inicia con la percepción de un estímulo, un juicio y la ejecución de una orden. Dicho estímulo es percibido por cualquiera de los sentidos; inmediatamente es enviado al cerebro, donde se elabora un juicio sobre que decisión es la más adecuada y una vez elegida se envía una orden nerviosa al músculo que ejecutará el movimiento correcto.

### **1.3.4 El vehículo, sus características geométricas.**

Están regidas por las dimensiones y su radio de giro.



**Dimensiones.** Debido a la gran variedad de vehículos y a la rápida transformación que han sufrido con el tiempo, no se puede considerar para un proyecto un vehículo en especial sino que deben tomarse las características promedio de los vehículos existentes.

### **1.3.5 Tipos de vehículos.**

Los vehículos se clasifican en dos tipos: pesados y ligeros. Los vehículos pesados se caracterizan por ser los que tienen dos o más ejes y seis o más llantas, se clasifican por camiones de carga (tipo C), autobuses (tipo B).

Los vehículos ligeros (tipo A) son los que se caracterizan por tener dos ejes y cuatro ruedas, se clasifican por automóviles, camionetas, unidades ligeras de carga, etcétera.

En las carreteras de la República Mexicana el 58% son vehículos ligeros (A), de los cuales el 46% son automóviles (Ap) y el 12% son camionetas (Ac); el 42% restante son vehículos pesados de los cuales el 12% son autobuses (B) y el 30% camiones de carga (tipo C).

### **1.3.6 El Camino.**

Es una faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos, pueden ser clasificados de distintas maneras:

- a) *Clasificación de transitabilidad.* Camino pavimentado (transitable todo el tiempo), Camino revestido y Camino de terracería (transitable solo en tiempo de secas).

b) *Clasificación S.C.T.* (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). La S.C.T. clasifica los caminos de acuerdo a la topografía, es decir tipo de terreno: Montañoso, Lomerío y Plano.

c) *Clasificación de la capacidad.* Autopistas (de cuatro o mas carriles), Caminos de dos carriles, brechas.

d) *Clasificación administrativa.*

- Caminos Federales: Estos son proyectados, construidos y conservados por el Gobierno Federal.
- Caminos de Cooperación Bipartita: Estos son construidos por las Juntas Locales de Caminos con recursos iguales tanto de la Federación como del Gobierno del Estado donde se va a construir el camino y son conservados por esta misma dependencia.
- Caminos de cooperación Tripartita: Estos son construidos por la Junta Local de Caminos con recursos iguales de la Federación; el Gobierno del Estado y los particulares; son conservados por los particulares.
- Caminos de Cuota: Estos son construidos por CAPUFE (Caminos y Puentes Federales).

## **1.4 Velocidad.**

La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de una vía terrestre, debido a que su utilidad y buen funcionamiento se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven dentro del camino.

Se distinguen cuatro tipos de velocidad: *de proyecto, de operación, de punto y efectiva o global.*

### **1.4.1 Velocidad de proyecto.**

Es la máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de una vía terrestre y que gobierna las características geométricas del proyecto.

La elección de la velocidad de proyecto está influenciada principalmente por la topografía de la región. Una vez que se tiene definida la velocidad de proyecto para un camino determinado, todas las características geométricas deben quedar condicionadas a ella con el objeto de obtener un proyecto equilibrado.

Un camino en terreno plano o en lomerío suave justifica una velocidad de proyecto mayor que si fuera en terreno montañoso.

### **1.4.2 Velocidad de operación.**

Es la velocidad real con que transitan los vehículos sobre el camino y es un índice del grado de eficiencia que la carrera proporciona a los usuarios.

Se define como la velocidad mantenida en un tramo a lo largo de una vía mientras el vehículo está en movimiento, la velocidad de operación se ve notablemente afectada por el volumen del tránsito que circula por la vía terrestre, cuando estos volúmenes son bajos la velocidad de operación es bastante cercana a

la de proyecto, pero a medida que el volumen aumenta la velocidad de operación del vehículo va disminuyendo.

El proyecto debe realizarse para que nuestro camino opere satisfactoriamente con velocidades de operación correspondientes a volúmenes de tránsito bajos, si esto se logra el camino operará bien cuando los volúmenes de tránsito aumenten.

#### **1.4.3 Velocidad de punto.**

La velocidad de punto es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado de un camino.

Para tramos pequeños de camino en que las características de operación varían poco, la velocidad de punto se puede considerar representativa de la velocidad de operación.

#### **1.5 Volumen de tránsito.**

Es el número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones especificadas sobre un carril o carriles para vehículos pesados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto periodo de tiempo. Los periodos más usuales son la hora y el día.

- *Volumen Promedio Diario Anual (VPDA)* es el numero de vehículos que pasan por un punto en especial de un camino durante un año dividido entre 365 días.
- *Volumen Máximo Horario Anual (VMHA)* es el volumen horario más alto que acontece para un determinado año.

El VPDA no es apropiado para el proyecto de un camino, puesto que no indica la variación que ocurre durante los meses del año, los días de la semana y las horas del día.

#### **1.5.1 Conteos del tránsito.**

Los volúmenes de tránsito pueden obtenerse de datos estadísticos o ser tomados directamente mediante conteos del tránsito, estos conteos se pueden realizar de forma manual o mecánica.

#### **1.5.2 Conteos.**

La forma mas sencilla y económica de realizar el conteo manual es el llamado de muestreos, estos se realizan durante un periodo corto de tiempo que varía de 5 a 10 días continuos, procurando siempre que queden incluidos: en el primer caso un fin de semana y en el segundo sábado, dos domingos y dos lunes. La duración de los muestreos es conveniente que sea de 24 horas diariamente en el primer caso, y en el segundo caso de 24 horas al día durante los primeros 5 días y de las 7 a las 19 horas durante los restantes.

#### **1.5.3 Conteos Mecánicos.**

El conteo de los vehículos se realiza automáticamente mediante diversos dispositivos llamados: contadores neumáticos, contadores electromagnéticos, contadores de presión-contacto.

#### **1.5.4 Estudios de origen y destino.**

Por medio de este estudio se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y el destino del viaje, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan durante el recorrido, productos transportados, modelos y marcas de los vehículos.

Las principales aplicaciones son conocer la demanda que existe dentro de una ciudad para utilizar en mayor o en menor grado una cierta ruta, fijar rutas a través de la ciudad para desviar el movimiento de turistas y vehículos pesados, conocer la localización de una nueva carretera o mejorar alguna ya existente y poder justificar la construcción de una vía terrestre.

#### **1.6 Densidad de Tránsito.**

Es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado.

#### **1.7 Derecho de Vía.**

Es la franja de terreno, de un ancho determinado y suficiente que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que forma parte de la misma.

El ancho del derecho de vía deberá establecerse atendiendo a las condiciones técnicas relacionadas con la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio que deben satisfacer las vías terrestres.

En este país se ha establecido que el derecho de vía debe tener una amplitud mínima de cuarenta metros, es decir veinte metros hacia uno y otro lado del eje central de la carretera, esta longitud puede variar de acuerdo al tipo de camino, por

ejemplo si se trata de una autopista o de una simple brecha de un solo carril de circulación. Para adquirir un derecho de vía se debe tener conocimiento de los procedimientos y reglamentos bajo los cuáles se adquiere la propiedad, esta área varía de acuerdo al tipo de camino que se trate, atendiendo a los fondos con los que se construirá: sean federales, de cooperación bipartita o de cooperación tripartita.

### **1.8 Capacidad y nivel de Servicio.**

Es una medida de la eficiencia de una calle o un camino, este se encarga de determinar las condiciones de operación que un conductor dado experimenta durante un viaje, la capacidad es en realidad uno de los tantos niveles a que puede operar el camino. El nivel de servicio varía principalmente con el volumen de tránsito, la capacidad de un camino es el número máximo de vehículos que puede circular por él bajo condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un periodo dado de tiempo.

Esta capacidad se ve afectada por las condiciones ambientales como puede ser la claridad del día, el frío, las tormentas, el clima caluroso, los días lluviosos, la nieve, la contaminación, es decir el smog, la niebla, etc. Sin embargo por el grado de dificultad de análisis de estos factores no se toman en cuenta.

#### **1.8.1 Nivel de servicio.**

Es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores como lo es la velocidad, tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad y libertad de manejo, costos de operación, etc.

La capacidad del camino se ve afectada por varios factores y se refleja en el tipo de camino de acuerdo a su topografía de la siguiente manera:

- a) *Caminos en terreno plano.* Los vehículos pesados mantienen una velocidad cercana a los vehículos ligeros.
- b) *Caminos en lomerío.* En este tipo de camino los vehículos pesados se ven obligados a mantener una velocidad baja por debajo de la de los vehículos ligeros en algunos tramos del camino.
- c) *Camino en montaña.* En este tipo de camino los vehículos pesados circulan a velocidades muy bajas en distancias grandes y con frecuencia

El tránsito diario promedio anual (TDPA) es aproximadamente el mismo en cada sentido en caminos de dos carriles, pero los volúmenes horarios pueden ser muy diferentes.

### **1.8.2 Capacidad para condiciones de circulación continua.**

La capacidad de un camino varía en las medidas en que sus condiciones geométricas y de operación difieren de las condiciones ideales, éstas se difieren como se presenta:

- a) Circulación continua.
- b) Únicamente vehículos ligeros.
- c) Carriles de 3.65 metros de ancho con acotamientos adecuados y sin obstáculos laterales en 1.80 metros a partir de la orilla de la calzada.
- d) alineamiento horizontal y vertical adecuado para velocidades de proyecto de 110 km/h o mayores y sin restricciones en la distancia de visibilidad de rebase.



Las condiciones ideales no implican una buena operación, aunque si producen mayores volúmenes.

La capacidad de una carretera con las condiciones ideales de dos carriles con dos sentidos se estima de 2000 vehículos ligeros por hora en ambos sentidos.

### **1.8.3 Niveles de Servicio.**

El volumen de servicio tiene es necesario que sea menor que la capacidad de una carretera. El volumen máximo que puede transportarse en cualquier nivel de servicio seleccionado, se denomina “volumen de servicio”.

Existen factores que deben tomarse en cuenta para la evaluación del nivel de servicio, a continuación se describen:

- Velocidad de operación y tiempo empleado durante el recorrido.
- Interrupciones del tránsito, paradas por kilómetro, demoras, magnitud y frecuencia de los cambios de velocidad y demás restricciones durante el recorrido.
- Libertad para maniobrar a la velocidad deseada.
- Seguridad.
- Comodidad en el manejo.
- Economía en los costos de operación del vehículo en el camino.

### **1.8.4 Factores que afectan la capacidad y el volumen de servicio.**

En la mayoría de los caminos se tienen que aplicar factores de ajuste a la capacidad y al volumen de servicio en condiciones ideales, las cuales pueden

dividirse en dos categorías: factores relativos al camino y factores relativos al tránsito.

Los factores relativos al camino son: *ancho de carril, obstáculos laterales, acotamientos, carriles auxiliares, condiciones de la superficie de rodamiento y las características de los alineamientos horizontal y vertical.*

Los factores relativos al tránsito son: *camiones, autobuses, la distribución por carril, variación en el volumen de tránsito y las interrupciones del mismo.*

### **1.9 Distancia de visibilidad.**

Es la distancia que se requiere para que el conductor de un vehículo en movimiento a la velocidad de proyecto, logre detenerse antes de golpear algún obstáculo fijo sobre la superficie de rodamiento.

La distancia de visibilidad de parada está compuesta por dos términos, como es la distancia recorrida desde que se percibe un objeto en su línea de acción hasta que el conductor coloca su pie en el pedal del freno y la distancia que se recorre desde el momento en que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene por completo, lo que se entiende como alto total.

#### **1.9.1 Distancia de visibilidad de rebase.**

Es la distancia que se requiere para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra en su línea de circulación, sin peligro de colisión con otro que venga en sentido opuesto. Para hacer el rebase con seguridad, el conductor debe de visualizar hacia delante una distancia suficiente sin vehículos de tal modo que pueda

completar la maniobra de paso sin interrumpir el viaje del vehículo que se está rebasando y sin tener problemas con los vehículos que circulan en sentido opuesto.

