



**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación N° 8727 – 15  
a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil.

**ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO PARA EL  
ENTRONQUE “CARACHA” KM. 92 + 739 DEL CAMINO DIRECTO  
PÁTZCUARO – URUAPAN.**

Tesis  
Que para obtener el título de  
Ingeniero Civil  
Presenta:

**Juan Ricardo Puga Magaña.**

Asesor:

M.I. Esteban Brito Chávez.

Uruapan, Michoacán, 2008.

Gracias.

***A Dios***

Por permitirme llegar a  
este momento de mi vida.

***A mis padres y hermanos.***

Por su amor y apoyo incondicional.

***A mis profesores.***

Por su paciencia, enseñanzas y  
por compartir parte de su vida.

***A mis compañeros.***

Por su apoyo, amistad y  
por coincidir.

## INDICE.

### Introducción.

Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema.....	5
Objetivos.....	5
Pregunta de investigación.....	6
Justificación.....	6
Delimitación.....	7

### Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1 Antecedentes de los caminos.....	8
1.2 Inventario de caminos.....	10
1.3 Elementos de la Ingeniería de tránsito usados para el proyecto.....	12
1.4 Velocidad.....	25
1.5 Volumen de tránsito.....	28
1.6 Densidad de tránsito.....	32
1.7 Derecho de vía.....	33
1.8 Capacidad y nivel de servicio.....	33
1.9 Distancia de visibilidad.....	33
1.10 Mecánica de suelos.....	35

### Capítulo 2.- Proyecto geométrico.

2.1 Proceso para la selección de ruta.....	40
2.2 Método para desarrollar el proyecto.....	43
2.3 Alineamiento horizontal.....	50
2.4 Alineamiento vertical.....	70

2.5 Elementos que integran y definen las Secciones Transversales.....	79
2.6 Proyecto de subrasante y calculo del movimiento de las terracerias...	93
2.7. Diseñó de intersecciones.....	102
2.8 Señalamiento.....	139

### **Capítulo 3.- Marco de referencia.**

3.1 Generalidades.....	150
3.2 Resumen Ejecutivo.....	150
3.3 Entorno geográfico.....	152
3.4 Informe fotográfico.....	157
3.5 Estudios de tránsito.....	161
3.6 Alternativas de solución.....	162

### **Capítulo 4.- Metodología.**

4.1 Método empleado.....	163
4.2 Enfoque de la investigación.....	164
4.3 Diseño de la investigación.....	166
4.4 Instrumentos de recopilación de datos.....	167
4.5 Descripción del procedimiento de investigación.....	167

### **Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.**

5.1 Análisis e interpretación de resultados.....	170
--	-----

<b>Conclusiones.....</b>	<b>180</b>
--------------------------	------------

<b>Bibliografía.....</b>	<b>182</b>
--------------------------	------------

### **Anexos**



## Resumen.

La presente tesis con nombre “Alternativa de proyecto geométrico para el entronque “Caracha” Km. 92 + 739 del camino directo Pátzcuaro – Uruapan” tiene como objetivo realizar modificaciones geométricas al entronque Caracha que aumenten el grado de seguridad y eliminen la posibilidad de una colisión a los usuarios que circulan a través de este y plantea como pregunta de investigación: Geométricamente ¿Cuáles son las modificaciones a realizar al entronque Caracha?, para dar respuesta a la anterior interrogante se presenta el capítulo 2 cuyo título es Proyecto Geométrico en el cual podemos consultar en resumen la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el diseño geométrico de carreteras, en el cual encontramos el subcapítulo 2.7 de nombre “Diseño de intersecciones” en el que se puede observar todo lo referente a dimensiones de enlaces, rampas, longitudes de transición, carriles de aceleración y desaceleración entre otros elementos. Se realizaron las modificaciones geométricas propuestas por medio de un programa llamado CivilCad el cual utiliza como base para su trazo las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras por lo tanto las correcciones llevadas a cabo en el programa de computadora coincide con la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Tales correcciones fueron eliminar los enlaces T-10 que capta el flujo vehicular proveniente de Uruapan con dirección a Ziracuaretiro y el T – 30 que capta el flujo vehicular proveniente de Pátzcuaro con dirección a Caracha y se agregaron los enlaces T-500 que el flujo vehicular proveniente de Uruapan con dirección a Ziracuaretiro y el T-600 que capta el flujo vehicular proveniente de Pátzcuaro con dirección a Caracha. El resultado de tal planteamiento arrojó los dos nuevos enlaces con sus correspondientes zonas de transición y zonas de desaceleración que facilitarían y darán seguridad de manera decisiva en el acceso a los usuarios que viajan a través de la Autopista Siglo XXI con destino a las poblaciones de Ziracuaretiro o Caracha respectivamente; además se realizó el proyecto de señalamiento para el acceso al entronque y facilitar el acceso a los conductores.

# INTRODUCCIÓN.

## **Antecedentes.**

De acuerdo con la página electrónica [www.ecumed.net](http://www.ecumed.net) los caminos aparecieron cuando los humanos fijaron su residencia como consecuencia de la revolución agraria del Neolítico. Los primeros caminos eran senderos, carriles o marcados por el uso, medios espontáneos o no producidos deliberadamente. Las expediciones guerreras, primero, y las comerciales incluso religiosas, más tarde, facilitaron redes de vías de longitud y extensión variable.

En la Babilonia de Nabucodonosor II existían sendas que comunicaban las principales ciudades de Mesopotamia y éstas con las de Egipto, Siria, Palestina y Asia Menor. El antiguo Egipto también disponía asimismo de vías de comunicación por tierra.

Por regla general, las sendas de la antigüedad no eran de uso permanente, sino solo transitables durante la estación seca. Algunas cambiaban de trazado de un año al siguiente.

La construcción intencionada de caminos coincide con la aparición de vehículos con ruedas en los países del Mediterráneo oriental y central, y de un modo muy significativo en la isla de Malta, entre el Neolítico inferior y la era de Bronce, en pleno desarrollo de la civilización urbana. Los vehículos con ruedas se conocen con el nombre de carros y los caminos aptos para su paso son las carreteras. Los carriles de las primeras carreteras tenían entre 8 y 15 cm. de profundidad, unos 20 cm. de grosor y entre 112 y 145 cm. de ancho.

China contó con la más antigua red permanente de caminos terrestres conocida, algunos siglos antes que el imperio Persa y 2000 años antes que los incas. Hacia el año 1100 a.C., los chinos tenían ya un sistema de comunicaciones terrestres plenamente desarrollado.

Siglos más tarde el imperio persa (559 – 330 .C.) contó con una red de caminos para atender las comunicaciones rápidas entre el poder central y los gobernadores provinciales.

Roma llevó las técnicas de construcción y las inversiones en las carreteras al máximo nivel conocido en la Antigüedad. La finalidad de las calzadas romanas era doble: Económica y Política, con predominio de la segunda, lo que explica su trazado, ahorrando curvas, con pendientes más accesibles a la marcha del legionario que a los vehículos.

Cuando todavía en Europa no se prestaba atención a la construcción de caminos, los Incas contaban en Perú con caminos que aun causan admiración. Merecen citarse los dos caminos que enlazaban Quito y Cuzco. Uno de ellos discurría por los altiplanos andinos y el otro por la costa. Medían unos 3,000 Km. de longitud.

Hasta mediados del siglo XVIII, los caminos terrestres siguieron ofreciendo el mismo aspecto pero más deteriorado que alcanzaron durante el Imperio Romano.

Los arquitectos e ingenieros italianos del siglo XVI fueron los primeros que mostraron interés por el estudio de las técnicas de construcción de carreteras. Francia tenía a fines del siglo XVIII una red caminera, clasificada según calidad técnica y nivel de servicio, que superaba los 40,000 km.

La técnica de construcción caminera más avanzada en el siglo XIX fue aportada por el ingeniero escocés John Loudon McAdam (1756 – 1836), su técnica de pavimentación del firme con piedras trituradas fue muy aplicada durante gran parte del siglo XX.

La mayoría de los países avanzados acometió después de la Segunda Guerra Mundial crecientes inversiones en grandes obras de mejora de vías terrestres con niveles de prestaciones crecientes y gracias a estas inversiones y a la experiencia acumulada a través del tiempo podemos contar en la actualidad con la normativa nacional e internacional para llevar a cabo el proyecto geométrico del camino deseado.

En México existen manuales para el diseño geométrico de carreteras de los cuales el principalmente usado es el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y éste contiene un capítulo destinado para las intersecciones, dentro de las cuales se encontraron los entronques, tema del que se han desarrollado algunos trabajos similares al que aquí se pretende, se mencionan algunos a continuación:

1.- Rediseño geométrico del distribuidor vial de la UDLA-P en la ruta Quetzalcóatl. Abril 2004, Gutiérrez Graf Fernando.([www.catarina.udlap.mx](http://www.catarina.udlap.mx) ).

2.- Proyección de un camino a través del programa SISCAR. 2006, López González, Enrique. ([www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx)).

3.- Proyecto geométrico de terracerías para el diseño de carreteras. 2002, Figueroa Montelongo, José Benjamín. ([www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx)).

4.- Proyecto geométrico del entronque Parral. 1991, Vélez Torres, José Heriberto. ([www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx))

5.- Proyecto geométrico de intersecciones rurales de tres ramas. 1978, Graef Sánchez, Carlos F.J. ([www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx)).

6.- Proyecto geométrico para la solución vial de las avenidas Universidad y Coyoacan el Circuito Interior. 1988, Cervantes Velásquez, Ángel. ([www.bidi.unam.mx](http://www.bidi.unam.mx)).

Con lo anterior, se puede señalar que sí se ha investigado en lo relativo a proyecto geométrico, sin embargo, el presente trabajo procurará aportar nueva información del tramo seleccionado para su estudio.

## **Planteamiento del problema.**

Los pobladores del municipio de Ziracuaretiro y la población de Caracha, Michoacán, poseen una zona agrícola muy rica en variedad y producción de cultivos de magnífica calidad como plátanos, caña de azúcar, zarzamora, entre otros, y además, cuentan con lugares de interés turístico a nivel nacional. Tienen un acceso directo que conecta su carretera estatal (Caracha – Ziracuaretiro) con la autopista Siglo XXI (Pátzcuaro – Lázaro Cárdenas); no obstante este entronque que actualmente existe presenta problemática en su diseño geométrico, lo cual ha provocado que este tenga varios puntos de conflicto. Ante tal necesidad se tendrá que definir ¿Cuáles serán las modificaciones a realizar al diseño geométrico del entronque Caracha?, tomando en cuenta las características topográficas del lugar, el área disponible para su proyección y construcción y algunas otras variables que redefinirán sus características geométricas.

## **Objetivos.**

### **Objetivo general.**

Realizar modificaciones geométricas al entronque Caracha que aumenten el grado de seguridad y eliminen la posibilidad de una colisión a los usuarios que circulan a través de este.