### **1.10 Mecánica de Suelos.**

Un suelo es un material formado por partículas minerales, estos son producido por la descomposición de las rocas y vacío que pueden estar ocupados por agua o no. Se diferencian suelo y roca en que el suelo puede ser disgregado por medios manuales, o mediante el empleo de agua si es necesario, estos presenta una cementación nula mientras que en las rocas sucede lo contrario.

La mecánica de suelos, es la rama de la Ingeniería Civil que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de Ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan contenido de materia orgánica.

Los procesos que ocasionan la alteración de las rocas son la Desintegración Mecánica y la Descomposición Química que a continuación se describen:

**Desintegración Mecánica.** La congelación del agua, los cambios de temperatura, los efectos de los organismos, los esfuerzos tectónicos, los efectos abrasivos del agua y el movimiento, los efectos telúricos como lo son los sismos, terremotos; los efectos de la gravedad como taludes, derrumbes, etcétera.

**Descomposición química.** Esta ocurre en presencia de agua y otras sustancias naturales, lo que da lugar, por lo general a suelos finos. Se presenta a continuación algunos tipos de intemperismo en las rocas:

- Al reaccionar los diferentes minerales de algunas rocas con el ácido carbónico producido por el agua y el bióxido de carbono natural del aire.
- Las rocas ígneas y síliceas contienen feldespato, propio del granito, lo que produce suelos arcillosos.
- Los materiales formados por hidróxidos de fierro son consecuencia del intemperismo sobre rocas que contienen minerales de fierro, por esta razón en regiones húmedas se encuentran suelos finos como lo son limos y arcillas.

#### **1.10.1 Tipos de Suelo.**

**Suelos Residuales.** Son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados, en general se consideran de buena calidad para ser utilizados en una edificación sobre cimentaciones superficiales, a excepción de casos como el hecho de que en estos suelos haya huecos provocados por filtraciones de agua o el caso de que sobre este suelo exista un alto índice de intemperismo.

**Suelos Transportados.** Son aquellos formados por los productos de alteración de las rocas removidos y depositados en otro sitio diferente al de su origen, los principales causantes de este transporte son el agua, el viento, los glaciares, la gravedad, etcétera. Estos suelos se clasifican en: suelos aluviales ( formados cuando el agua pierde velocidad, como puede ser cuando se desborda un río, formándose en la llanuras depósitos de materiales sumamente finos como lo son arcillas y limos que son altamente compresibles y de baja resistencia al corte.), suelos lacustres ( formados cuando un río pierde velocidad como puede ser un lago, provocando la

formación de depósitos de partículas finísimas, no se recomiendan para que sean la base de una construcción debido a la finura de sus partículas gozan de una estructura muy abierta.), suelos eólicos ( estos han sido transportados y depositados por el viento, pueden ser utilizados para sostener cimentaciones ligeras.), depósitos de pie de monte ( son formados por acción directa de la gravedad, se constituyen de gran diversidad de materiales como fragmentos de roca, materiales de roca, materiales finos, gravas y arenas, es común utilizarlos para sostener cimentaciones de estructuras en general).

A continuación se muestra una tabla que muestra los requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos.

Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos flexibles.

CARACTERISTICA	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$	$\Sigma L < (10^6)$
Limite líquido (2) máximo	25	25
Indice plástico (2) máximo	6	6
Equivalente de arena (2) mínimo	40	50
Valor soporte de California (CBR) (2,3) , mínimo	80	100
Desgaste Los Angeles (2), máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas (2), máximo	40	35
Grado de compactación (2,4), mínimo	100	100

(1)  $\Sigma L$ = Número de ejes equivalentes acumulados de 8.2 toneladas, esperado durante la vida útil del pavimento.

(2) Determinado mediante los procedimientos de prueba que corresponda, de los manuales señalados en las Normas de la SCT.

(3) Con el grado de compactación indicado en esta tabla.

(4) Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO modificada, salvo que el proyecto o la Secretaria indiquen otra cosa.

A continuación se muestra una tabla que indica requisitos de calidad para capa subrasante.

CARACTERISTICA	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; % máximo	40
Índice plástico; % máximo	12
Valor soporte de California (CBR) (1), % mínimo	20
Expansión máxima %	2
Grado de Compactación (2), %	100 +/-2

(1) En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicado en esta tabla, con un contenido de agua igual al del material en el banco a 1.5 m de profundidad.

(2) Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Estandar del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

Cuando el material para la capa subrasante extraído de bancos, se requiera almacenarlo para su posterior utilización en obra, se tendrá cuidado en su transporte y almacenamiento, con el propósito de evitar la alteración de sus características, atendiendo los siguientes aspectos:

El material se almacenará en un sitio específicamente destinado para tal propósito. Cuando en dicho sitio no se cuente con un firme, previamente a su utilización se deberá remover la materia vegetal, limpiar la superficie conformar, nivelar y compactar la superficie dejando una sección transversal que permita el drenaje.

## **CAPÍTULO 2**

### **PROYECTO GEOMÉTRICO.**

En este capítulo se presenta desde como elegir la mejor ruta a seguir para el trazo de un camino tomando en cuenta los factores básicos, así como el procedimiento a seguir para realizar el proyecto tomando en cuenta un factor importante como los es la topografía del sitio, también el trazo de un camino considerando los alineamientos horizontal, es decir las curvas horizontales y las tangentes del camino, el alineamiento vertical, es decir la pendiente longitudinal del camino para el trazo de curvas verticales seguras y los conceptos básicos de un camino, lo que es un movimiento de tierras y el señalamiento básico en una vía terrestre para que el usuario pueda circular con comodidad y lo mas importante su seguridad.

#### **2.1 Selección de ruta.**

Una ruta es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino.

Los puntos obligados son aquellos sitios por los que necesariamente deberá pasar el camino, por razones técnicas, económicas, sociales y políticas, tales como: poblaciones, sitios o áreas productivas y puertos orográficos.

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a este nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente.

### **2.1.1 Recolección de datos.**

La elección del tipo de camino tiene que considerar varios factores importantes como la topografía, la geología, la hidrología, el drenaje y el uso de la tierra, los cuales en conjunto con los datos de tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de vías terrestres.

En caminos ya construidos los datos de tránsito se obtienen por medio de aforos vehiculares, es decir, realizar un conteo de la cantidad de vehículos que circulan y de que tipo son, en ocasiones se realizan estudios de origen y destino.

### **2.1.2 Reconocimientos (aéreos, terrestres, aéreo-terrestre).**

Los reconocimientos se pueden realizar de distintas maneras como son, aérea, terrestre o aéreo-terrestre, una vez representadas las posibles rutas en los mapas geográficos, a continuación se explican brevemente cada uno de los reconocimientos.

#### **A) Reconocimiento aéreo.**

Con este tipo de reconocimiento se observa el terreno desde la altura que se quiera, alcanzando grandes zonas. Existen tres reconocimientos aéreos.

**A.1)** Este reconocimiento se lleva a cabo en avioneta y su propósito es distinguir o determinar las rutas que sean factibles y deben realizarse las fotografías a escala 1: 50 000.

**A.2)** Enseguida de las fotografías se realiza el segundo reconocimiento con el propósito de comprobar los datos obtenidos con anterioridad, después se delimita la zona que deberá cubrirse con fotografías a escala 1: 25 000.



**A.3)** Este se realiza a lo largo de la poligonal en estudio o trazo preliminar del camino y puede hacerse de manera aérea o terrestre.

**B) Reconocimiento terrestre.**

Este tipo de reconocimiento se realiza cuando no es posible realizarlo de manera aérea; su limitación radica en que el ingeniero localizador no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su línea, para realizarlo es importante necesario contar con un guía que conozca la región.

**C) Reconocimiento aéreo-terrestre.**

Este se realiza solo en las siguientes condiciones y es una combinación de los dos anteriores.

**C.1)** Cuando no se cuenta con fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en helicóptero o avión.

**C.2)** Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y no es posible continuar con el reconocimiento aéreo.

**2.1.3 Fotogrametría.**

Se obtiene por medio de reconocimientos y de las fotografías aéreas, facilitan la elección de una ruta. La toma de fotografías aéreas también está restringida a ciertas épocas del año y horas del día, por la presencia de nubes y por la proyección de sombras.

**2.1.4 Valoración de rutas viables.**

La elección de la mejor ruta entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera, de acuerdo con el Manual de proyecto

geométrico (1991). De acuerdo con las rutas posibles, se logra estimar el costo aproximado de construcción, operación y conservación, del camino que se vaya a proyectar y conjugarlo con los beneficios probables que surjan de la ejecución del proyecto, deben tenerse en cuenta los perjuicios causados por la ejecución del proyecto, a fin de considerarlos en la evaluación.

## **2.2 Proceso para la elaboración del proyecto.**

Para realizar cualquier proyecto se debe seguir un proceso, como es conocer a detalle el lugar por donde va pasar nuestro camino, conocer la topografía del lugar, es decir identificar que tipo de terreno es, ya sea plano, lomerío o montañoso, con este conocimiento realizar un anteproyecto tomando en cuenta la Normatividad de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT).

### **2.2.1 Generalidades.**

El propósito de las inversiones públicas entre las cuales se encuentran las vías terrestres es lograr los mejores beneficios a la población con la menor inversión.

Como se menciona en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras MPGC (1991), existen algunos principios de carácter universal en los que debe basarse el criterio de proyecto, a continuación se mencionan:

- A) Las fallas de un proyecto que se reflejan en una obra ya terminada representan un costo mayor, que el costo adicional que significarían los estudios necesarios para reducir o eliminar la posibilidad de fallas.
- B) Con el uso de una tecnología avanzada, permite generalmente una economía considerable en la construcción y operación de las vías terrestres.

C) Los estudios realizados en la obra requieren del esfuerzo continuo, la observación detallada y el registro de todos los datos que intervengan de alguna forma, en el comportamiento del camino a proyectarse.

D) Debe contarse con ingenieros especialistas en cada ramo. Para conseguirlo, es necesario que en cada área se mantenga al cuerpo técnico actualizado, en relación con los avances en las distintas áreas que les corresponden.

### **2.2.2 Análisis Topográfico.**

Para elegir el levantamiento topográfico adecuado deben tomarse en cuenta cuatro factores determinantes. la vegetación, la configuración topográfica, el plazo de ejecución y la accesibilidad a la zona. (MPGC,SCT; 1991: 56)

A) *Vegetación.* La precisión en el procedimiento fotogramétrico electrónico (fotogrametría combinada con los medios electrónicos) dependerá de la altura, densidad y tipo de vegetación existente.

B) *Configuración topográfica.* El terreno se clasifica en tres: plano, lomerío y montañoso. A continuación se presentan algunas recomendaciones:

B.1) Terreno Plano.- El tiempo que se requiere para el control terrestre es más o menos el mismo que se necesitaría para el trazo definitivo.

B.2) Terreno en lomerío.- El costo es importante para la elección del procedimiento a utilizar, el cual varía a su vez con la longitud del camino.

B.3) Terreno montañoso.- Para este tipo de terreno el procedimiento más adecuado es el fotogramétrico electrónico por su economía, con la limitante de no poder emplearse en longitudes mayores a 10 km.

B.4) Plazo de ejecución.- Cuando el plazo de ejecución del proyecto es corto y la toma de fotografías aéreas no puede realizarse de forma inmediata.

B.5) Accesibilidad de la zona.- La dificultad en el acceso a la zona del camino en estudio es otro factor a considerar en la elección del procedimiento a seguir.

### **2.2.3 Anteproyecto.**

Es el conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos, para situar en planos obtenidos de esos levantamientos, el eje que seguirá el camino.

### **2.2.4 Proyecto definitivo.**

El proyecto se inicia una vez situada la línea, con estudios de una precisión tal, que permiten definir las características geométricas del camino, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones de las corrientes que cruza.

Un proyecto es el resultado de los estudios en los que se han considerado todos los casos previstos y se han establecido normas para la realización de la obra y para resolver aquellos otros casos que puedan presentarse y que no hayan estado considerados.