### **Objetivos específicos.**

1. Definir qué es una vía terrestre.
2. Definir qué es una intersección (Entronque y paso).
3. Definir la geometría de los cruces y vueltas.

### **Pregunta de investigación.**

Con el presente trabajo de investigación se pretende responder las siguientes preguntas.

¿Qué es una vía terrestre?

¿Qué es un diseño geométrico?

Geoméricamente ¿Cuáles son las modificaciones a realizar al entronque Caracha?

### **Justificación.**

El presente trabajo de investigación es de relevante importancia, ya que impactará de manera decisiva en la seguridad y comodidad con que los usuarios que circulan a través del camino directo Pátzcuaro – Uruapan, puedan viajar a las poblaciones de Ziracuaretiro o Caracha. El beneficio a la población se traducirá en que al realizar las modificaciones geométricas al entronque se minimizará la posibilidad de un accidente a los usuarios.

Las personas que se benefician con la realización de esta investigación es en primer término el investigador, al resolver la duda que lo llevó a iniciarla, después los usuarios que circulan a través de la C.D. Pátzcuaro – Uruapan y tienen como destino las poblaciones de Ziracuaretiro y Caracha, así como la Ingeniería Civil se verá enriquecida, ya que se le realizarán aportes al llevar a cabo la investigación y el diseño, beneficia también a la comunidad estudiantil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, ya que será un documento de consulta, y además sirve a todos aquellos que estén interesados en el tema de vías terrestres y en particular en intersecciones.

## **Delimitación.**

El presente trabajo de investigación sólo comprende la realización de las modificaciones geométricas del entronque Caracha, la cual para su realización se apoyó en los siguientes autores y fuentes bibliográficas: Manual de proyecto geométrico de carreteras editado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Introducción a la Ingeniería de Caminos del autor José Alfonso Mier S., Cuaderno de comportamiento de suelos del autor G. Carlos Arias Rivera., Metodología de la investigación del autor Hernández S., Roberto y Cols. y Técnicas de investigación documental del autor Jurado Rojas, Yolanda, además de las páginas de Internet [www.ecumed.net](http://www.ecumed.net), <http://catarina.udlap.mx>, <http://bidi.unam.mx>, <http://cofom.michoacan.gob.mx>, <http://www.michoacan.gob.mx>.



# CAPÍTULO 1

## VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordarán los temas del origen de los caminos , clasificación de caminos, inventario de caminos, elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto, la velocidad, volumen de tránsito, densidad de tránsito, derecho de vía, capacidad y nivel de servicio de los caminos, distancia de visibilidad y una breve introducción a la mecánica de suelos. Elementos que marcan el contexto para poder conocer las variables que integran una vía terrestre.

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

Según algunos antropólogos basándose en estudios de restos humanos y reliquias arqueológicas, el hombre existe sobre la tierra cuando menos hace unos 100,000 años, y que desde hace 10,000 años, el hombre dejó de ser nómada y conoció la agricultura. En Asia Menor se inventó la rueda hace algunos 5,000 años; esto originó la necesidad de superficies de rodamiento que alojasen a las carretas de cuatro ruedas, como las que fueron encontradas en la “Tumba de la Reina” en las ruinas de la ciudad de Ur que datan de 3,000 A.C.

Con el advenimiento del Imperio Romano comienza la construcción de los caminos en forma científica. Los romanos lograron el florecimiento de su imperio debido a múltiples factores, pero quizá el que influyó más fue la perfecta red de caminos que tuvieron. Desafortunadamente la caída del Imperio Romano provocó que la construcción de caminos fuera un arte perdido. El feudalismo hizo

desaparecer la comunicación entre los pueblos, surgiendo pequeños dominios aislados unos de otros.

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

Los españoles al llegar a lo que actualmente es el Territorio Nacional, encontraron que sus pobladores desconocían 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, veredas y senderos.

Es obvio que los caminos construidos por los indígenas, fueron después útiles a Cortés durante la época de la Conquista. Las primeras modificaciones a los caminos existentes, tienen su origen en el uso de animales de tiro y carga así como de carretas y en la necesidad de comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos en forma adecuada para hacer llegar a la Madre Patria los productos del país.

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, entre las que destacan las del 1º de junio de 1839, 2 de diciembre de 1842 y 27 de noviembre de 1846 que crean la Dirección General de Colonización e Industria. En 1853 esta dirección fue sustituida por la Secretaría de Fomento cuyo presupuesto provenía del impuesto del "peaje".

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, acaecida en México en 1906, el avance en los caminos es de mayor importancia que el registrado en los cuatrocientos años anteriores de la historia del país.

Con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, por la ley del 30 de marzo de 1925, expedida por el entonces Presidente de la República, Gral. Plutarco Elías Calles, se inicia en firme la construcción de nuevos caminos y el mejoramiento y conservación de los existentes, para tal efecto se estableció un impuesto sobre la gasolina de tres centavos por litro.

El nuevo organismo llegó a alcanzar un gran desarrollo y su actuación fue decisiva en la construcción de caminos. En el año de 1932 esta comisión paso a depender de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, convirtiéndose en Dirección Nacional de Caminos. Posteriormente en 1958 y en atención al gran auge en la construcción y conservación de caminos, la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas se divide en dos: Secretaría de Obras Públicas y Secretaría de Comunicaciones y Transportes. A la primera corresponde entre otras cosas, el despacho de los asuntos relativos a la construcción y conservación de caminos, aeropuertos y vías férreas.

## **1.2 Inventario de caminos.**

Con el fin de obtener un inventario de los caminos existentes en una entidad, pueden seguirse varios procedimientos, desde el más general y sencillo, recorriendo los caminos en un vehículo, tomando kilometrajes con el odómetro del propio vehículo y anotando la información que a simple vista pueda obtenerse, hasta

hacerlo por los medios topográficos más precisos, que darán en forma directa la información sobre los caminos.

El primero de ellos no llenaría los requisitos que se necesitan en un inventario, y el último tiene los inconvenientes de ser muy costoso y muy lento.

### **1.2.1 Método Odógrafo – Giroscopio – Barométrico.**

Un método que combina satisfactoriamente los requisitos de precisión, rapidez y economía, es el levantamiento odógrafo – giroscópico de la planta del camino, completando el dibujo del perfil por medio de un sistema barométrico y anexando el levantamiento directo del camino que se consideren importantes.

Los datos por obtener para hacer el inventario son: planta del camino, itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, características de la superficie de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, visibilidad, señalamiento, obras de drenaje, cruces y entronques con otras vías de comunicación, características de los poblados por los que pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino y demás datos que se consideren de importancia.

### **1.2.2. Aplicaciones del inventario de caminos.**

Una de las aplicaciones inmediatas que puede tener el inventario de caminos, es la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red.

Las principales características geométricas del camino, que influyen en su capacidad, son su sección transversal, comprendiendo ancho de carriles; distancia a obstáculos laterales; ancho y estado de los acotamientos; alineamiento horizontal; alineamiento vertical, y distancia de velocidad de rebase.

Otra importante aplicación del inventario de caminos consiste en la posibilidad de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción.

Estos aspectos justificarían por sí solos la realización del inventario; pero sus aplicaciones y usos son mucho más amplios. Basta mencionar algunos de ellos: obtención de itinerarios de caminos; datos de las poblaciones por las que pasa el camino; datos sobre el número y estado de las obras de drenaje; estado superficial de los caminos, etc.

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

Según el MPGC,SCT,(1991) la ingeniería de tránsito es la rama de la Ingeniería que se dedica al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro.

#### **1.3.1 El problema del tránsito.**

El problema del tránsito radica básicamente en la gran disparidad que existe entre los vehículos modernos y los caminos anacrónicos en que tienen que moverse.

Muchos de nuestros caminos actuales no son más que mejoramientos de las rutas seguidas por las antiguas diligencias, mientras que otros fueron proyectados para vehículos de hace cuarenta años, por lo cual no cumplen satisfactoriamente las necesidades de los vehículos modernos.

Los principales factores que intervienen en el problema del tránsito son: la existencia de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, tales como automóviles, camiones, bicicletas, vehículos de tracción animal, etcétera; vías de

comunicación inadecuadas que incluyen trazos urbanos anacrónicos, calles y caminos angostos, torcidos o con fuertes pendientes y banquetas insuficientes; falta de educación vial y ausencia de leyes y reglamentos de tránsito que se adapten a las necesidades del usuario.

### **1.3.2. Que soluciones puede darse al problema del tránsito.**

Existen tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito.

#### *a) Solución integral:*

Consiste en crear un nuevo tipo de camino que sirva al vehículo moderno dentro de un tiempo razonable de previsión, esto es casi imposible en las ciudades actuales, ya que se tendría que prescindir de todo lo existente. Afortunadamente en algunos proyectos urbanísticos recientes ya se están aplicando conceptos.

#### *b) Solución parcial de alto costo:*

Mediante ella se trata de sacar el mejor partido de los caminos actuales realizando ciertos cambios que requieren fuertes inversiones.

#### *c) Solución parcial de bajo costo.*

Consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes con el mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional del tránsito.

Cualquiera que sea la solución que se adopte, deben existir tres elementos que, trabajando simultáneamente, produzcan un tránsito seguro y eficiente. Dichos elementos son: La Ingeniería de Tránsito, la Educación Vial y la Legislación y Vigilancia Policiaca.

### **1.3.3. Elementos del Tránsito.**

Según el MPGC,SCT,(1991), los elementos que constituyen el tránsito son tres: el usuario, el vehículo y el camino.

### **1.3.4. El usuario.**

La población en general constituye el usuario de los caminos y de las calles, tanto si se considera como conductor o como peatón.

#### *a) El peatón.*

El peatón se caracteriza por su gran elasticidad de movimiento y su gran posibilidad de adaptación a las condiciones existentes. Por su naturaleza es el sujeto más expuesto a sufrir las consecuencias de los accidentes.

#### *b) El conductor.*

El conductor es el medio humano que controla el movimiento del vehículo, siendo responsable de su buen manejo.

El usuario puede adaptarse rápidamente mediante educación adecuada, a las exigencias cada vez mayores de los vehículos modernos, no obstante que tiene dos limitaciones: la visibilidad y el tiempo de reacción.

#### 1.- Visibilidad:

Es un factor muy importante para la buena conducción y siempre debe ser tomado en cuenta por el proyectista de caminos. La visibilidad del conductor está limitada por la capacidad de sus ojos y al realizar el proyecto de un camino deben tomarse en cuenta la agudeza visual, la percepción de los colores, la visión periférica, la recuperación al deslumbramiento y la profundidad de percepción.