## **2.2.5 Normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT.**

En el presente subtema se mencionan algunas normas que se consideran de mayor importancia para la elaboración del proyecto de una vía terrestre.

### **2.2.5.1 Alineamiento vertical. (MPGC. SCT; 1991: 59)**

A continuación se presentan las normas consideradas como las más importantes.

1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad del proyecto.
3. La distancia de visibilidad se debe considerar en todos los casos, por que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.
4. El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible a una con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
5. Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible.
6. Un alineamiento uniforme debe existir, que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
7. En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura.

8. En caminos abiertos debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas.
9. Un alineamiento con curvas sucesivas en la mismo dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero pueden proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.
10. Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia.

#### **2.2.5.2 Normas generales para el alineamiento vertical. (MPGC. SCT; 1991: 59)**

A continuación se presentan las normas consideradas como las más importantes.

1. La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante.
2. Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno.
3. Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.
4. Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable.

5. Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, bien con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
6. Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de camino con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección; este cambio en el perfil es benéfico para todos los vehículos que den vuelta.
7. Los alineamientos tanto horizontal como vertical no deben ser considerados de manera independiente en el proyecto, puesto que se complementan el uno al otro.

La coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical debe iniciarse en la etapa de anteproyecto, donde pueden realizarse los ajustes correspondientes.

### **2.3 Alineamiento Horizontal, elementos que lo integran.**

En este apartado se explica el trazo de un camino, es decir la proyección sobre un plano horizontal, como son las tangentes (rectas), curvas en general y la distancia de visibilidad.

#### **2.3.1 Definición.**

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son:

- Las tangentes.
- Las curvas circulares.

- Las curvas de transición.

### 2.3.2 Tangentes.

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI (punto de inflexión), y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes debido a que llegan a provocar somnolencia a los conductores.

### 2.3.3 Curvas circulares simples y compuestas.

Las curvas circulares están constituidas por los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

Las curvas circulares se calculan con las siguientes fórmulas:

1. Grado de curvatura. Es el ángulo subtendido por un arco de 20 m. Se representa con la letra  $G_c$ :

$$\frac{G_c}{20} = \frac{360^\circ}{2\pi R_c} \quad \therefore \quad G_c = \frac{1145.92}{R_c}$$

El grado máximo de curvatura que puede tener una curva, es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobreelevación máxima a la velocidad de proyecto.



2. El radio de la curva. Es el radio de la curva circular. Se simboliza como  $R_c$  :

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c}$$

3. Angulo central. Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como  $\Delta_c$ . En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.

4. Longitud de curva. Es la longitud del arco entre el PC y PT. Se le representa como  $l_c$ .

$$l_c = 20 \frac{\Delta_c}{G_c}$$

5. Subtangente. Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como  $ST$ . Del triangulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta_c}{2}$$

6. Externa. Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra  $E$ . En el triangulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$E = R_c \left( \sec \frac{\Delta_c}{2} - 1 \right)$$

7. Ordenada media. Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se simboliza con la letra  $M$ . Del triangulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

$$M = R_c - R_c \cos \frac{\Delta_c}{2} = R_c \operatorname{senver} \frac{\Delta_c}{2}$$

8. Deflexión a un punto cualquiera de la curva. Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en PC y la tangente en el punto considerado. Se le representa como  $\theta$ . Se puede establecer:

$$\frac{\theta}{l} = \frac{G_c}{20} \therefore \theta = \frac{G_c l_c}{20}$$

9. Cuerda. Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Se le denomina  $C$ . Si esos puntos son el PC y el PT, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga. En el triángulo PC-O-PSC.

$$C = 2R_c \text{sen} \frac{\theta}{2}$$

Para la cuerda larga:

$$CL = 2R_c \text{sen} \frac{\Delta_c}{2}$$

10. Ángulo de la cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada. Se representa como  $\phi$ .

Para la cuerda larga:

$$\phi_c = \frac{G_c l_c}{40}$$

- **Curvas circulares simples.** Cuando dos tangentes están unidas entre si por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple.
- **Curvas circulares compuestas.** Se definen como aquellas formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se les llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

#### **2.3.4 Curvas de transición.**

Son las curvas que sirven para ligar una tangente con una curva circular, presentando como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.

#### **2.3.5 Distancia de visibilidad en curvas.**

En las curvas horizontales que parcial o totalmente pueden alojarse en corte o que tengan obstáculos en su parte inferior que limiten la distancia de visibilidad, debe tenerse presente que esa distancia sea cuando menos equivalente a la distancia de visibilidad deparada. Si las curvas no cumplen con ese requisito deberán tomarse las providencias necesarias para satisfacerlo, ya sea recortando o abatiendo el talud de lado inferior de la curva como modificando el grado de curvatura o eliminando el obstáculo.

### **2.4 Alineamiento Vertical, elementos que lo integran.**

El alineamiento vertical nos da el perfil del camino en un plano vertical, es decir las pendientes longitudinales así como las curvas en columpio y en cresta del camino.

#### **2.4.1 Definición.**

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama

línea subrasante. Los elementos que lo integran al alineamiento vertical son las tangentes y las curvas.

### 2.4.2 Tangentes.

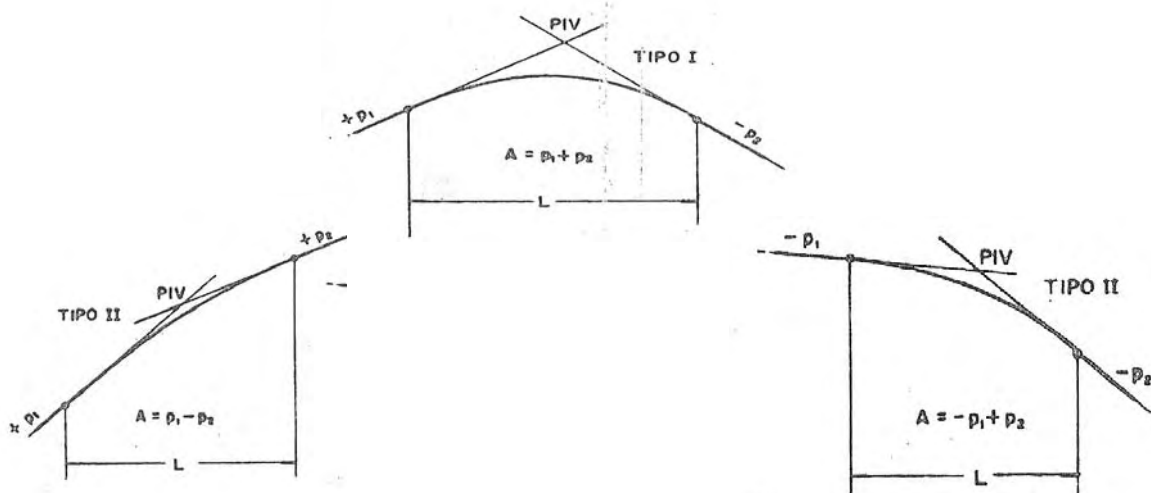
Se caracterizan por su longitud y su pendiente, están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

### 2.4.3 Curvas verticales.

Estas curvas son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, por consecuencia debemos obtener un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente.

Enseguida se presentan los diferentes tipos de curvas.



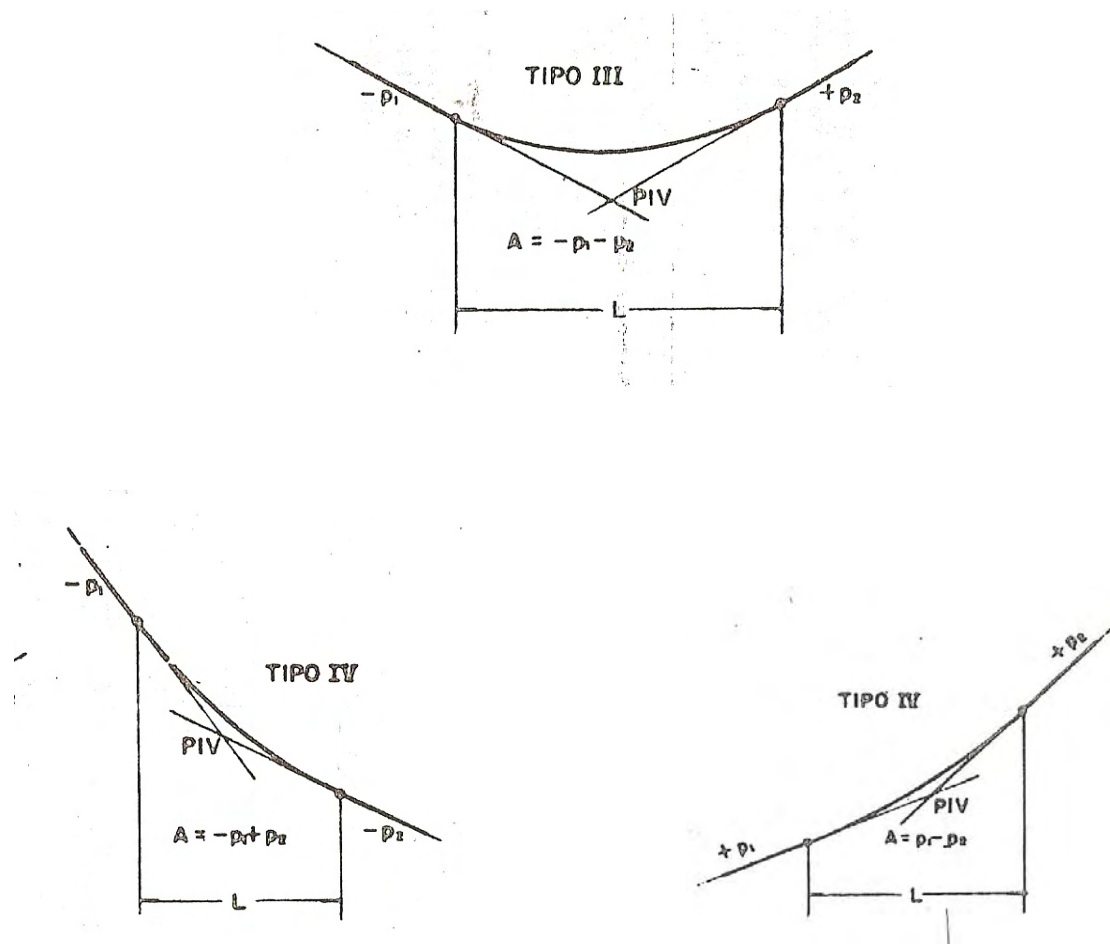


Figura 1. Curvas verticales en columpio.

## 2.5 Secciones Transversales y sus componentes.

En el presente subtema se da a conocer la definición de varios conceptos de la sección transversal de un camino como es la corona, subcorona, cunetas y contracunetas, taludes y el derecho de vía.

### 2.5.1 Definiciones.

- A) **Corona.** Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del

terraplén y/o las interiores de las cunetas. Los elementos que definen la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

**A.1) Rasante.**- Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal se representa por un punto.

**A.2) Pendiente transversal.** Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:

**A.3) Bombeo.** El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino.

**A.4) Sobreelevación.** La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular es:

En donde:

$S$ : Sobreelevación, en valor absoluto.

$V$ : Velocidad del vehículo, en km. / h.

$R$ : Radio de la curva, en m.

$$S = 0.00785 \cdot \frac{V^2}{R} - \mu$$

$\mu$ : Coeficiente de fricción lateral.

Se usa una sobreelevación máxima del 12% en aquellos lugares en donde no existen heladas ni nevadas y el porcentaje de vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínimo; se usa 10% en los lugares en donde sin haber nieve ni hielo se tiene un gran porcentaje de vehículos pesados; se usa 8% en zonas en donde las heladas o nevadas son frecuentes y, finalmente, se usa 6% en zonas urbanas.

**A.5) Transición del bombeo a la sobreelevación.** En el alineamiento horizontal al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición.

Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

**A.6) Calzada.** Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal.

Para fines de proyecto no se consideran las ampliaciones que resulten menores de 20 cm.; si la ampliación resultase mayor deberá redondearse al decímetro próximo superior.