#### 2.- 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.

Las reacciones psicológicas son el producto de un proceso intelectual que principia con la percepción de un estímulo, un juicio y la ejecución de una orden. El estímulo es percibido por cualquiera de los sentidos; inmediatamente es enviado al cerebro, donde se elabora un juicio sobre qué decisión tomar de entre varias convenientes, una vez elegida está es enviada una orden nerviosa al músculo que ejecutará el movimiento correcto. Este proceso se denomina PIEV por estar constituido por:

- *Percepción* del estímulo.
- *Intelección* o análisis de las soluciones posibles.
- *Emoción* o elección de la más adecuada.
- *Volición* o ejecución del acto ordenado por el cerebro.

El tiempo en que ocurre el PIEV es muy variable, dependiendo sobre todo de la velocidad y de las facultades propias del individuo.

### 3.- Reacciones condicionadas y reacciones psicológicas.

La mayor parte de los conductores tienen cierta experiencia, por lo que han creado ciertos hábitos y reaccionan en forma condicionada; este hecho debe ser tomado en cuenta por el proyectista de caminos.

Cuando se tenga que hacer algún cambio, éste deberá ser anunciado previamente para que no cause confusión.



La uniformidad de la señales de tránsito es igualmente importante; debe tratarse de conservar las mismas formas, colores y tamaños a que el usuario está acostumbrado.

La Organización de la Naciones Unidas ha realizado campañas para homogeneizar el señalamiento vial en casi todos los países del mundo, México entre ellos.

Los cambios en el tránsito pueden existir pero no deben hacerse bruscamente, sino por lo contrario, en forma lenta incorporándolos al ambiente en que se desenvuelve el usuario, mediante campañas de preparación, haciendo uso de la publicidad, para que cuando la modalidad introducida llegue al usuario no sea repentina y encuentre buena acogida.

#### **1.3.5. El vehículo.**

Los estudios de origen y destino realizados por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en distintas partes de la Red de Carreteras Federales indican que el promedio de ocupación de los vehículos es de 2.9 personas por automóvil y de 24 pasajeros por autobús.

La potencia de los vehículos ha ido en aumento incesante: los automóviles alcanzan velocidades muy superiores a las que permiten el tránsito y los caminos actuales; en los camiones se ha permitido mayor velocidad y capacidad de carga en beneficio del transporte.

El vehículo ha dejado de ser un lujo para convertirse en un artículo de primera necesidad.

El rendimiento de los vehículos desprende que la economía máxima se logra a velocidades del orden de 40 KPH; esto puede servir para el tiempo de recorrido contra el costo del mismo.

a) Características geométricas.

Las características geométricas de los vehículos están determinadas por sus dimensiones y por su radio de giro.

1.- Dimensiones.

Debido a la amplia variedad de vehículos existentes y a la rápida transformación que han sufrido con el tiempo, no es posible tomar para el proyecto de los caminos un vehículo en especial sino que deben tomarse las características promedio de los vehículos que se han construido, observando las tendencias futuras para que los caminos sigan sirviendo a las próximas generaciones; de ahí nace la idea del vehículo de proyecto.

La forma de nombrar a los vehículos de proyecto depende de la separación en centímetros entre los ejes extremos como se muestra en las siguientes tablas:



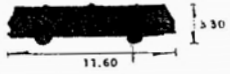
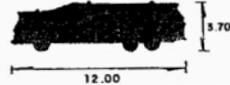
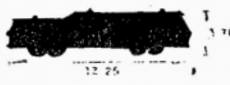

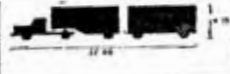


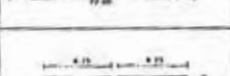
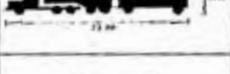

CAMINO TIPO	VEHICULO TIPO		CONJUNTO	PESO EN TON.	
				+CARGA MAXIMA	VACIO
A B C	A2	AUTOMOVIL 	1* 2* TOTAL	1.0 1.0 2.0	0.8 0.8 1.6
A B C	A'2	CAMION LIGERO CON CAPACIDAD DE CARGA HASTA 2 TON 	1* 2* TOTAL	1.7 3.8 5.5	1.3 1.2 2.5
A B C	B2	AUTOBUS DE 2 EJES 	1* 2* TOTAL	5.5 10.0 15.5	3.5 7.0 10.5
A B C	B3	AUTOBUS DE 3 EJES 	1* 2* TOTAL	5.5 14.0 19.5	4.0 8.0 12.0
A B C	B4	AUTOBUS DE 4 EJES 	1** 2** TOTAL	7.0 14.0 21.0	5.0 8.0 13.0
A	C2	CAMION DE 2 EJES 	1* 2* TOTAL	5.5 10.0 15.0	3.5 3.0 6.5
		SEMIREMOLQUE DE 1 EJE Y REMOLQUE DE 2 EJES 	3* 4* 5* TOTAL	10.0 10.0 10.0 45.0	2.4 2.3 2.2 13.5
A	T2-S2-R1	TRACTOR DE 2 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES 	1* 2* 3** 4* 5* TOTAL	5.5 10.0 18.0 10.0 10.0 53.5	4.0 4.0 3.5 2.3 2.2 16.0
A	T3-S1-R2	TRACTOR DE 3 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 1 EJE Y REMOLQUE DE 2 EJES 	1* 2** 3* 4* 5* TOTAL	5.5 18.0 10.0 10.0 10.0 53.5	4.0 4.0 2.5 2.3 2.2 15.0
A	T3-S2-R2	TRACTOR DE 2 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES 	1* 2** 3** 4* 5* TOTAL	5.5 18.0 18.0 10.0 10.0 61.5	4.0 4.0 3.5 2.3 2.2 16.0
A	T3-S2-R3	TRACTOR DE 3 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES 	1* 2** 3** 4* 5** TOTAL	5.5 18.0 18.0 10.0 18.0 69.5	4.0 4.0 3.5 2.3 3.2 17.0
A	T3-S2-R4	TRACTOR DE 3 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 4 EJES 	1* 2** 3** 4** 5** TOTAL	5.5 18.0 18.0 18.0 18.0 77.5	4.0 4.0 3.5 3.3 3.2 18.0

Tabla 4.7 bis. (continúa)

Figura 1.3.5.1. Vehículos tipo y su clasificación en México.

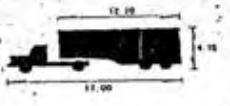
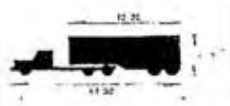
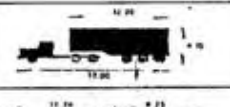
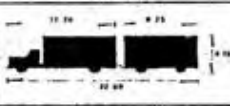
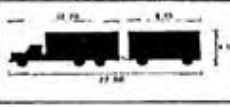

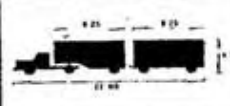
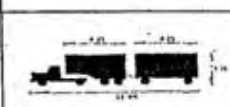
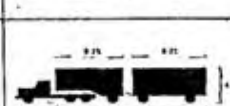
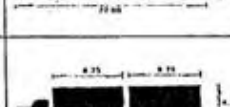
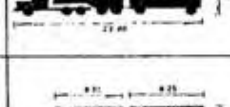

CAMINO TIPO	VEHICULO TIPO	CONJUTO	PESO EN TON.		
			+CARGA MAXIMA	VACIO	
A	T2-S2 TRACTOR DE 2 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES		1* 2* 3** TOTAL	5.0 10.0 18.00 33.5	4.0 3.5 4.0 11.5
B			1* 2* 3** TOTAL	5.0 9.0 15.0 29.0	3.4 3.4 3.7 10.5
A	T3-S2 TRACTOR DE 3 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES		1* 2** 3** TOTAL	5.5 18.0 18.0 41.50	4.0 4.0 4.0 12.0
B			1* 2** 3** TOTAL	5.0 15.0 15.0 35.0	3.5 4.0 4.0 11.5
A	T3-S3 TRACTOR DE 3 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 3 EJES		1* 2** 3** TOTAL	5.5 18.0 22.5 46.0	4.0 4.0 5.0 13.0
A	C2-R2 CAMION DE 2 EJES CON REMOLQUE DE 2 EJES		1* 2* 3* 4* TOTAL	5.5 10.0 10.0 10.0 35.5	3.5 3.0 2.0 2.0 10.5
A	C3-R2 CAMION DE 3 EJES CON REMOLQUE DE 2 EJES		1* 2** 3* 4* TOTAL	5.5 18.0 10.0 10.0 43.5	4.0 4.5 2.0 2.0 12.5
A	C3-R3 CAMION DE 3 EJES CON REMOLQUE DE 3 EJES		1* 2** 3* 4** TOTAL	5.5 18.0 10.0 18.0 51.5	4.0 4.5 2.0 3.0 13.5
A	T2-S1-R2 TRACTOR DE 2 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 1 EJE Y REMOLQUE DE 2 EJES		1* 2* 3* 4* 5* TOTAL	5.5 10.0 10.0 10.0 10.0 45.0	3.2 3.4 2.4 2.3 2.2 13.5
A	T2-S2-R1 TRACTOR DE 2 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES		1* 2* 3** 4* 5* TOTAL	5.5 10.0 18.0 10.0 10.0 53.5	4.0 4.0 3.5 2.3 2.2 16.0
A	T3-S1-R2 TRACTOR DE 3 EJES CON SEMIREMOLQUE DE 1 EJE Y REMOLQUE DE 2 EJES		1* 2** 3* 4* 5* TOTAL	5.5 18.0 10.0 10.0 10.0 53.5	4.0 4.0 2.5 2.3 2.2 15.0
A	T3-S2-R2 TRACTOR DE 2 EJES CON SEMI REMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 2 EJES		1* 2** 3** 4* 5* TOTAL	5.5 18.0 18.0 10.0 10.0 61.5	4.00 4.0 3.5 2.3 2.2 16.0
A	T3-S2-R3 TRACTOR DE 3 EJES CON SEMI REMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE		1* 2** 3** 4* 5** TOTAL	5.5 18.0 18.0 10.0 18.0 69.5	4.0 4.0 3.5 2.3 3.2 17.0
A	T3-S2-R4 TRACTOR DE 3 EJES CON SEMI REMOLQUE DE 2 EJES Y REMOLQUE DE 4 EJES		1* 2** 3** 4** 5** TOTAL	5.5 18.0 18.0 18.0 18.0 77.5	4.0 4.0 3.5 3.3 3.2 18.0

Figura 1.3.5.1 (Continuación).