**A.7) Acotamiento.** Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen las siguientes cualidades:

- Ofrecer seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada.
- Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
- Mejorar la visibilidad en los tramos en curva.
- Facilitar los trabajos de conservación.
- Dar mejor apariencia al camino.

**B) Subcorona.** Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.

Los elementos que definen la subcorona y que son básicos para el proyecto de las secciones de construcción del camino, son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

**C) Cunetas y Contracunetas.**

- **Cunetas.** Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes del corte. Normalmente, la cuneta tiene sección triangular con un ancho de 1.00 m,



medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta; con talud generalmente de 3:1.

- **Contracunetas.** Son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar.

**D) Taludes.** Es la inclinación del parámetro de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

**E) Partes Complementarias.** Son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras. Las *guarniciones* son elementos parcialmente enterrados, en su mayoría de concreto hidráulico y se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento. Las *banquetas* son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y se construyen a uno o a ambos lados de la misma.

Las *fajas separadoras* son las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, también se utilizan para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama *fajas separadoras centrales* y a las segundas, *fajas separadoras laterales*. Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para obtener un nivel superior al de la calzada,

toman el nombre de *camellones*, que igualmente pueden ser centrales o laterales.

El *derecho de vía* de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso correcto de esa vía y de sus servicios principales.

## **2.6 Proyecto de subrasante.**

En este subtema se da a conocer la línea que nos divide el nivel de terracerías de nuestra estructura de pavimento; la capa subrasante, es decir el nivel que delimita el desplante de nuestro camino con la primera capa de nuestra estructura, y la forma de obtenerla.

El nivel de subrasante va ser un factor muy importante para el costo de las terracerías, es decir la posición que debe guardar la subrasante para obtener la economía máxima en la construcción de las terracerías, depende de los siguientes conceptos:

### a) Costos unitarios:

Excavación en corte y préstamo.

Compactación en el terraplén con material de corte.

Compactación en el terraplén con material de préstamo.

Sobreacarreo del material de corte a terraplén.

Sobreacarreo del material de corte a desperdicio.

Sobreacarreo del material de préstamo a terraplén.

Costo del terreno afectado para préstamo, desmonte y despalme, dividido entre el volumen de terracerías extraído del mismo.

b) Coeficientes de variabilidad volumétrica:

Del material de corte.

Del material de préstamo.

c) Relaciones:

Entre la variación de volúmenes de corte y terraplén, al mover la subrasante de su posición original.

Entre los costos unitarios de terraplén formado con material producto de corte y con material obtenido de préstamo.

Entre los costos que significa el acarreo del material de corte para formar el terraplén y su compactación en éste y el que significa la extracción del material de corte y el acarreo para desperdiciarlo.

d) Distancia económica de sobreacarreo:

El empleo de material producto de corte en la formación de terraplenes, está condicionado tanto a la calidad del material como a la distancia hasta la que es económicamente viable su traslado. Esta distancia está dada dada por la ecuación:

$$DME = \frac{(Pp + ad) - Pc + AL}{Psa}$$

en donde:

- $DME$ = Distancia máxima de sobreacarreo económico.
- $ad$ = Costo unitario de sobreacarreo del material de corte de desperdicio.
- $Pc$ = Precio unitario de la compactación en el terraplén del material producto del corte.

- $AL$ = Acarreo libre del material, cuyo costo está incluido en el precio de la excavación.
- $Pp$ = Costo unitario del terraplén formado con material producto de préstamo.
- $Psa$ = Precio unitario del sobreacarreo del material de corte.

## **2.7 Calculo de volúmenes y movimiento de terracerías.**

Para obtener la aproximación debida en el cálculo de volúmenes de tierra, es necesario conocer la elevación de la subrasante tanto en las estaciones cerradas como en las intermedias en las cuales existen cambios en la pendiente del terreno. También es conveniente calcular la elevación de los puntos principales de las curvas horizontales, en los que la sección transversal sufre un cambio importante a causa de la sobre elevación y la ampliación. Una vez que se obtiene la elevación de la subrasante para cada una de las estaciones consideradas en el proyecto, se determina el espesor correspondiente dado por la diferencia que existe entre las elevaciones del terreno y de la subrasante. Este espesor se considera en la sección transversal del terreno previamente dibujada, procediéndose al proyecto de la sección de construcción. El cálculo de los volúmenes se hace con base en las áreas medidas en las secciones de construcción.

### **2.7.1 Secciones de construcción.**

Es la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen los datos del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de

los materiales que formarán la estructura de pavimento. Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción se determinan en dos grupos que se mencionan a continuación.

- a) Los propios del diseño geométrico.
- b) Los señalados por el procedimiento a que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

Los elementos relativos al primer grupo se mencionan a continuación:

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| A.1) Espesor de corte o terraplén. | A.8) Espesor de pavimento.           |
| A.2) Ancho de corona.              | A.9) Ancho de subcorona.             |
| A.3) Ancho de calzada.             | A.10) Talud de corte o de terraplén. |
| A.4) Ancho de acotamiento.         | A.11) Dimensión de las cunetas.      |
| A.5) Pendiente transversal.        |                                      |
| A.6) Ampliación de curvas.         |                                      |
| A.7) Longitud de transición.       |                                      |

Los elementos que forman el segundo grupo se mencionan a continuación:

- B.1) Despalme.
- B.2) Compactación del terreno natural.
- B.3) Escalón de liga.
- B.4) Cuerpo del terraplén.
- B.5) Capa subrasante.
- B.6) Cuña de afinamiento.
- B.7) Muro de retención.

A continuación se describen algunas funciones de los conceptos anteriores:

- **Despalme.** Es la remoción de la capa superficial del terreno natural que, por sus características no es adecuada para el desplante de un camino.
- **Compactación de terreno natural.** Esta compactación es la que se aplica al material del terreno existente sobre el cuál se desplantará nuestro camino, para proporcionarle a este material el peso volumétrico requerido.
- **Escalón de liga.** Este se forma en el área de desplante de un terraplén, cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación de un talud, por ejemplo 1.5:1 con el objetivo de obtener una liga adecuada y así evitar un deslizamiento del terraplén.
- **Cuerpo del terraplén.** Es la parte del terraplén que queda por debajo de la subcorona.
- **Capa subrasante.** Es la porción subyacente a la subcorona, tanto en corte como en terraplén, generalmente es de 30 centímetros su espesor y se compone por suelos seleccionados para soportar las cargas que le transmite la capa superior.

- **Cuña de afinamiento.** Es el aumento lateral que se le da a un talud de terraplén para lograr la compactación debida en las partes contiguas a él, su forma es triangular.
- **Muro de retención.** Este tipo de muros se construye cuando la línea de ceros del terraplén no llega al terreno natural cuya ubicación y altura están dadas como resultado de un estudio económico.
- **Berma.** En un terraplén, está formado por el material que se coloca adosado a su talud, con el propósito de brindarle mayor estabilidad al terraplén.

A continuación se muestra el esquema de una sección transversal de construcción en terraplén.

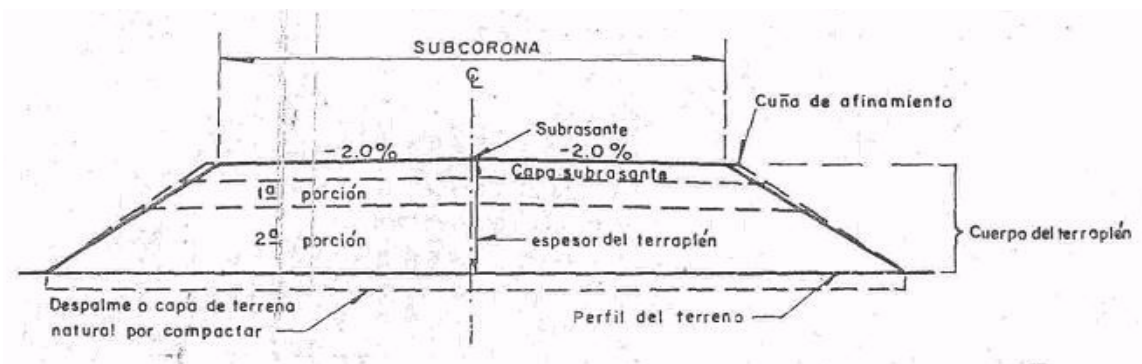


Figura 2. Sección transversal en terraplén.

A continuación se presenta una sección transversal de construcción en corte.

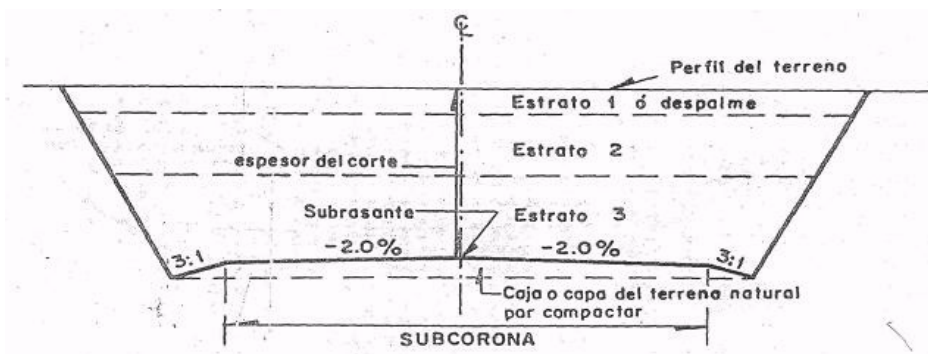


Figura 3. Sección transversal en corte.

A continuación se presenta una sección transversal de construcción en corte y terraplén así como un escalón de liga.

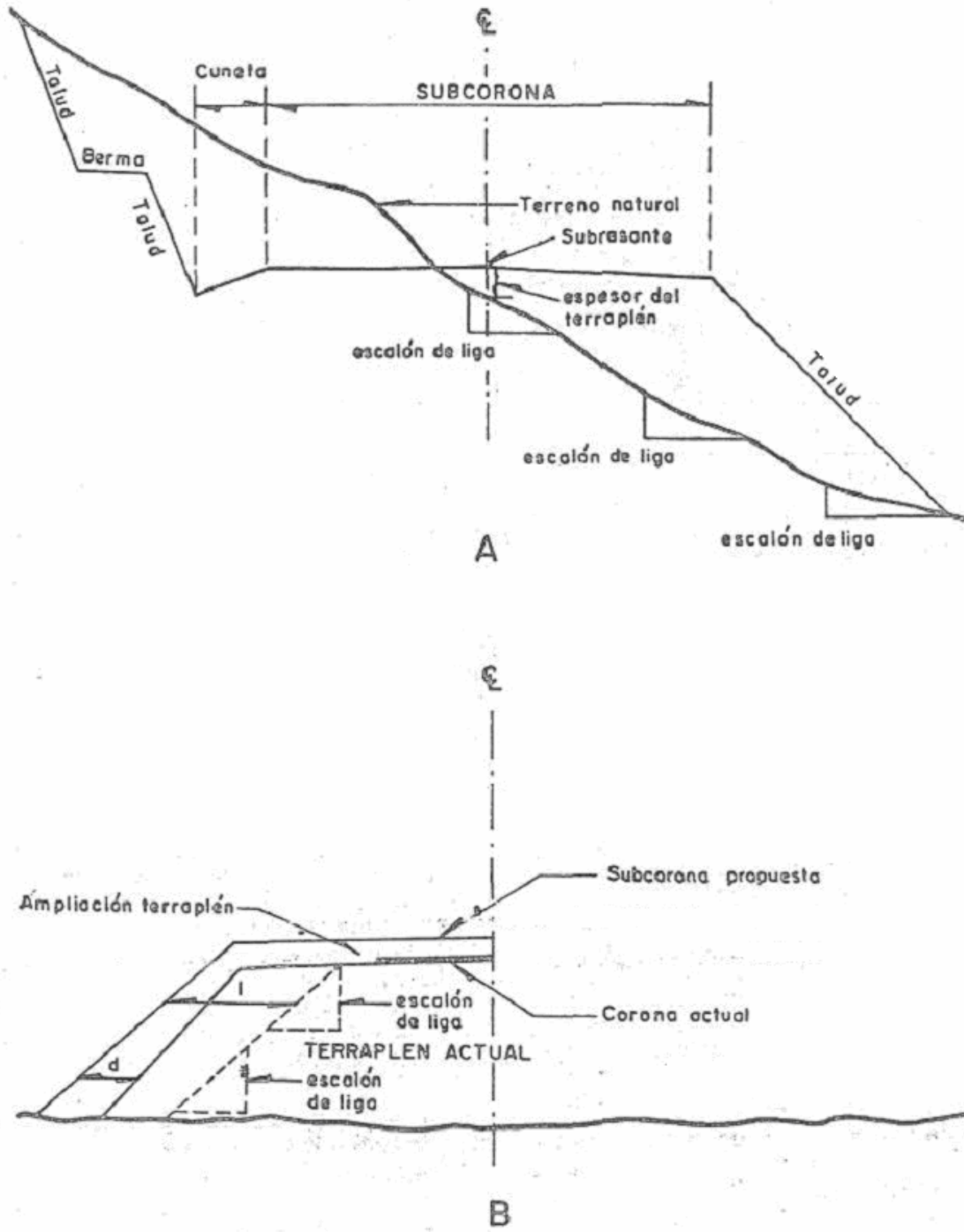


Figura 4. Sección transversal en balcón y escalón de liga.



## 2.7.2 Determinación de áreas.

Para fines de presupuesto y pago de la obra, es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplén, para lograrlo es necesario calcular el área de las distintas porciones consideradas en el proyecto de la sección de construcción. Se mencionan los distintos procedimientos para la obtención de éstas áreas, el Método analítico, Método gráfico, Método del planímetro y en nuestra actualidad el mas usual es la computadora por medio de programas existentes.

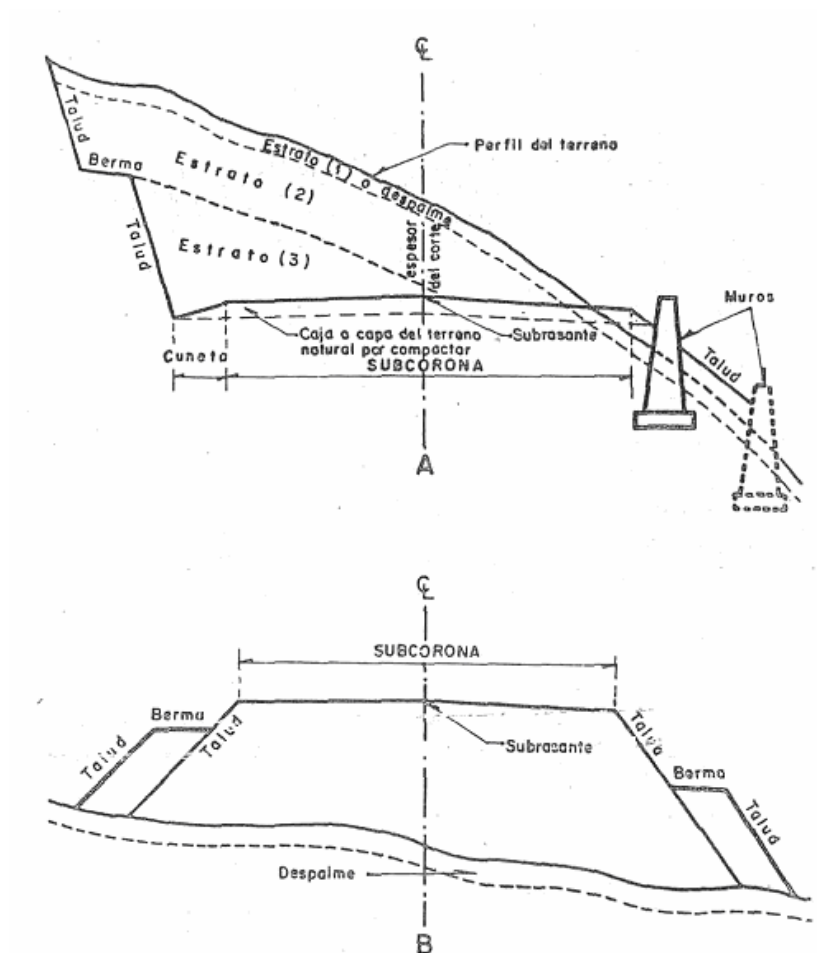


Figura 5. Muros y bermas.

### **2.7.3 Cálculo de volúmenes.**

El cálculo de volúmenes de tierras requiere suponer que el camino está formado por una serie de prismoides tanto en corte como en terraplén.

### **2.7.4 Coeficiente de variabilidad volumétrica.**

El material ya sea de corte o de préstamo empleado en la formación de los terraplenes, experimenta un cambio de volumen al pasar de su estado natural a formar parte del terraplén, por lo tanto es muy importante el conocimiento de este cambio para la adecuada determinación de los volúmenes y movimientos de tierra considerables.

El coeficiente de variabilidad volumétrica es la relación que existe entre el peso volumétrico del material en su estado natural y el peso volumétrico que ese mismo material tiene al formar parte del terraplén, este coeficiente se aplica al volumen del material en su estado natural para obtener su volumen en el terraplén.

El coeficiente será mayor que la unidad, cuando un metro cúbico de terraplén pueda construirse con un volumen menor de material, obtenido en el corte o en el préstamo; el coeficiente será menor que la unidad cuando el volumen de terraplén requiera un volumen mayor de material constitutivo.

### **2.7.5 Ordenadas de curva masa.**

La ordenada de curva masa en una estación determinada es la suma algebraica de los volúmenes de terraplén y de corte, estos últimos afectados por su coeficiente de variación volumétrica, considerados los volúmenes desde un origen hasta la

estación correspondiente, se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos.

### **2.7.6 Movimiento de terracerías.**

Los volúmenes ya sean de corte o de préstamo, deben ser transportados para formar los terraplenes; sin embargo, en algunos casos, parte de los volúmenes de corte deben desperdiciarse, para lo cual se transportan a lugares convenientes fuera del camino.

La manera de determinar estos movimientos de tierra y obtener el menor costo posible con el diagrama de masas se logra, este se define como la curva resultante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de curva masa.

Para la determinación de la subrasante económica, es preciso conocer el precio unitario de cada uno de los conceptos que comprenden los movimientos de terracerías, para que al multiplicarlo por el volumen de obra respectivo, sea posible obtener la erogación correspondiente a cada uno de esos conceptos y se determine si la subrasante obtenida es la mas económica.

Puede determinarse que la subrasante obtenida se acerque a la económica, así mismo los precios unitarios supuestos para el proyecto se aproximen a los precios unitarios de la obra.

A continuación se presentan algunos conceptos dando su definición enfocados a su forma de pago.

1. **Despalme.** El pago se realiza midiendo el volumen geométrico de excavación, en metros cúbicos y multiplicándolo por su precio unitario.

2. **Corte o excavación.** El pago se realiza obteniendo el volumen geométrico de excavación multiplicándolo por el precio unitario, éste se fija de acuerdo al tipo de material existente.
3. **Prestamos laterales.** Son las excavaciones ejecutadas dentro de fajas ubicadas paralelamente al eje del camino a uno o ambos lados de él, con anchos determinados en el proyecto y cuyos materiales se utilizan exclusivamente para la formación de terraplenes contiguos, el pago se realiza como los conceptos anteriores.
4. **Préstamos de banco.** Son ejecutados fuera del límite de cien metros de ancho y ejecutados dentro de éste, cuyos materiales se emplean en el uso de construcción de terraplenes, el pago se realiza como el de corte o excavación.
5. **Compactación.** Es la operación mecánica que se ejecuta para reducir el volumen de los vacíos existentes entre las partículas sólidas de un material, esto con el objeto de mejorar sus características de deformabilidad y resistencia y brindarle mayor durabilidad a la estructura, el pago se realiza con base al volumen geométrico en el terraplén multiplicado por el precio unitario correspondiente, el cuál va en función del grado de compactación requerido.
6. **Bandeado.** Es el tratamiento mecánico que se aplica con equipo pesado de construcción al material que por las dimensiones de sus fragmentos no se le puede considerar susceptible de compactación normal, en el sentido de que los resultados del proceso de compactación de campo no pueden controlarse con las pruebas de laboratorio.

El pago de este concepto se obtiene con el volumen geométrico en el terraplén multiplicado por el precio unitario correspondiente, de tal manera que éste va en función del número de pasadas con la máquina.

7. **Agua para compactación.** Es el volumen de agua que se requiere incorporar a las terracerías, con el fin de lograr la compactación que nos solicita el proyecto. Este pago se hace con base a los volúmenes de agua medida en las pipas en el lugar de aplicación, multiplicándolo por el precio unitario correspondiente.

8. **Acarreos.** Son el transporte de material producto de cortes o prestamos, a lugares fijados para construir un terraplén o depositar un desperdicio.

- *Acarreo libre.* Este se efectúa dentro de una distancia de 20 m.
- *Sobreacarreo en  $m^3$ -estación.* Cuando la distancia entre los centros de gravedad esta comprendida entre 20 y 120 m.
- *Sobreacarreo en  $m^3$ -kilómetro.* Cuando la distancia entre los centros de gravedad excede de 520 m.

A cada uno de estos tipos de acarreo corresponde un precio unitario distinto, a excepción del acarreo libre que su precio se incluye en el de la excavación.

## **2.8 Diseño de Intersecciones.**

En el presente subtema se da a conocer la definición de una intersección y su variedad de tipos, también se explica la razón de por que es tan importante diseñar una buena intersección con todas las medidas de seguridad necesarias.

### **2.8.1 Definición.**

Una intersección es el área donde dos o más carreteras se cruzan o se unen. Un entronque es donde dos o más caminos se cruzan o se unen, mezclando las corrientes de tránsito. Un paso es donde dos vías terrestres se cruzan sin que se unan las corrientes de tránsito.

Cada camino que sale o llega a la intersección y forma parte de esta, es llamada rama. Y a las vías que unen distintas ramas en una intersección, se le llama enlaces, y a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel se les llama rampas.

### **2.8.2 Maniobras de vehículos.**

Es la zona de una intersección donde el conductor del vehículo, realiza las operaciones para ejecutar las maniobras requeridas. Según lo mencionado por, (MPGC, SCT, 1974), esta incluye el área potencial de colisión y la parte de los accesos a la intersección, desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos.

La proyección de una intersección, inicia con el estudio de las áreas de maniobras, estas pueden ser, simples, múltiples y compuestas. Las simples, aparecen cuando dos vías de un solo carril y un solo sentido de circulación cruzan, convergen o divergen. Las múltiples cuando más de dos vías de un solo carril y un solo sentido de circulación cruzan, convergen o divergen. Y compuestas, siempre que las maniobras se efectúen en más de un solo carril de circulación.

Se deben evitar las áreas de maniobra múltiples, puesto que los conductores que circulan por las diferentes vías se confunden al llegar al área potencial de colisión y ocasionan problemas en la capacidad y la seguridad. Un conductor puede cambiar la ruta sobre la cual viene manejando, a otra diferente trayectoria o cruzar la

corriente de tránsito interpuesta entre él y su destino. Siempre que exista la divergencia, convergencia, o cruce, existe un conflicto entre los usuarios participantes en las maniobras; es decir, incluye a usuarios cuyas trayectorias se unen, se cruzan o separan.

En la siguiente figura se ilustran algunos de los diferentes tipos de maniobras.