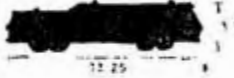




CAMINO TIPO	VEHICULO TIPO		CONJUNTO	PESO EN TON.	
				+CARGA MAXIMA	VACIO
A B C	A2	AUTOMOVIL 	1* 2* TOTAL	1.0 1.0 2.0	0.8 0.8 1.6
A B C	A*2	CAMION LIGERO CON CAPACIDAD DE CARGA HASTA 2 TON 	1* 2* TOTAL	1.7 3.8 5.5	1.3 1.2 2.5
A B C	B2	AUTOBUS DE 2 EJES 	1* 2* TOTAL	5.5 10.0 15.5	3.5 7.0 10.5
A			1* 2* TOTAL	5.0 9.0 14.0	3.5 6.5 10.0
B			1* 2* TOTAL	4.0 8.0 12.0	3.0 6.0 9.0
A B C	B3	AUTOBUS DE 3 EJES 	1* 2* * TOTAL	5.5 14.0 19.5	4.0 8.0 12.0
A			1* 2** TOTAL	5.0 14.0 19.0	4.0 7.5 11.5
B			1* 2** TOTAL	4.0 14.0 18.0	3.5 7.5 11.0
A B C	B4	AUTOBUS DE 4 EJES 	1** 2** TOTAL	7.0 14.0 21.0	5.0 8.0 13.0
A			1** 2** TOTAL	7.0 14.0 21.0	5.0 8.0 13.0
B			1** 2** TOTAL	7.0 14.0 21.0	5.0 8.0 13.0
A B C	C2	CAMION DE 2 EJES 	1* 2* TOTAL	5.5 10.0 15.0	3.5 3.0 6.5
A			1* 2* TOTAL	5.0 9.0 14.0	3.0 3.0 6.0
B			1* 2* TOTAL	4.0 8.0 12.0	2.5 2.5 5.0
A B C	C3	CAMION DE 3 EJES 	1* 2** TOTAL	5.5 18.0 23.5	4.0 4.5 8.5
A			1* 2** TOTAL	5.0 9.0 14.0	3.8 4.2 8.0
B			1* 2** TOTAL	4.0 8.0 12.0	3.5 4.0 7.5
A	C4	CAMION DE 4 EJES 	1* 2*** TOTAL	5.5 22.5 28.0	4.5 8.0 12.5
A B	T2-S1	TRACTOR DE 2 EJES CON SEMIREMOLQUE DE UN EJE 	1* 2* 3* TOTAL	5.5 10.0 10.0 25.5	3.2 3.4 3.4 10.0
A			1* 2* 3* TOTAL	5.0 9.0 9.0 23.0	3.0 3.0 3.0 9.0
B			1* 2* 3* TOTAL	5.0 9.0 9.0 23.0	3.0 3.0 3.0 9.0

Figura 1.3.5.1 (Continuación).

## 2.- Radios de giro.

Según el MPGC,SCT,(1991), el radio de giro mínimo se produce cuando el vehículo gira muy despacio con las ruedas torcidas al máximo posible (50° vehículos modernos). En términos generales el radio de giro se define con el radio de la circunferencia trazada por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo al efectuarse un giro.

## 3.- Tipos de vehículos.

Los vehículos se clasifican básicamente en dos grupos: vehículos ligeros y vehículos pesados.

Los vehículos ligeros son aquellos que tienen dos ejes y cuatro ruedas tales como automóvil, camioneta, unidades ligeras de carga, etcétera.

Los vehículos pesados pueden ser camiones de carga y autobuses y caen dentro de esta clasificación todos aquellos que tienen dos o más ejes y 6 o más llantas.

En las carreteras de México existen las siguientes proporciones de vehículos: el 58% son vehículos ligeros (A), de los cuales el 46% son automóviles (Ap) y el 12% camionetas (Ac); el 42% restante son vehículos pesados de los que el 12% son autobuses (B) y 30% camiones de carga, estando este último número dividido de la siguiente manera: 22% son camiones de 2 ejes (C2), 4% son de 3 ejes (T2-C3-S1), 2% de 4 ejes (T2-S2) y 2% de 5 ejes (T3-S2 y T2-S1-R2).

### b) Características de operación.

Las características de operación de los vehículos están definidas principalmente por su peso, estando cargados, y por la potencia del motor. La AASHTO ha

encontrado que la relación peso/potencia está íntimamente relacionada con la velocidad que adquieren los camiones de carga en la carretera y con los tiempos de recorrido, y que los vehículos con relaciones peso/potencia similares tienen características de operación casi iguales.

De la relación peso/potencia de los vehículos depende directamente el hecho de que puedan acelerar o desacelerar más o menos rápidamente, e influye grandemente en el proyecto del alineamiento vertical y en la capacidad del camino. La relación peso/potencia se mide en Kg. /HP.

#### 1.- Aceleración y desaceleración.

Cuando la fuerza tractiva que genera el motor de un vehículo es mayor que las fuerzas resistentes que se oponen al movimiento se produce aceleración; cuando ocurre el caso contrario existe desaceleración y si son iguales; el vehículo se mueve a velocidad constante, denominada velocidad de régimen.

La combinación de fuerza tractiva y de resistencia dan por resultado el que un vehículo acelere o desacelere, dependiendo de la relación peso/potencia, de la manera como se use el freno, de la existencia de pendiente ascendentes y descendentes en el camino, etcétera.

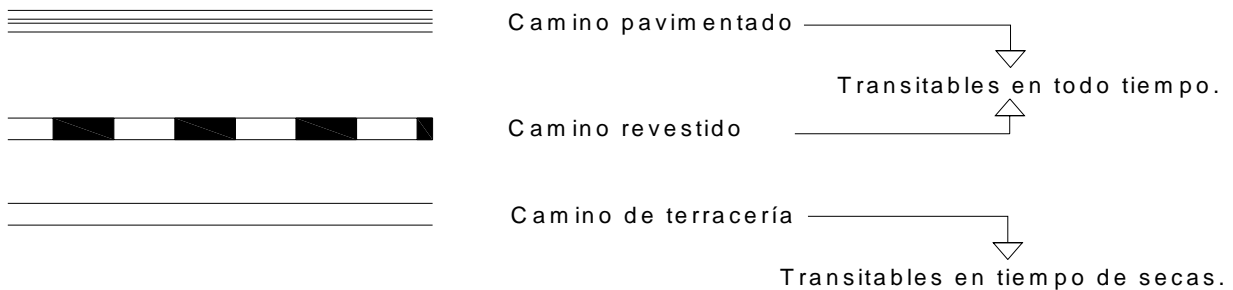
La fuerza disponible para acelerar o desacelerar un vehículo está pues en función de la fuerza tractiva neta del vehículo, resultante de restar a la fuerza del motor todas las resistencias internas y las pérdidas de potencia por altura, y de la suma de resistencias que se oponen a su movimiento. Estas resistencias son las siguientes:

- A) Resistencia al rodamiento, producida por la fricción entre llanta y pavimento y por deformación de la propia llanta.

- B) Resistencia por fricción en el frenado, producida entre llanta y pavimento. Esta resistencia está en función del peso del vehículo y del coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y pavimento.
- C) Resistencia por pendiente. Cuando la pendiente de una tangente es ascendente, ofrece resistencia al movimiento del vehículo, favoreciéndolo en el caso de ser descendente.
- D) Resistencia producida por el aire. Esta resistencia es proporcional al área que presenta el vehículo al viento y al cuadrado de la velocidad, por lo cual debe despreciarse cuando las velocidades son pequeñas.

### 1.3.6 El camino.

Un camino es la faja de terreno condicionada para el tránsito de vehículos. Los caminos pueden ser clasificados desde distintos puntos de vista:



#### b) Clasificación SOP (ó SCT).

La SOP clasifica los caminos de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla. Se considera un 50 % de vehículos comerciales.

Terreno:

M: Montañoso

L: Lomerío

P: Plano



CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																													
		E					D					C					B					A									
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	veh/día	HASTA 100					100 a 500					500 a 1500					1500 a 3000					MAS DE 3000									
TIPO DE TERRENO	MONTAÑO LOMERIO PLANO																														
VELOCIDAD DE PROYECTO	Km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	160	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	270	315	360	405	450	495	
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA	°	60	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	2.25	1.75	1.25	0.75	1.25	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25		
CURVAS	K	CRESTA	m/%																												
		COLUMPIO	m/%																												
VERTICALES	LONGITUD MINIMA	m																													
PENDIENTE GOBERNADORA	%	5					8					5					5					4									
PENDIENTE MAXIMA	%	13					12					8					7					6									
LONGITUD CRITICA	m	VER FIG. N.º II-4					VER FIG. N.º II-4					VER FIG. N.º I-4					VER FIG. N.º II-4					VER FIG. N.º III-4									
ANCHO DE CALZADA	m	4.0					6.0					6.0					7.0					7.0									
ANCHO DE CORONA	m	4.0					6.0					7.0					9.0					9.0									
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-					-					0.5					1.0					1.0									
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-					-					-					-					-									
BOMBEO	%	3					3					2					2					2									
SOBRE ELEVACION MAXIMA	%	10					10					10					10					10									
SOBRE ELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO	%																														
ACOTACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES	m	VER TABLA N.º II-5.1					VER TABLA N.º II-5.1					VER TABLA N.º II-5.2					VER TABLA N.º II-5.3					VER TABLA N.º II-5.4									

Tabla 4.10 Clasificación y especificaciones de los caminos.

Figura 1.3.6.1 Clasificación de los caminos SCT. (fuente SCT).

c) Clasificación de capacidad.

Aunque en la clasificación anterior está ampliamente cubierta la capacidad del camino, la práctica popular clasifica los caminos en:

- Autopista (de cuatro o más carriles)
- Caminos de 2 carriles
- Brechas

d) Clasificación administrativa.

- Caminos Federales: Diseñados, construidos y conservados por la Federación.

- Caminos de Cooperación Bipartita: Construidos por las Juntas Locales de Caminos con fondos iguales de la Federación y de los Estados; conservados por J.L.C.
- Caminos de Cooperación Tripartita: Construidos por la J.L.C. con fondos iguales de la Federación; los Estados y los particulares; conservados por los particulares.
- Caminos de Cuota: Constituidos con fondos de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

e) Longitud de caminos.

La longitud de caminos en México se encuentra contabilizada por entidad federativa y se clasifica de acuerdo a su estado físico (terracerías, revestidas y pavimentadas), datos hasta 1984 arrojan una longitud total de la red de 221,003 km., de los cuales 15,516 km. corresponden a terracerías, 133,536 km. a revestidas y 71,631 km. a pavimentadas.

#### **1.4 Velocidad.**

La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de un camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en él.

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

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

Según el MPGC,SCT,(1991), es la máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino y que gobierna las características de proyecto del mismo. Debe ser tal que sea congruente con el carácter del terreno y tipo del camino.

La elección de la velocidad de proyecto está influenciada principalmente por la topografía de la región, por el tipo de camino, por los volúmenes de tránsito y por el uso de la tierra.

Una vez que se ha definido la velocidad de proyecto para un camino determinado, todas las características geométricas del mismo deben quedar condicionadas a ella con el objeto de obtener proyecto equilibrado.

Siempre que sea posible es conveniente proyectar todo el camino con una sola velocidad de proyecto. La Secretaría de Obras Públicas recomienda como límites de velocidad de proyecto, 30 y 110 KPH con incrementos de 10 KPH. La mayoría de los caminos se proyectan con una vida útil de 15 a 20 años.