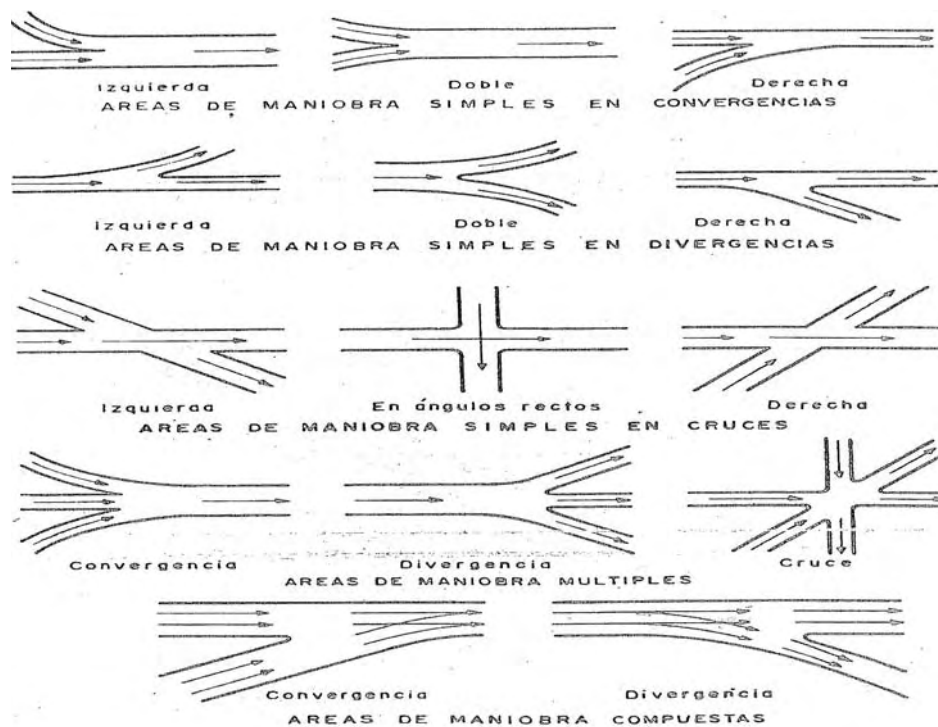


Figura 6. Maniobras de vehículos.

### **2.8.3 Proyecto de Intersección.**

En este subtema se dan a conocer observaciones de las maniobras que se toman en cuenta para diseñar intersecciones y que es muy importante considerar el vehículo de proyecto.

#### **2.8.3.1 Curvas en intersecciones.**

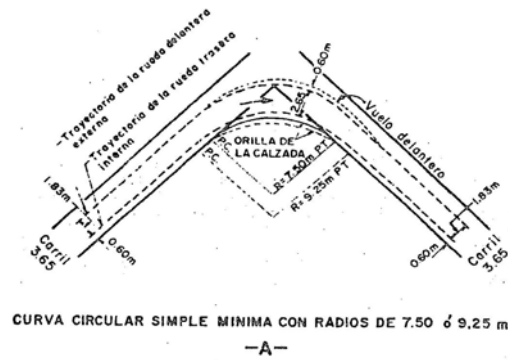
Cuando se proyecten curvas en espacios reducidos, deberán usarse como base del diseño la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto. Esta se inicia entre las huellas dejadas por las llanta delantera externa y trasera interna de un vehículo circulando a una velocidad de 15 Km./h. "Las curvas de la orilla interna de la calzada que se adaptan a la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto, se les considera como de diseño mínimo". (SCT; 1974: 471).

A continuación se describen los distintos tipos de diseño.

*Diseño mínimo para vueltas forzadas.* Para determinar los radios de la orilla interna de la calzada, en curvas, y se permita colocar la trayectoria mínima del vehículo de proyecto, debe suponerse que este vehículo transita adecuadamente sobre su carril, al entrar y al salir de la curva, esto es a 0.60m de la orilla interna de la calzada.

Existen diferencias entre las trayectorias internas de los vehículos que dan vuelta a la izquierda y las de los que dan vuelta a la derecha. A continuación se ilustran los diferentes tipos de curvas y sus características.





rvas de las figuras 2.8.4.1 a la 2.8.4.3, son

**Figura 7. Tipos de curvas.**

### 2.8.3.2 Carriles de cambio de velocidad.

Son aquellos que se aumentan a la sección normal de una calzada, esto con el objeto de proporcionar a los vehículos un espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, así mismo puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse una intersección. Los carriles de cambio de velocidad pueden ser carriles de aceleración y carriles de desaceleración. (SCT; 1974: 529).

### 2.8.3.3 Carriles de aceleración.

Estos carriles permiten que los vehículos que entran a una vía principal de la intersección, adquieran la velocidad necesaria para incorporarse con seguridad a la corriente de tránsito, proporcionando la distancia suficiente para realizar dicha operación sin interrumpir la corriente de tránsito principal.

#### **2.8.3.4 Carriles de desaceleración.**

Estos carriles permiten que los vehículos que desean salir de una vía, disminuyan su velocidad después de haber abandonado la corriente de tránsito.

#### **2.8.3.5 Isletas.**

Es un área definida entre carriles de tránsito, se usa para controlar el movimiento de vehículos o para refugio de peatones.

A continuación se mencionan las funciones de las isletas:

- Separación de los conflictos.
- Control del ángulo de los conflictos.
- Reducción de las áreas pavimentadas.
- Canalización del tránsito, evitando movimientos erráticos en la intersección.
- Disposición para favorecer los movimientos predominantes.
- Protección para peatones.
- Protección almacenamiento de vehículos que vayan a voltear o cruzar.
- Ubicación de dispositivos para el control de tránsito.

Pueden ser de tres tipos, canalizadoras, separadoras y de refugio:

- *Canalizadoras:* Tienen por objeto dirigir el tránsito en una dirección adecuada, principalmente para dar vuelta.
- *Separadoras:* Se encuentran situadas longitudinalmente en una vía, separa el tránsito que circula en el mismo sentido o en sentidos opuestos.
- *De refugio:* Son áreas para el servicio y seguridad de los peatones.

#### **2.8.4 Entronques a nivel.**

Para este tipo de entronques, se requiere la realización de un proyecto que brinde al usuario efectuar oportunamente las maniobras necesarias de incorporación o cruce de las corrientes de tránsito.

Los entronques pueden ser de tres o de cuatro ramas, de ramas múltiples y de tipo glorieta. También, existen otras variedades como entronques simples, con carriles adicionales y canalizados.

Los factores más importantes en la selección de un tipo de entronque son: el volumen horario de proyecto de los caminos que se cruzan, su importancia y composición, además de la velocidad de proyecto. Algunas veces, las condiciones locales y el costo del derecho de vía, influyen en la selección del tipo de entronque.

A continuación se muestran los distintos tipos de entronques a nivel:

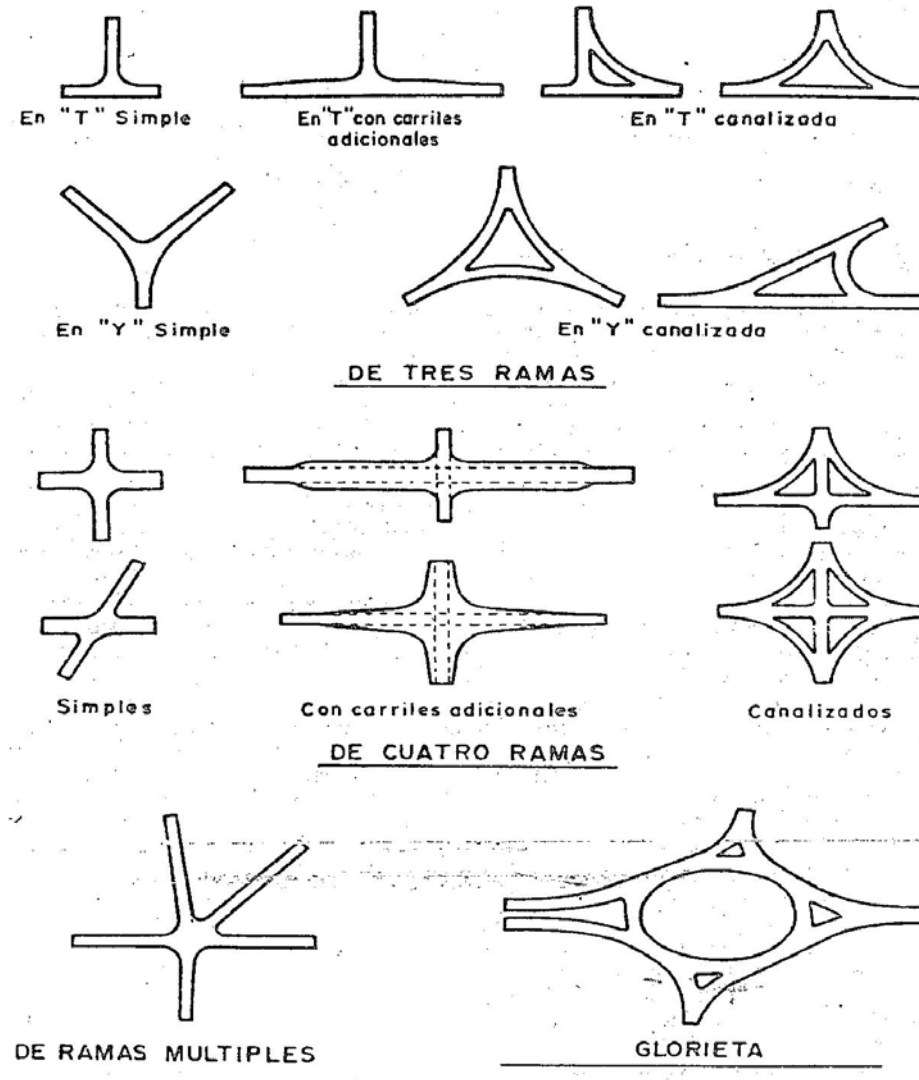


Figura 8. Entronques a nivel.

### 2.8.5 Entronques a desnivel.

Es el punto en el que dos o más vías terrestres se intersectan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una vía a otra, disminuyendo el número de puntos de conflicto; se consideran indispensables

cuando las intersecciones a nivel no tienen la capacidad suficiente para ofrecer los movimientos de la intersección.

La elaboración del proyecto va depender de factores como los volúmenes horarios de proyecto, el carácter y la composición del tránsito y la velocidad del proyecto.

En las intersecciones a desnivel, el tráfico de paso circula por calzadas con el mismo nivel de diseño que el tronco de la carretera. Los ramales de un enlace tienen que adaptar su velocidad de salida a las condiciones de las vías de entrada.

En ramales con longitudes muy estrictas y cambios bruscos de velocidad, es importante una adecuada señalización vertical y horizontal para conseguir un buen nivel de seguridad, incrementar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes así como mantener el flujo vehicular de una vía importante como puede ser una autopista.

## **2.9 Señalamiento.**

En este subtema se define lo que es un señalamiento, los diferentes tipos de señalamiento como lo es, señalamiento horizontal, señalamiento vertical, pintura, diferentes tipos de señalamientos en entronques, intersecciones, etcétera.

### **2.9.1 Definición de señalamiento.**

Un señalamiento en una vialidad o camino se considera como parte medular para un buen funcionamiento de ésta, ya que ofrece seguridad y confianza al

usuario. A continuación se presentan los distintos tipos de señalamiento utilizados para una vía terrestre.

### 2.9.1.1 Señalamiento Horizontal.

El señalamiento horizontal es el conjunto de marcas que tienen por objeto delinear las características geométricas de las vialidades y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, con el fin de regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas pueden ser rayas, símbolos, letras o dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vialidades. Dicho señalamiento se clasifica de la siguiente

Clasificación	Tipos de marcas
<b>M-1</b>	<b>Raya separadora de sentidos de circulación</b>
M-1.1	Raya continua sencilla (Calzada hasta 6,5 m)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Calzada hasta 6,5 m)
M-1.3	Raya continua doble (Calzada mayor de 6,5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Calzada mayor de 6,5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Calzada mayor de 6,5 m)
<b>M-2</b>	<b>Raya separadora de carriles</b>
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
<b>M-3</b>	<b>Raya en la orilla de la calzada</b>
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
<b>M-4</b>	<b>Raya guía en zonas de transición</b>
<b>M-5</b>	<b>Rayas canalizadoras</b>
<b>M-6</b>	<b>Raya de alto</b>
<b>M-7</b>	<b>Rayas para cruce de peatones</b>
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías rápidas
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en calles secundarias
<b>M-8</b>	<b>Marcas para cruce de ferrocarril</b>
<b>M-9</b>	<b>Rayas con espaciamiento logarítmico</b>
<b>M-10</b>	<b>Marcas para estacionamiento</b>
<b>M-11</b>	<b>Símbolos para regular el uso de carriles</b>
<b>M-12</b>	<b>Marcas en guarniciones</b>
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-12.2	Para delinear guarniciones
<b>M-13</b>	<b>Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodamiento</b>
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
<b>DH-1</b>	<b>Vialetas sobre el pavimento</b>
<b>DH-2</b>	<b>Vialetas sobre estructuras</b>
<b>DH-3</b>	<b>Botones</b>

manera.

señalamiento horizontal.