#### **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 carretera proporciona a los usuarios.

Se define como la velocidad mantenida en un tramo a lo largo de un camino mientras el vehículo está en movimiento.

La forma de obtener la velocidad de operación en un camino con circulación razonablemente continua es utilizando la “velocidad de un punto”.

Cuando los 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 de los vehículos se va haciendo menor debido a que los conductores ya no pueden circular a la velocidad que desean pues comienzan a verse afectados por las interferencias de otros vehículos.

Si el volumen se aproxima a la capacidad del camino, entonces, la velocidad de operación disminuye aún más y deja de estar determinada por la velocidad de proyecto, quedando supeditada al grado de congestionamiento existente.

El proyecto debe realizarse para que el camino opere satisfactoriamente con velocidades de operación correspondientes a volúmenes de tránsito bajos; si esto se logra el camino también funcionará bien cuando los volúmenes 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. En tramos largos, donde la velocidad varía mucho la media aritmética de las velocidades de punto, tomadas en sitios representativos de cada velocidad, nos da la velocidad de operación a lo largo de todo el tramo.

La velocidad de punto se puede medir de diferentes maneras siendo la más simple y conocida mediante el radar.

#### **1.4.4 Velocidad efectiva global.**

Es el promedio de la velocidad mantenida por un vehículo a lo largo de un camino. Se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo empleado, incluye altos y retrasos debidos a las condiciones prevalecientes del camino.

#### **1.5 Volumen de tránsito.**

Volumen de tránsito es el número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones especificadas sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto período de tiempo.

Los periodos más usuales son la hora y el día.

Volumen Promedio Diario Anual (VPDA) es el número de vehículos que pasan por un punto dado del 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 VMHA aunque es el que más se acerca a las condiciones de operación, su aplicación para el proyecto da como resultado obras sobradas.

Una forma para determinar el volumen horario más apropiado para proyecto es formar una gráfica en la que se muestren las variaciones del volumen horario durante el año, el punto donde cambia bruscamente la curva es el que define el Volumen Horario de Proyecto (VHP).

Al proyectar intersecciones, frecuentemente es necesario conocer los volúmenes de todos los movimientos que ocurren simultáneamente durante la hora de proyecto; esta información se necesita tanto para la hora máxima de la mañana como para la de la noche, puesto que el tipo de tránsito puede variar de una a la otra.

### 1.5.1 conteos del tránsito.

Las volúmenes de tránsito puede obtenerse de datos estadísticos o ser tomados directamente mediante conteos del tránsito. Los conteos del tránsito se pueden efectuar en forma manual o mecánica.

#### a) conteos.

La forma más sencilla y económica de realizar el conteo manual es el llamado de muestreos. Regularmente los muestreos se ejecutan 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.

Para fines de conteo manual, los vehículos se clasifican en la siguiente forma:

Vehículos ligeros (menos de 2.5 Ton.)	A	Automóviles, pick – ups, panel, camiones Ligeros, etc.
Vehículos pesados (mas de 2.5 Ton.)	B	Camiones
	C	Autobuses

#### b) conteos mecánicos.

El conteo de los vehículos se realiza automáticamente mediante diversos dispositivos, cuyos tipos principales son los que se señalan a continuación:

Contadores Neumáticos.

Están constituidos por un tubo de goma muy flexible que se instala transversalmente a la carretera, cerrado en un extremo y unido al contador en el otro.

Su funcionamiento es muy sencillo pues al pasar un vehículo, el exceso de presión producido en el aire encerrado en el tubo se transmite a una membrana que actúa sobre el contador por medio de un circuito eléctrico.

Este instrumento tiene el inconveniente de registrar un solo vehículo cuando pasan dos al mismo tiempo y de que no da la clasificación de vehículos según el tipo.  
Contadores electromagnéticos.

Van colocados dentro del pavimento y están constituidos por un circuito bifilar, por uno de cuyos hilos pasa una corriente eléctrica de alta frecuencia que provoca en el otro hilo una corriente inducida. El paso de las masas de los vehículos provoca un cambio en la intensidad de la corriente que se recoge en un registro. También tiene el inconveniente de no clasificar los vehículos.

Contadores de presión – contacto.

Son muy usados en los caminos de cuota y consiste en un electroimán colocado en una caja bajo la superficie de rodamiento, disponiendo de una tapa metálica enresortada, la cual es presionada por las llantas del vehículo produciendo una corriente eléctrica que es registrada. Deben mantenerse cubiertos por perjudicarse gravemente si están a la intemperie.

Con los datos obtenidos de los diferentes estudios de aforo mediante procesos estadísticos, que pueden requerir del auxilio de máquinas computadoras se llegan a conocer el volumen Promedio Diario Anual, el Volumen Máximo Horario Anual, productividad de la zona, movimiento de esos productos, etcétera.

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

Este tipo de estudio se puede considerar como el más completo para el aforo de vehículos, ya que por medio de él 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.

Entre las principales aplicaciones del Estudio de Origen y Destino, pueden citarse los siguientes: conocer la demanda que existe dentro de una ciudad para usar en mayor o menor grado una cierta ruta, fijar rutas a través de la ciudad para desviar el movimiento de turistas y de vehículos pesados, conocer la localización de una nueva carretera o mejorar alguna ya existente y justificar la construcción de un nuevo camino.

Hay 4 maneras prácticas de llevar a cabo los estudios de origen y destino:

- 1.- Por medio de entrevistas directas al conductor.
- 2.- Entregando al usuario un cuestionario en una estación de aforo, para que lo llene durante su recorrido debiendo devolverlo en la próxima estación.
- 3.- Por medio de entrevistas personales hechas mediante muestreo estadístico en los domicilios de los usuarios.
- 4.- Por la observación de las placas de los vehículos en diferentes puntos.

En las áreas rurales el método más recomendable es el de entrevistas al conductor en la carretera, mientras que en zonas urbanas, debido a que el gran número de vehículos dificulta el trabajo, el de entrevistas a domicilio es el más indicado.



De todos los métodos, el más exacto y verídico es el de entrevistas directas al conductor. Los resultados pueden presentarse en diferentes formas, siendo una de las principales mediante “líneas de deseo”; las concentraciones de ellas indican las arterias que deben ser atendidas en beneficio de los usuarios y de la economía de la región. Es posible que las líneas de deseo aparezcan donde no hay camino.

Los estudios de origen y destino son indispensables en los cruces de caminos donde se tengan fuertes volúmenes de tránsito.

### 1.5.3. Red de estaciones de aforo en México.

El aumento de los volúmenes de tránsito y la diferente composición que ha ido teniendo a medida que pasa el tiempo ha determinado que la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (antes SOP) tenga instalada una serie de estaciones de aforo en las carreteras nacionales.

En los muestreos de tránsito generalmente se utilizan contadores de tipo manual o electromecánicos. En las estaciones maestras se han usado contadores neumáticos que detectan el número de ejes de vehículos que los cruzan y eléctricos que registran el número de vehículos en lapsos de una hora. Las casetas de cobro de las carreteras y puentes de cuota funcionan como estaciones maestras, permitiendo además conocer la composición exacta del tránsito y sus variaciones en los diferentes meses del año.

## **1.6 Densidad de tránsito.**

Según el MPGC,SCT,(1991), la densidad es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado.

No debe confundírsele con el volumen de tránsito ya que este, como se analizó anteriormente expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo, de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

### **1.7 Derecho de vía.**

Se le llama derecho de vía a la franja de terreno, de un ancho suficiente, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de la misma.

Para caminos, en México se ha establecido un derecho de vía con amplitud mínima de cuarenta metros, veinte metros a cada lado del eje.

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

La capacidad es una medida de la eficiencia de una calle o un camino. El nivel de servicio determina las condiciones de operación que un conductor dado experimenta durante un viaje, cuando los volúmenes de tránsito están por debajo de la capacidad, ya que la capacidad es en realidad uno de los tantos niveles a que puede operar el camino.

#### **1.8.1 Capacidad.**

La capacidad de servicio de un camino es el número máximo de vehículos que pueden circular por él bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un período dado de tiempo.

### **1.8.2 Nivel de servicio.**

El nivel de servicio de un camino es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad y libertad de manejo, los costos de operación, etc.

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

#### **1.9.1 Distancia de visibilidad de parada (dp).**

Según el MPGC,SCT,(1991), es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación.

La distancia de visibilidad de parada está compuesta por dos términos: 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 (dr o distancia de reacción) y la distancia que se recorre desde el momento en que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene (df o distancia de frenado).

Donde:

$$d_p = 0.278 v t + \frac{V^2}{254 (f + p)}$$

dp: Distancia de visibilidad de parada (km.)

v : Velocidad de operación en K.P.H.

t : Tiempo de reacción en segundos.

f : Coeficiente de fricción.

p : pendiente del camino.

### 1.9.2 Distancia de visibilidad de rebase (Dr).

Es la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra en su línea de circulación, sin peligro de colisión con otro que aparezca en sentido contrario.

La SAHOP da la siguiente fórmula para calcular la distancia de visibilidad de rebase:

$$D_r = 4.5 V$$

En la que:

Dr: Distancia de visibilidad de rebase (en metros).

V: Velocidad de proyecto (en KPH).

## 1.10 Mecánica de suelos.

### 1.10.1 Propiedades de los suelos.

Las principales propiedades de los suelos que en mayor o menor grado afectan de manera importante el comportamiento de las obras civiles son:

- *Compresibilidad:* Relacionada a la deformación que sufre un material al aplicarle una carga o al disminuir su volumen.
- *Resistencia al corte:* La resistencia de un material puede medirse por el esfuerzo cortante máximo que puede soportar ese material; el esfuerzo límite es aquel que causará la falla en el suelo por fractura o por flujo plástico.
- *Permeabilidad:* Nos indica la mayor o menor facilidad con que el agua fluye a través de un suelo estando sujeta a un gradiente hidráulico dado.

### **1.10.2 Factores geológicos influyentes.**

Se entiende como *suelo* al material formado por partículas minerales (producidas por la descomposición de las rocas) y vacíos, los cuales pueden o no estar ocupados por agua.

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.

Propiedades físicas de los suelos.

### **1.10.3 Granulometría.**

La granulometría es la parte de la Mecánica de Suelos que estudia lo referente a las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen un suelo.

En lo que respecta a las formas, las más comunes de las partículas de cualquier suelo pueden manifestarse en equidimensionales, placas y tubulares. Las primeras son propias de los suelos gruesos, las placas en las arcillas y micas y las tubulares que son las menos comunes se forman a partir de placas enrolladas, propias de algunas arcillas.

- Suelos gruesos.

El análisis granulométrico solo tiene sentido efectuarlo en suelos gruesos, o sea aquellos en que el rango de tamaño varía entre 0.074 y 76.2 mm.

- Suelos Finos, Análisis con Hidrómetro.

Algunas veces puede ser necesario determinar la granulometría de los suelos finos (menores a 0.074 mm.). Puesto que no existen mallas menores que la N° 200 se usa el procedimiento denominado del hidrómetro, que consiste en establecer una mezcla homogénea de suelo-agua y que se basa principalmente en la hipótesis de Stokes, que nos dice que la velocidad de sedimentación de las partículas grandes es mayor que la de las pequeñas.

#### **1.10.4 Plasticidad.**

Se sabe que todos los materiales, inclusive los más rígidos de la naturaleza son deformables, existiendo cuerpos con comportamiento elástico (o aquellos que al aplicarles una carga sufren deformación con tendencias o posibilidades de recuperar su forma) o bien con comportamiento plástico (cuerpos a los que al aplicarles una carga no recuperan la forma original cuando está se les retira).

Así pues, se conoce como *plasticidad* de un cuerpo a la capacidad o propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones sin “rebote”, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

#### **1.10.5 Clasificación de suelos.**

Existen varios antecedentes sobre la necesidad dentro de la Mecánica de Suelos de que haya un sistema de clasificación de suelos que norme un criterio respecto a sus cualidades y propiedades mecánicas. Según esto, destacan los realizados por A. Casagrande, que dieron pie al llamado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, representado por las siglas SUCS, y que distingue los suelos finos de los gruesos de acuerdo a las partículas finas que pasan a través de la malla N° 200 (0.074 mm.).

Así un suelo es grueso, si más del 50 % de sus partículas (en peso) son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas son finas.

Dentro de los suelos gruesos, el SUCS, considera a cada grupo representándolo con dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos, tal como a continuación se indica:

Símbolo	Significado.
G	Gravas
S	Arenas y suelos arenosos

Las gravas y arenas se separan en la malla N° 4 (4.76 mm.) por lo que un suelo pertenecerá al grupo G si más del 50 % de su fracción gruesa (o sea la retenida en la malla N° 4, y si sucede lo contrario, el suelo formará parte del grupo S.

#### 1.10.5 Suelos gruesos.

Las gravas y arenas dan lugar a la siguiente clasificación, dependiendo de las características de limpieza, graduación y porcentaje de finos de cada grupo:

Símbolo	Significado.
W	Material limpio de finos, bien graduado.
P	Material limpio de finos, mal graduado.
M	Material con finos no plásticos.
C	Material con finos plásticos.

Los anteriores grupos precedidos de grava (G) o arena (S) dan lugar a los siguientes grupos: GW (Grava bien graduada) y SW (Arena bien graduada), GP (Grava mal graduada) y SP (Arena mal graduada), GM (Grava limosa) y SM (Arena limosa), GC (Grava arcillosa) y SC (Arena arcillosa).

### 1.10.6 Suelos finos.

Respecto a los suelos finos, el Sistema también considera a los suelos reuniéndolos en grupos formados por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, obteniendo las siguientes divisiones:

Símbolo	Significado.
M	Limos inorgánicos
C	Arcillas inorgánicas
O	Limos y arcillas orgánicas

Estos tres tipos se subdividen a su vez, de acuerdo a su límite líquido, en dos grupos; si LL es menor de 50%, se les añade al símbolo genérico la letra L (low compressibility) que representa suelos de compresibilidad media o baja. A los suelos finos con un límite líquido mayor que el 50%, o sea suelos de alta compresibilidad, se les agrega tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility).

Los suelos que contienen una gran cantidad de elementos orgánicos, suelos usualmente fibrosos tales como las turbas y suelos pantanosos, que resultan ser altamente compresibles, se consideran dentro de un grupo independiente con símbolo Pt.

A continuación se nombran los distintos grupos de suelos finos: CL (Arcilla inorgánica de baja plasticidad) y CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad), ML (Limo inorgánico de baja plasticidad) y MH (Limo inorgánico elásticos), OL (Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad) y OH (Arcillas orgánicas de de alta plasticidad) y Pt (Turba y otros suelos altamente orgánicos).



## **CAPÍTULO 2**

### **PROYECTO GEOMÉTRICO**

En este capítulo se tratarán los temas de selección de ruta del camino, se estudiara la metodología del proyecto, se comprenderán los elementos que integran el señalamiento horizontal tanto como el vertical y la sección transversal, se vera en que consiste el proyecto de subrasante, se estudiara el calculo de volúmenes y movimientos de terracerias, se mostraran los elementos a utilizar en el diseño de intersecciones y los dispositivos de señalamiento, obteniendo esta información del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras(MPGC), editado por la Secretaria de Comunicaciones y transportes (SCT).

#### **2.1 Proceso para la selección de ruta.**

La selección de la ruta por la cual pasara el trazo del camino es el primer paso que se realizara, buscando ofrecer la solución más adecuada de acuerdo a la finalidad del camino, a las condiciones topográficas e hidrológicas, a las condiciones económicas de la región o regiones que cruzara el camino y a factores no técnicos como los sociales y políticos.

##### **2.1.1 Definición.**

Según el MPGC,SCT,(1991), se entiende por ruta, a la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados (se entiende por puntos obligados aquellos que el camino tiene que tocar de manera forzosa debido a factores técnicos, económicos, políticos, u otros) entre los cuales es posible localizar un camino.

La selección de ruta es un proceso que involucra de manera conjunta estudios de diversas índoles, acopio de datos y análisis de los mismos; así mismo requiere de levantamientos de datos terrestres y aéreos, para buscar la solución más conveniente.

### **2.1.2 Acopio de datos.**

Para la elección del tipo de carretera se tendrán que tomar en cuenta varios factores determinantes 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 estas obras.

Para carreteras existentes los datos de tránsito se obtienen por medio de aforos, en ocasiones se realizan estudios de origen y destino. Para los caminos nuevos, se llevan a cabo las estimaciones pertinentes.

### **2.1.3 Reconocimientos.**

Los reconocimientos del terreno se pueden realizar de manera: aérea, terrestre o una combinación de ambos, una vez representadas las posibles rutas en los mapas geográficos.

#### **2.1.3.1 Reconocimiento aéreo.**

Tiene la ventaja de tener la oportunidad de observar el terreno desde la altura que convenga, abarcando grandes zonas. Se distinguen tres reconocimientos aéreos.

- a) El primer reconocimiento aéreo se lleva a cabo en avioneta y su finalidad es distinguir o determinar las rutas que sean viables y deben realizarse las fotografías a escala 1: 50 000, para que tengan gran amplitud.

- b) Después de haber interpretado las fotografías de escala 1: 50 000 se realiza el segundo reconocimiento con la finalidad de comprobar los datos obtenidos con anterioridad. Al terminar el reconocimiento, se delimita la zona que deberá cubrirse con fotografías a escala 1: 25 000.
- c) El tercer reconocimiento se realiza a lo largo de la poligonal en estudio o trazo preliminar del camino y puede hacerse de manera aérea o terrestre.

#### **2.1.3.2 Reconocimiento terrestre.**

Este es menos efectivo y solamente se lleva a cabo cuando por circunstancias 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 ejecutarlo es importante contar con un guía que conozca la región, para que el reconocimiento que se haga sea sobre los mismos lugares que previamente se fijaron en la carta.

#### **2.1.3.3 Reconocimiento combinado.**

Se lleva a cabo solo en las siguientes circunstancias y es una combinación de los dos anteriores.

- 1) Cuando no se cuenta con fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en helicóptero o avión.
- 2) Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y no es posible continuar con el reconocimiento aéreo.

#### **2.1.4 Fotogrametría.**

El estudio de una ruta y su elección compete a un conjunto de especialistas que necesitan de información cualitativa detallada y datos cuantitativos precisos.

Esta información se obtiene por medio de reconocimientos y de las fotografías aéreas, pues facilitan la elección de una ruta.

Las cámaras que se utilizan para las fotografías aéreas son métricas de eje vertical, con lente granular con distorsión máxima de 0.01 milímetros y distancia focal de aproximadamente 152 milímetros, con formato de 23 x 23 centímetros.

Para lograr continuidad estereoscópica, debe existir una sobreposición longitudinal de 60 a 80% y una sobreposición lateral de 20 a 30%, dependiendo de la relación relieve del terreno – altura de vuelo.

La toma de fotografías aéreas también esta restringida a ciertas épocas del año y horas del día, por la presencia de nubes y por la proyección de sombras.

#### **2.1.5 Evaluación de rutas posibles.**

De acuerdo con el MPGC,SCT, (1991), la elección de la mejor ruta entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera.

Al comparar las ventajas que ofrezcan las rutas posibles, es preciso hallar el costo aproximado de construcción, operación y conservación, de la vía que se vaya a proyectar y compararlo con los beneficios probables que se deriven de ella. Asimismo, deben tenerse en cuenta los perjuicios ocasionados por la obra, a fin de considerarlos en la evaluación. Por tanto, una vez establecidas las rutas probables, es necesario comparar los costos anuales.

#### **2.2 Método para desarrollar el proyecto.**

La finalidad de las inversiones públicas entre las cuales se encuentran los caminos es producir los máximos beneficios a la colectividad con la mínima inversión posible.

Lo antes mencionado conduce a pensar que sólo deben ejecutarse aquellas obras cuyo proyecto se encuentre completamente detallado en todas sus partes. Como se menciona en el MPGC,SCT,(1991), existen algunos principios de carácter universal en los que debe basarse el criterio de proyecto.

- Son más costosas las fallas de proyecto que se reflejan en una obra ya terminada, que el costo adicional que significarían los estudios necesarios para reducir o eliminar la posibilidad de fallas.
- El empleo de una tecnología avanzada, debidamente probada, permite generalmente una economía considerable en la construcción y operación de las obras.
- Los estudios en el lugar de la obra requieren del esfuerzo continuo, la observación profunda y el registro de todos los datos que intervengan de alguna forma, en el comportamiento de la estructura por proyectarse.
- Para cada rama de proyecto debe contarse con ingenieros especialistas en esa materia. Para lograr esto, es necesario que en cada disciplina se mantenga al personal al día, en relación con los avances en las distintas tecnologías que les atañen.

Para el proyecto de carreteras la Secretaría de Obras Públicas, ha desarrollado una metodología que considera tres etapas: Selección de ruta, Anteproyecto y Proyecto.

### **2.2.1 Como seleccionar el procedimiento para el levantamiento topográfico.**

El levantamiento topográfico podrá realizarse por métodos convencionales terrestres o con la ayuda de la fotogrametría. Para elegir el procedimiento a emplear

deben tomarse en cuenta cuatro factores determinantes: “la vegetación, la configuración topográfica, el plazo de ejecución y la accesibilidad a la zona”. (Manual de Proyecto Geométrico; 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.* En cuanto a su configuración el terreno se clasifica en tres: plano, lomerío y montañoso y para su configuración se dan las siguientes recomendaciones:
  - *Terreno Plano.-* El tiempo que se requiere para el control terrestre es más o menos el mismo que se necesitaría para el trazo definitivo.
  - *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.
  - *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.
- c) *Plazo de ejecución:* Cuando el plazo de ejecución del proyecto es corto y la toma de fotografías aéreas no puede realizarse de forma inmediata.
- d) *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.