Figura 9. Clasificación de

### 2.9.1.2 Señalamiento vertical.

El señalamiento vertical es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas y/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 al camino.

Dicho señalamiento se clasifica de la siguiente manera.

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación De nomenclatura De ruta De kilometraje
SID	Señales informativas de destino Previas Diagramáticas Decisivas Confirmativas
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

Figura 10. Clasificación de señalamiento vertical.

De acuerdo a su estructura de soporte se clasifican en:

#### 1. Señales bajas.

- En un poste.
- En dos postes.

#### 2. Señales elevadas.

- Bandera.

- Bandera doble.
- Puente.

Existen varios tipos de señalamientos que se describen a continuación.

- *Señales Preventivas*. El objetivo de estas es indicar al usuario la presencia de un peligro potencial y su tipo. La forma más común de estas es un cuadrado con una de sus diagonales en posición vertical. Sus colores principales son el color amarillo y el negro mientras que sus dimensiones son de 60 cm de cada lado, pudiendo aumentar a 75 o 90. Se debe procurar colocarlas a una distancia razonable de manera que cerciore su eficiencia; lo recomendable es colocarlas a una distancia mayor a 90 m y menor a 225 m. Se deben ubicar del lado derecho del sentido de la circulación y procurando mantenerlas a la misma distancia a lo largo de la ruta (Crespo, 2002).



Figura 11. Señales preventivas (SP).



En el siguiente esquema se da a conocer la altura y distancia de las señales.

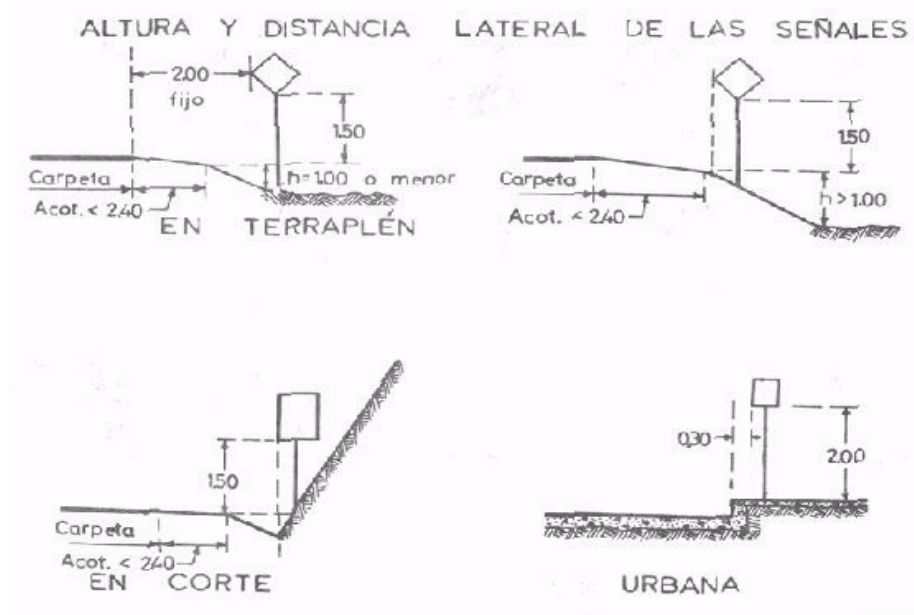


Figura 12. Especificaciones de señalamiento vertical.

- **Señales restrictivas.** El propósito de estas es plasmar algunos puntos del Reglamento de Tránsito con el fin de que el usuario las practique, es decir, sirven de recordatorio sobre algún movimiento limitado o prohibido. La forma más común de estas es un rectángulo colocado con uno de los lados menores en posición horizontal. Los colores principales de estas son el blanco, rojo y negro. Los rangos de medidas son de 70 X 42.5 cm en zonas rurales y de 50 X 30 cm en zonas edificadas. Las condiciones que deben respetarse en cuanto a su colocación son las mismas que para las señales preventivas. Lo que se debe tomar en cuenta es que a partir de su colocación empieza a funcionar la norma que estén indicando.
- **Señales informativas.** estas se colocan con la finalidad de aportar algún concepto de interés para el viajero. El tamaño de estas es de acuerdo a la

necesidad y su forma es rectangular. Las combinaciones de colores que estas presentan son diversas ya que pueden ser blancas con negro, azul con blanco y verde con blanco. En el área de estudio existen los tres tipos de señales. Las condiciones de estas no son las adecuadas pues se encuentran deterioradas, mal colocadas o bien falta algún tipo de señalamiento.

En la siguiente figura se presentan los distintos tipos de señalamiento restrictivo:



Figura 13. Señalamiento restrictivo.

En la siguiente figura se presentan los diferentes tipos de señalamiento informativo.



Figura 14. Señalamiento informativo.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO DE REFERENCIA.**

En el presente capítulo se dan a conocer características tales como la localización del tramo carretero desde una macrolocalización hasta una microlocalización, así como también la topografía, geología, hidrología, uso del suelo regional regional y de la zona en estudio; también se presenta un informe forográfico de la zona en estudio mostrando desde su entorno hasta las características físicas del tramo.

#### **3.1 Generalidades.**

La alternativa del Proyecto Geométrico del Camino Ziracuaretiro-La Ciénega en el tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega del kilómetro 6+500-9+500 tiene como objetivo presentar una alternativa de mayor seguridad y comodidad para los usuarios que transiten por esa vía, basado en cambios generales, como en el trazo del camino, amplitud, sobreanchos y verificación de sobreelevaciones en las curvas horizontales; así como una mejor visibilidad y reducir las pendientes longitudinales con el propósito de beneficiar a los vehículos que por ahí transitan.

#### **3.2 Resumen Ejecutivo.**

Se visitó el tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega, observando el tipo de camino, y sus características actuales como es ancho de calzada, ancho de corona, secciones transversales, sobreanchos y sobreelevaciones en curvas, así como el tipo de vehículos que transitan por la vía, con que frecuencia. En consecuencia se observó que este camino cuenta con un

exceso de curvas horizontales, que se pueden evitar trazando tangentes (rectas) mas largas, así como también curvas peligrosas con poca sobreelevación y sobreancho, también se observó que los taludes no cumplen en su pendiente para el tipo de material existente, ya que este es inestable.

En conclusión se debe realizar una alternativa de solución para este proyecto, modificando el trazo por medio de tangentes mas largas y curvas simples con la finalidad de dar una mayor seguridad y confiabilidad a los usuarios.

### **3.3 Entorno Geográfico.**

#### **3.3.1 Macro y Microlocalización.**

El municipio de Taretan se localiza al Oeste del estado de Michoacán, en las coordenadas 19° 20' de Latitud Norte y 101° 55' de Longitud Oeste, a una altura de 1130 metros sobre el nivel del mar; tiene una extensión territorial de 185.23 km<sup>2</sup> y representa el 0.31% de todo el estado de Michoacán. Sus límites son; al Norte con el Municipio de Ziracuaretiro, al Este con Santa Clara del Cobre, el Municipio de Ario de Rosales y la Ciudad de Uruapan, al Sur con Nuevo Urecho y el Municipio de Gabriel Zamora. Su distancia a la capital del estado, Morelia es de 158 Kilómetros por la vía a Uruapan. El tramo El Papayo-Mesa de Cazares-La Ciénega del km 6+500 al 9+500 km se encuentra hacia el noreste del Municipio de Ziracuaretiro sobre la carretera Ziracuaretiro- San Ángel Zurumucapio, en el kilómetro 2.5, se gira hacia la derecha y se localiza dicho tramo, que inicia en el kilómetro 0+000, el tramo en estudio se inicia en el kilómetro 6+500 y concluye en el 9+500.





Imagen 1. Localización del tramo en estudio. [www.mapas-michoacan.gob.mx](http://www.mapas-michoacan.gob.mx)

Imagen 2. Ubicación de algunas rancherías dentro de las cuales se encuentra Mesa de Cazares y La Ciénega. [www.mapas-michoacan.gob.mx](http://www.mapas-michoacan.gob.mx)



Imagen 3. Delimitación de entre que municipios se encuentra el tramo en cuestión, se sitúa entre Ziracuaretiro y San Angel Zurumucapio. [www.mapas-michoacan.gob.mx](http://www.mapas-michoacan.gob.mx)

### 3.3.2 Topografía Regional y de la Zona en Estudio.

La topografía del Municipio de Taretan se caracteriza por su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, la sierra de Santa Clara, los cerros de la cruz, Cobrero, Hornos, Mesa de García, Mesa de la Ex hacienda,

Palma, San Joaquín, Pelón y Guayabo, así como la Planicie del Llanito. La topografía del tramo es en lomerío y con mucha pendiente ascendente.

### **3.3.3 Geología Regional y de la Zona en Estudio.**

Para la zona del municipio de Taretan que por sus características geológicas forma parte del corredor Tarasco que datan los periodos cenozoico terciario inferior y eoceno, que corresponden principalmente a los del tipo podzólico y pradera de montaña.

### **3.3.4 Hidrología Regional y de la Zona en Estudio.**

Su hidrografía está constituida por los ríos Acámbaro, Paso del Reloj, El Guayabo y Hoyo del Aire; de igual manera por arroyos y manantiales de agua fría.

### **3.3.5 Uso del Suelo Regional y de la Zona en Estudio.**

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, terciario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en proporción semejante están dedicados a la actividad agrícola y ganadera.

## **3.4 Informe Fotográfico.**

### **3.4.1 Tipo de Terreno y Cobertura Vegetal.**

En las fotografías 1 y 2 se observa el tipo de vegetación entre los que se destacan pinos de varias especies, encinos y demás arbustos en general.



FOTO 1. Tipo de terreno forestal.



FOTO 2. Vegetación de la zona y tipo de suelo.

### **3.4.2 Problemas de Drenaje Superficial.**

El tramo muestra problemas de drenaje menores, como lo es asolve de cunetas y de obras de drenaje que con un mantenimiento menor se elimina, con el propósito de que en la temporada de lluvias no existan problemas de este tipo.





FOTO 3. Asolve de cunetas.



FOTO 4. Falta de mantenimiento.

En las fotografías se observan problemas de asolvamiento y cunetas sucias.

### 3.4.3 Estado Físico Actual.



FOTO 5, FOTO 6. Fotografías del tramo, que muestran el estado físico actual.

El estado físico actual del tramo es bueno, esta pendiente por terminarse, le falta el señalamiento horizontal y el barrido del sello.

#### 3.4.4 Vehículos que circulan por la vía.



FOTO 7. Vehículos A'2.



FOTO 8. Vehículos C'2.



FOTO 9. Vehículos ligeros A2.

En estas fotografías se observan los diferentes vehículos que circulan por la vía.

#### 3.4.5 Obstáculos Especiales.

En este tramo no se encuentran obstáculos especiales.

### **3.5 Estudios de Tránsito.**

#### **3.5.1 Tipo y Clasificación de los vehículos.**

El tipo de vehículos que transitan por nuestra zona en estudio son de clasificación A2 (automóviles), A'2 (camión ligero con capacidad de carga de hasta 2 toneladas, C2 (camión de 2 ejes), C3 (camión de 3 ejes).

#### **3.5.2 Aforo vehicular.**

El aforo realizado durante una semana nos dio como resultado un TPDA (Transito Promedio Diario Anual) de 250 vehículos.

### **3.6 Alternativas de Solución.**

#### **3.6.1 Planteamiento de Alternativas.**

Las alternativas posibles se presentan a continuación.

- Hacer el rediseño geométrico de todo el proyecto existente, con el propósito de disminuir la pendiente longitudinal e incrementar las tangentes existentes
- Elaborar un diseño totalmente distinto donde se reduzca la longitud del tramo con la finalidad de eliminar curvas peligrosas y el trayecto del camino sea mas rápido.
- Modificar el trazo de las curvas existentes, de tal manera que tengan una mayor amplitud, una mejor sobreelevación con la finalidad de ofrecer mayor seguridad al usuario.