### **2.2.2. Anteproyecto.**

Es el producto del 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.

El anteproyecto requiere de una evaluación razonablemente exacta de la geometría de cada una de las opciones o posibilidades, por consiguiente una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se debe buscar una combinación de alineamientos que se adapten al terreno, planimétrica y altimétricamente y cumplan los requisitos establecidos buscando la economía con el menor movimiento de tierras posible.

#### **2.2.2.1 Normas generales para el alineamiento horizontal.**

Según el MPGC,SCT,(1991), existen ciertas normas generales que están reconocidas por la práctica y que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

- La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
- La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad del proyecto.
- La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, por que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad.
- 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.

- Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general, a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para las condiciones más críticas.
- Debe procurarse un alineamiento uniforme 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.
- En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura.
- En caminos abiertos debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas.
- Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra.
- Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero pueden proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.
- Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
- 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, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

#### **2.2.2.2 Normas generales para el alineamiento vertical.**

Según el MPGC,SCT,(1991), en el perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores que también deben considerarse:

- La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante.
- Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno.
- 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.
- 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.
- Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, por que permite aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero, evidentemente, sólo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.

- Cuando la magnitud del desnivel a vencer a la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo a las características previsibles del tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal.
- Los carriles auxiliares de ascenso también deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario de proyecto excede del 20% de la capacidad de diseño para dicha pendiente, en el caso de caminos de dos carriles y del 30% en el caso de caminos de varios carriles.
- 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.
- 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.

Los alineamientos, tanto horizontal como vertical, no deben ser considerados de manera independiente en el proyecto, puesto que se complementan el uno al otro. Si alguno de los dos alineamientos presenta partes pobremente proyectadas, influye de manera negativa en los dos alineamientos.

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

### **2.2.3 Proyecto.**

La etapa de 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.

Por lo que se podrá definir como proyecto al resultado de los diversos 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 como imprevistos.

## **2.3 Alineamiento horizontal.**

### **2.3.1 Definición.**

Según el MPGC,SCT,(1991); el alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

Los elementos que lo integran son tres: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

### **2.3.2 Tangentes.**

Según el MPGC,SCT,(1991); las 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, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el

terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre tangente y se le representa por PST.

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor, o bien, porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobreelevación y ampliación a esas curvas.

### **2.3.3 Curvas circulares.**

Como indica el MPGC,SCT,(1991), las curvas circulares son 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.

#### **2.3.3.1 Curvas circulares simples.**

Según el MPGC,SCT,(1991), cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Las curvas circulares simples tienen como elementos característicos los mostrados en la figura 2.3.1, y se calcula como sigue:

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  $l_c$ .

$$\frac{l_c}{2\pi R_c} = \frac{\Delta_c}{360^\circ} \quad \therefore \quad l_c = \frac{\pi \Delta_c}{180} R_c$$

Sustituyendo  $R_c$

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

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 triángulo 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 triángulo 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 triángulo 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:

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

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.

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

Para la cuerda larga:

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

10. Angulo de la cuerda. Es el ángulo comprendido entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada. Se representa como  $\phi$ . En el triángulo PC-O-PSC.

$$\phi = \frac{\theta}{2} \quad \text{Sustituyendo } \theta \quad \phi = \frac{G_c l}{40}$$

$$\text{Para la cuerda larga:} \quad \phi_c = \frac{G_c l_c}{40}$$

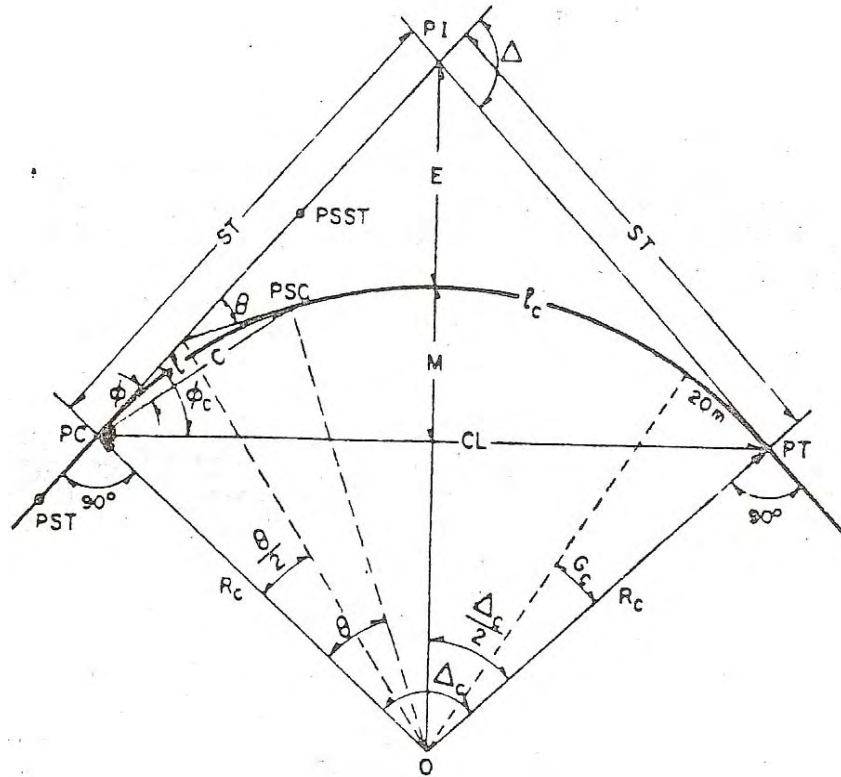


Figura 2.3.1. Curva circular simple.

Elementos de la curva circular simple:

- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.
- PC Punto en donde comienza la curva circular simple
- PT Punto en donde termina la curva circular simple
- PST Punta sobre tangente
- PSST Punto sobre subtangente
- PSC Punto sobre la curva circular
- O Centro de la curva circular
- $\Delta$  Angulo de deflexión de las tangentes
- $\Delta_c$  Angulo central de la curva circular
- $\theta$  Angulo de deflexión a un PSC

$\phi$	Angulo de una cuerda cualquiera
$\phi_c$	Angulo de la cuerda larga
$G_c$	Grado de curvatura de la curva circular
$R_c$	Radio de la curva circular
ST	Subtangente
E	Externa
M	Ordenada media
C	Cuerda
CL	Cuerda larga
$l$	Longitud de un arco
$l_c$	Longitud de la curva circular

### **2.3.3.2 Curvas circulares compuestas.**

Según el MPGC,SCT,(1991), las curvas circulares compuestas son aquellas que están 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 llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

En caminos debe evitarse ese tipo de curvas, por que introducen cambios de curvaturas peligrosos.

Los principales elementos de la curva circular compuesta se ilustran con una curva de tres centros como se muestra en la figura 2.3.2; para su cálculo se utilizan los elementos de las curvas circulares simples que lo integran y los resultados obtenidos pueden extrapolarse para curvas de más de tres centros.



La formula de la cuerda larga CL:

$$C_1 = 2R_{c1} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c1}}{2}$$

$$C_2 = 2R_{c2} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c2}}{2}$$

$$C_3 = 2R_{c3} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c3}}{2}$$

$$x_1 = R_{c1} \operatorname{sen} \Delta_{c1}$$

$$y_1 = R_c (1 - \cos \Delta_{c1})$$

$$x_2 = C_2 \cos \left( \Delta_{c1} + \frac{\Delta_{c2}}{2} \right) = 2R_{c2} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c2}}{2} \cos \left( \Delta_{c1} + \frac{\Delta_{c2}}{2} \right)$$

$$y_2 = C_2 \operatorname{sen} \left( \Delta_{c1} + \frac{\Delta_{c2}}{2} \right) = 2R_{c2} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c2}}{2} \operatorname{sen} \left( \Delta_{c1} + \frac{\Delta_{c2}}{2} \right)$$

$$x_3 = C_3 \cos \left( \Delta_{c1} + \Delta_{c2} + \frac{\Delta_{c3}}{2} \right) = 2R_{c3} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c3}}{2} \cos \left( \Delta_{c1} + \Delta_{c2} + \frac{\Delta_{c3}}{2} \right)$$

$$y_3 = C_3 \operatorname{sen} \left( \Delta_{c1} + \Delta_{c2} + \frac{\Delta_{c3}}{2} \right) = 2R_{c3} \operatorname{sen} \frac{\Delta_{c3}}{2} \operatorname{sen} \left( \Delta_{c1} + \Delta_{c2} + \frac{\Delta_{c3}}{2} \right)$$

Puede verse también que:

$$X = x_1 + x_2 + x_3 + \dots$$

$$Y = y_1 + y_2 + y_3 + \dots$$

$$\Delta = \Delta_{c1} + \Delta_{c2} + \Delta_{c3} + \dots$$

Y las subtangentes de la curva circular compuesta serán:

$$\operatorname{STC}_1 = X - Y \cot \Delta$$

$$\operatorname{STC}_2 = Y \operatorname{csc} \Delta$$

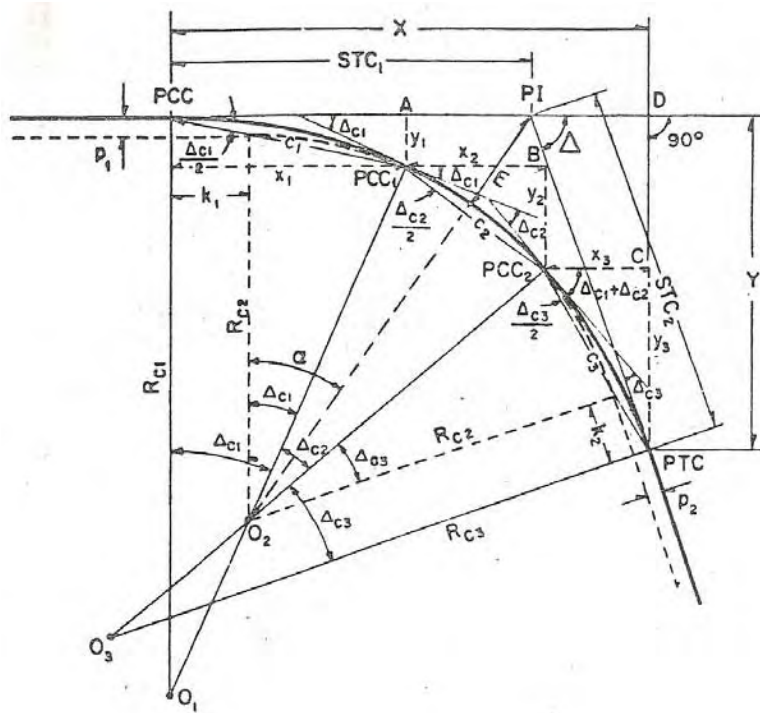


Figura 2.3.2. Curva circular compuesta.