### **3.6.2 Alternativa a usar.**

La alternativa a usar es modificar el trazo de las curvas existentes, de tal manera que tengan una mayor amplitud, una mejor sobreelevación, con la finalidad de ofrecer mayor seguridad al usuario.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se da a conocer toda la metodología utilizada para este proyecto, definiendo el método empleado, la importancia de la investigación, el alcance que tiene, así como también el diseño que se empleó para ésta investigación, los instrumentos de recopilación de datos y la descripción del proceso de investigación.

#### **4.1 Método empleado.**

El método empleado fué el *Método Matemático* que consiste en la aplicación de números, que es este caso ya que se realizan cálculos matemáticos.

“En cualquiera investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo”. ( Mendieta ; 2005: 48,49 ).

##### **4.1.1 Método Analítico.**

Este método consiste en la “observación y examen de hechos, es decir, la descomposición de un todo en sus elementos. Este método distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado”. (Jurado Rojas; 2005, 2.3 )

El investigador tiene que cubrir sistemáticamente varias fases de manera continúa.

- Observación.
- Descripción.
- Descomposición del fenómeno.
- Enumeración de sus partes.
- Ordenación.
- Clasificación.

## **4.2 Enfoque de la Investigación.**

El enfoque de la presente investigación es *cuantitativo*, ya que ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos, también nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

Los métodos cuantitativos han sido los más usados por ciencias como la Física, Química, y Biología; son propios de las ciencias exactas.

### **4.2.1 Alcance.**

El alcance de esta investigación es de tipo *descriptivo*. “Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” ( Danhke, 1989 ). Miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

#### **4.3 Diseño de la Investigación.**

La presente investigación tiene un diseño de tipo *no experimental*, por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos. Esta investigación se enfoca a analizar:

- Cuál es el nivel, estado o presencia de una o diversas variables en un momento dado.
- Evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo.
- Determinar o ubicar cuál es la relación entre un conjunto de variables en un momento.

Para este caso el diseño apropiado es el transversal o transeccional , ya que éste recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único.

#### **4.4 Instrumentos de Recopilación de Datos.**

En los métodos cuantitativos es frecuente que se incluyan varios tipos de cuestionarios al mismo tiempo que pruebas estandarizadas y recopilación de contenidos para análisis estadístico.

A continuación se describen algunas características del método cuantitativo.

- Cualquier instrumento de recolección de datos debe cubrir dos requisitos que son la *confiabilidad* y la *validez*.

- La confiabilidad cuantitativa se refiere al grado en que la aplicación repetida de un instrumento de medición, al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados.
- La validez cuantitativa se refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente la(s) variable(s) que pretende medir.
- Los factores que principalmente pueden afectar la validez cuantitativa son: improvisación, utilizar instrumentos desarrollados en el extranjero y que no han sido validados para nuestro contexto, poca o nula empatía con el respondiente, factores de aplicación. (Hernández:2004,477)

#### **4.5 Descripción del proceso de Investigación.**

El presente trabajo de tesis se desarrolló partiendo de la ubicación de un tramo de camino, a continuación checar si se tenía o no, el proyecto geométrico. A continuación fue necesario recurrir a la investigación documental para recabar los datos teóricos indispensables que soportará la revisión de dicho proyecto. Por consecuencia fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos. A continuación se hizo la captura de datos utilizando los programas de cómputo Autocad y Civilcad y se contrastó con la teoría recabada, haciendo un estudio minucioso del proyecto hasta lograr conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo y a la pregunta de investigación de esta tesis.



## CAPÍTULO 5

### CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Haciendo una comparativa del proyecto original realizado por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Estado de Michoacán ( SCOP ), con el realizado para este trabajo de tesis llamado Alternativa de Proyecto Geométrico del camino Ziracuaretiro-La Ciénega en el tramo El Papayo-Mesa de Cazares- La Ciénega del kilómetro 6+500-9+500 en el Municipio de Taretán en el Estado de Michoacán trae como resultados positivos algunos puntos que se mencionan a continuación:

- Menor número de curvas para el tramo de 3 kilómetros de longitud, reduciendo de manera importante las existentes en el proyecto original que son 32 a tan sólo 12 curvas en la Alternativa de Proyecto Geométrico.
- Incremento en la proyección de tangentes (rectas) de mayor longitud, por consecuencia un menor tiempo de recorrido de los tres kilómetros que comprende el tramo.
- Mayor visibilidad para aumentar la confiabilidad del usuario al transitar por el camino.

- Incremento en la velocidad de operación en el camino, ya que esta proyectado con una velocidad de operación correspondiente a volúmenes de tránsito bajos con la finalidad de acercarnos a la velocidad de proyecto.
- Mayor distancia de visibilidad para que el usuario pueda detenerse antes de golpear algún obstáculo que le impida continuar su trayecto.
- Mayor distancia de visibilidad de rebase, debido a la existencia de mayores tangentes sin que se exponga a alguna situación de peligro de colisión con otro vehículo que circule en sentido opuesto.

## MEMORIA DE CÁLCULO, CURVAS VERTICALES.

Aplicando la fórmula:  $Z_n = Z_o + (P1/100 - A1/200L)1$

<b>Datos de curva (1)</b>					
Pendiente %			PIV		
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
3.164	3.608	6+703.388	586.1438		
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -0.444%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	<i>PCV</i>	6+698.388	585.986	585.986
1	<i>PTV</i>	6+708.388	586.324	586.324

<b>Datos de curva (2)</b>					
Pendiente %			PIV		
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
3.608	2.317	6+973.415	595.8869		
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 1.291%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	<i>PCV</i>	6+968.415	595.706	595.706
1	<i>PTV</i>	6+978.415	596.003	596.003

<b>Datos de curva (3)</b>					
Pendiente %			PIV		
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
2.317	5.581	7+103.460	598.8999		
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.264%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	<i>PCV</i>	7+093.460	598.668	598.668
1	<i>PTV</i>	7+113.460	599.458	599.458

<b>Datos de curva (4)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
5.607	1.115	7+495.645	617.4536	20.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 4.492%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	7+485.645	616.893	616.893
1	PTV	7+505.645	617.565	617.565

<b>Datos de curva (5)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
1.115	0.135	7+658.683	619.2709	10.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 0.979%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	7+653.683	619.215	619.215
1	PTV	7+663.683	619.278	619.278

<b>Datos de curva (6)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.135	6.502	7+855.723	619.5378	40.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -6.367%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	7+835.723	619.511	619.511
1	PTV	7+855.723	619.538	619.856
2	PTV	7+875.723	620.838	620.838

<b>Datos de curva (7)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de	Intervalo

Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	curva (N)	entre estaciones (mts)
6.502	9.173	8+030.631	630.9111	20.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -2.670%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	8+020.631	630.261	630.261
1	PTV	8+040.631	631.828	631.828

<b>Datos de curva (8)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
9.173	0.517	8+239.545	650.0745	30.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 8.656%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	8+224.545	648.699	648.699
1	PTV	8+244.545	650.100	649.956
2	PTV	8+254.545	650.152	650.152

<b>Datos de curva (9)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.517	4.463	8+281.939	650.2938	60.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.945%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	8+292.777	650.350	650.350
1	PTV	8+312.777	651.670	650.585
2	PTV	8+332.777	652.562	651.083
3	PTV	8+352.777	653.455	653.455

<b>Datos de curva (10)</b>					
<b>Pendiente %</b>		<b>PIV</b>		Longitud de	Intervalo

Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	curva (N)	entre estaciones (mts)
4.463	-3.025	8+418.111	656.3706	30.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 7.487%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	8+403.111	655.701	655.701
1	PTV	8+423.111	656.219	656.095
2	PTV	8+433.111	655.917	655.917

<b>Datos de curva (11)</b>					
Pendiente %	PIV			Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
-3.025	0.287	8+678.559	648.4933	20.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -3.312%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	8+668.538	648.796	648.796
1	PTV	8+688.538	648.522	648.522

<b>Datos de curva (12)</b>					
Pendiente %	PIV			Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación		
0.703	9.253	8+949.874	649.9168	50.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = -8.550%</b>				Tipo de curva: En columpio	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	PCV	8+924.874	649.741	649.741
1	PTV	8+944.874	649.882	650.224
2	PTV	8+964.874	651.305	651.390
3	PTV	8+974.874	652.230	652.230

<b>Datos de curva (13)</b>					
Pendiente %	PIV			Longitud de	Intervalo

Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	curva (N)	entre estaciones (mts)
9.253	3.876	9+172.016	670.4715	20.00	20.00
<b>Diferencia algebraica de pendientes (A) = 5.377%</b>				Tipo de curva: En cresta	

Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)
0	<i>PCV</i>	9+162.016	669.546	669.546
1	<i>PTV</i>	9+182.016	670.859	670.859

## CONCLUSIÓN

Luego de realizar el análisis completo de la investigación se concluye que la Alternativa de Proyecto Geométrico del camino Ziracuaretiro-La Ciénga en el tramo El Papayo-Mesa de Cázares-La Ciénega del kilómetro 6+500 al 9+500 en el Municipio de Taretan, Michoacán, es mejor que el proyecto original, debido a que esta investigación tiene como objetivo general realizar una alternativa donde se reduzca de manera importante la cantidad de curvas existentes, esto con el propósito de que el tramo ofrezca una mayor seguridad para el usuario. Se lograron reducir del proyecto original que consta de 32 curvas a tan sólo 12 curvas, por consiguiente incrementando la seguridad de los usuarios y disminuyendo de manera importante los accidentes, así como el tiempo en transcurrir el tramo carretero.

En el presente trabajo la pregunta de investigación es:

¿Cuál es el propósito de realizar una alternativa de proyecto geométrico para este tramo?

La respuesta a esta pregunta es, que el propósito de realización es sin lugar a dudas el mejorar el trazo del camino dando lugar a tangentes más largas (rectas) proyectar curvas simples, con la finalidad de ofrecer una mayor seguridad al usuario y el conducir con una mayor confiabilidad; también el ofrecer una mejor visibilidad debido a las curvas más abiertas el usuario tiene mayor confianza al transitar la vía.



Con la presente tesis fue posible darnos cuenta de todos los puntos que deben ser tomados en cuenta para la buena realización de un proyecto geométrico, desde localizar la mejor ruta por donde va a pasar el camino, sin olvidar que siempre van a existir puntos obligados por donde tiene a que pasar el camino como pueden ser poblaciones, áreas productivas, etcétera. Este punto es muy interesante ya que involucra levantamientos importantes de los cuales dependen los costos de un camino.

Sin duda la elección de la mejor ruta tiene que involucrar topografía (tipo de terreno), geología (tipo de suelo), hidrología (escurrimientos naturales, ríos, presas, etcétera), drenaje y usos de la tierra, una vez situada la línea del camino se inicia con la elaboración del proyecto.

Otro punto muy importante en este trabajo de tesis es el que define al señalamiento y sus tipos, ya que este es parte vital en las vías terrestres para el óptimo funcionamiento de ésta, debido a que nos ofrece seguridad y confianza. El primer tipo de señalamiento es el *horizontal* que consta de marcas como pueden ser rayas, símbolos, letras o dispositivos que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vialidades. El segundo tipo de señalamiento es el *vertical* que es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas y/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 al camino.

## BIBLIOGRAFÍA

Alfonso Mier S. José (1987)

Introducción a la Ingeniería de Caminos

UMSNH. México.

Arias Rivera G. Carlos (1986)

Cuaderno de Comportamiento de Suelos

Facultad de Ingeniería Civil. UNAM

Hernández Sampieri Roberto y Cols (2004)

Metodología de la Investigación

Editorial Mc. Graw Hill. México.

Jurado Rojas, Yolanda (2005)

Técnicas de Investigación Documental

Editorial Thompson. México.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (SCT)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. 1991

México.

**Páginas de internet visitadas:**

[www.udlap.com.mx](http://www.udlap.com.mx)

[www.michoacán-travel.com](http://www.michoacán-travel.com)

Programa satelital google earth