Elementos de la curva circular compuesta:

- PCC Punto donde se inicia la curva circular compuesta.
- PTC Punto donde termina la curva circular compuesta
- PCC<sub>1</sub> ,PCC<sub>2</sub> Punto de curvatura compuesta, o sean los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra.
- O<sub>1</sub>,O<sub>2</sub>,O<sub>3</sub> Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta
- Δ Angulo de deflexión entre las tangentes.
- Δ<sub>c1</sub>,Δ<sub>c2</sub>,Δ<sub>c3</sub> Ángulos centrales de las curvas circulares simple
- R<sub>c1</sub>R<sub>c2</sub>R<sub>c3</sub> Radios de cada una de las curvas circulares simple

STC <sub>1</sub> ,STC <sub>2</sub>	Subtangentes de la curva circular compuesta
P <sub>1</sub> ,P <sub>2</sub> ,k <sub>1</sub> ,k <sub>2</sub>	Desplazamiento de la curva central para curva compuesta de tres centros

### 2.3.4 Curva de transición.

Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas de transición.

Se definirá aquí como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo 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.

Si  $l$  a longitud de la curva de transición es  $l_c$ , la variación de la aceleración centrífuga por unidad de longitud vale:  $V^2 / R_c l_c$ ; en un punto cualquiera de la curva, situado a una distancia  $l$  del origen de la transición, la aceleración centrífuga valdrá:  $V^2 / R_c l_c$ ; por otra parte, si la curvatura en el punto considerado es  $1/ R$ , la aceleración centrífuga en ese mismo punto valdrá  $V^2 / R$ ; por lo cual:

$$\frac{V^2 l}{R_c l_c} = \frac{V^2}{R}$$

Simplificando:  $Rl = R_c l_c$        $\therefore$        $Rl = K^2$   
 $R_c l_c = K^2$

### 2.3.4.1 Ecuaciones de la clotoide o espiral de transición.

Según el MPGC,SCT,(1991), es una curva tal que los radios de curvatura de cada uno de sus puntos están en razón inversa a los desarrollos de sus respectivos arcos, siendo  $K^2$  la constante de proporcionalidad.

$$R = \frac{K^2}{l} \quad \theta = \frac{l^2}{2K^2} \quad \text{Sustituyendo } K^2 \quad \theta = \frac{l^2}{2R_c l_c}$$

El valor de  $\theta$  está expresada en radianes; si lo expresamos en grados.

$$\phi' = \frac{\theta}{3} - Z$$

En donde  $\phi$  y  $\theta$  están expresadas en grados y  $Z$  es una corrección dada por la expresión.

$$Z = 3.1 \times 10^{-3} \theta + 2.3 \times 10^{-8} \theta^5$$

$$\phi_{AT} = \phi - \phi'$$

$$\phi_{AD} = \phi - \phi'$$

$$\phi'_{AD} = \left[ 3P(J-P) + (J-P)^2 \right] \frac{\theta_e}{3N^2} - Z$$

$$\phi'_{AT} = \left[ 3P(J-P) + (J-P)^2 \right] \frac{\theta_e}{3N^2} - Z$$

$\phi'_{AD}, \phi'_{AT}$  = Angulo en grados entre la tangente en el punto P y una cuerda cualquiera  $\overline{PJ}$ , adelante o atrás.

P,J = Número de orden del punto P en donde se está midiendo  $\phi'_{AD}, \phi'_{AT}$ , y número de orden del otro extremo de la cuerda J.

N = Número de arcos o cuerdas en que se ha dividido la espiral.

$Z$  = Corrección que depende del ángulo de deflexión  $\theta$  de la espiral en el punto P.  
 puede despreciarse para  $\theta \leq 16^\circ$ . En caso contrario se calcula con la formula de  $Z$

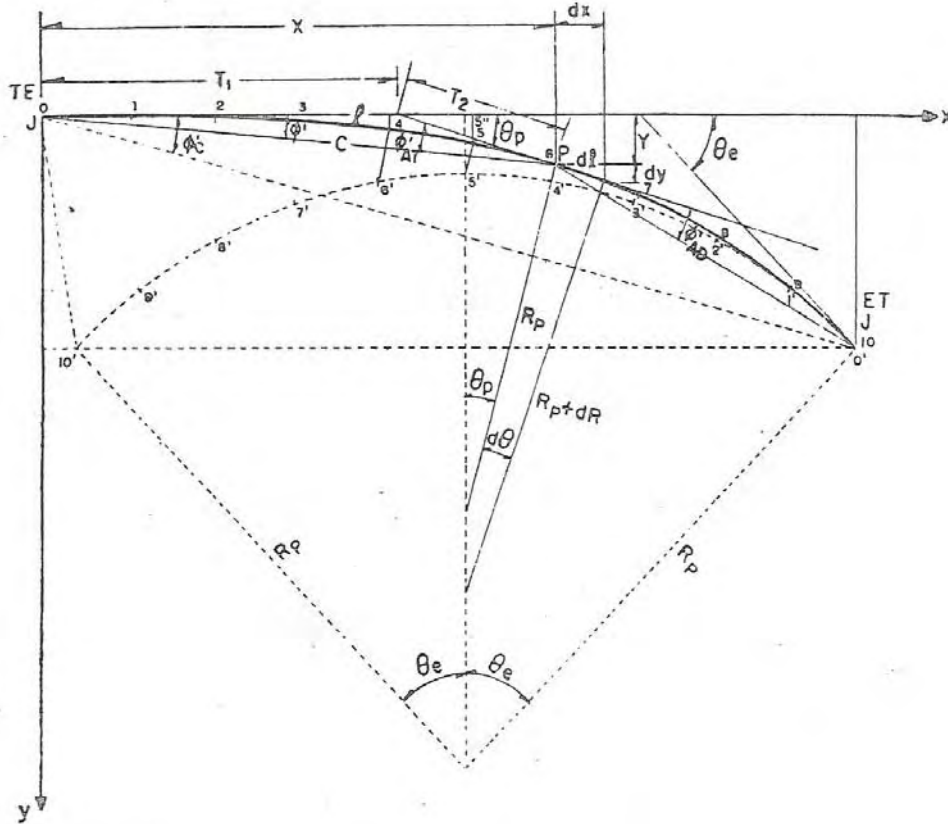


Figura 2.3.3 Espiral o Clotoide

Elementos de la espiral o clotoide:

- P Punto cualquiera sobre una espiral
- o Punto en donde se inicia la espiral
- lo Punto en donde termina la espiral
- $\theta_e$  Deflexión total de la espiral
- $\theta_p$  Deflexión de la espiral en un punto p
- $\phi'_c$  Angulo de la cuerda larga de la espiral

$\phi'$	Angulo de la cuerda a un punto P
$\phi'_{AT}$	Angulo respecto tangente en P, de una cuerda anterior que subtiende un arco de espiral JP, de longitud $l_{JP}$
$l$	Longitud de la espiral del origen al punto P
$C$	Cuerda de la espiral desde el origen al punto P
$R_p$	Radio de curvatura de la espiral en el punto P
$X, Y$	Coordenadas del punto P
$T_1$	Tangente larga al punto P
$T_2$	Tangente corta al punto

#### 2.3.4.2 Curva circular simple con espirales de transición.

Según el MPGC,SCT,(1991), las curvas circulares con espirales de transición constan de una espiral de entrada, una curva circular simple y una espiral de salida. Cuando las espirales de entrada y salida tienen la misma longitud, la curva es simétrica, en caso contrario es asimétrica. Y se calculan con las siguientes formulas:

1. Grado de curvatura de la curva circular. Es el ángulo que subtiende un arco de 20 m en la curva circular.

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

2. Longitud de la espiral. Es la longitud medida sobre la curva entre el TE y el EC, o del CE al ET.

3. Parámetro de la espiral. Es la magnitud que define las dimensiones de la espiral.

$$K = \sqrt{R_c l_c}$$

4. Deflexión de la curva. Es el ángulo comprendido entre las normas a las tangentes en TE y ET. Su valor es igual a la deflexión de las tangentes y se representa con  $\Delta$ .

5. deflexión a un punto cualquiera de la espiral. Es el ángulo comprendido entre la tangente en TE o ET. Y la tangente en un punto cualquiera PSE.

$$\theta = \frac{l^2}{2K^2} \qquad \theta = \left(\frac{l}{l_c}\right)^2 \theta_c$$

6. Deflexión de la espiral. Es el ángulo comprendido entre las tangentes a la espiral en sus puntos extremos.

$$\theta_c = \frac{l_c^2}{2R_c l_c} = \frac{l_c}{2R_c}$$

7. Longitud total de la curva. Es la suma de las longitudes de las dos espirales de transición y de la longitud de curva circular. Para curvas simétricas, se tiene:

$$L = 2l_c + l_c \qquad L = \frac{400_c + 20\Delta}{G_c} \qquad L = l_c + \frac{20\Delta}{G}$$

Lo que indica que al insertar una curva espiral, se incrementa la longitud total de curva en  $l_c$

8. coordenadas del EC de la curva.

$$X_c = l_c \left(1 - \frac{\theta_c^2}{10}\right)$$

$$Y_c = l_c \left(\frac{\theta_c}{3} + \frac{\theta_c^3}{42}\right)$$

9. Coordenadas del PC de la curva circular.

$$p = Y_c - R_c \operatorname{sen} \theta_c$$

$$k = X_c - R_c \operatorname{sen} \theta_c$$

10. subtangente. Es la distancia entre el PI y el TE o ET de la curva, medida sobre la prolongación de la tangente, y se denomina  $ST_c$ .

$$ST_c = k + (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2}$$

11. Externa. Es la distancia entre el PI y la curva y se denomina  $E_c$ .

$$E_c = p + (R_c + p) \sec \frac{\Delta}{2} - (R_c - p)$$

$$E_c = (R_c + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

12. Cuerda larga. Es la recta que une el TE y EC o el ET y el CE y se le llama  $CL_c$

$$CL_c = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

13. Angulo de la cuerda larga. Es el ángulo comprendido entre la tangente en TE y la cuerda larga y se simboliza como  $\phi_c'$ .

$$\phi_c' = \frac{\theta_c}{3} - Z$$

En donde Z

$$Z = 3.1 \times 10^{-3} \theta_c^3 + 2.3 \times 10^{-8} \theta_c^5$$

14. Tangente larga. Es el tramo de subtangente comprendido entre el TE o ET y la intersección con la tangente a EC o CE; se le llama TL.

$$TL = X_c - Y_c \cot \theta_c$$



15. Tangente corta. Es el tramo de la tangente a CE o EC comprendida entre uno de estos puntos y la intersección con la subtangente correspondiente; se representa como TC.

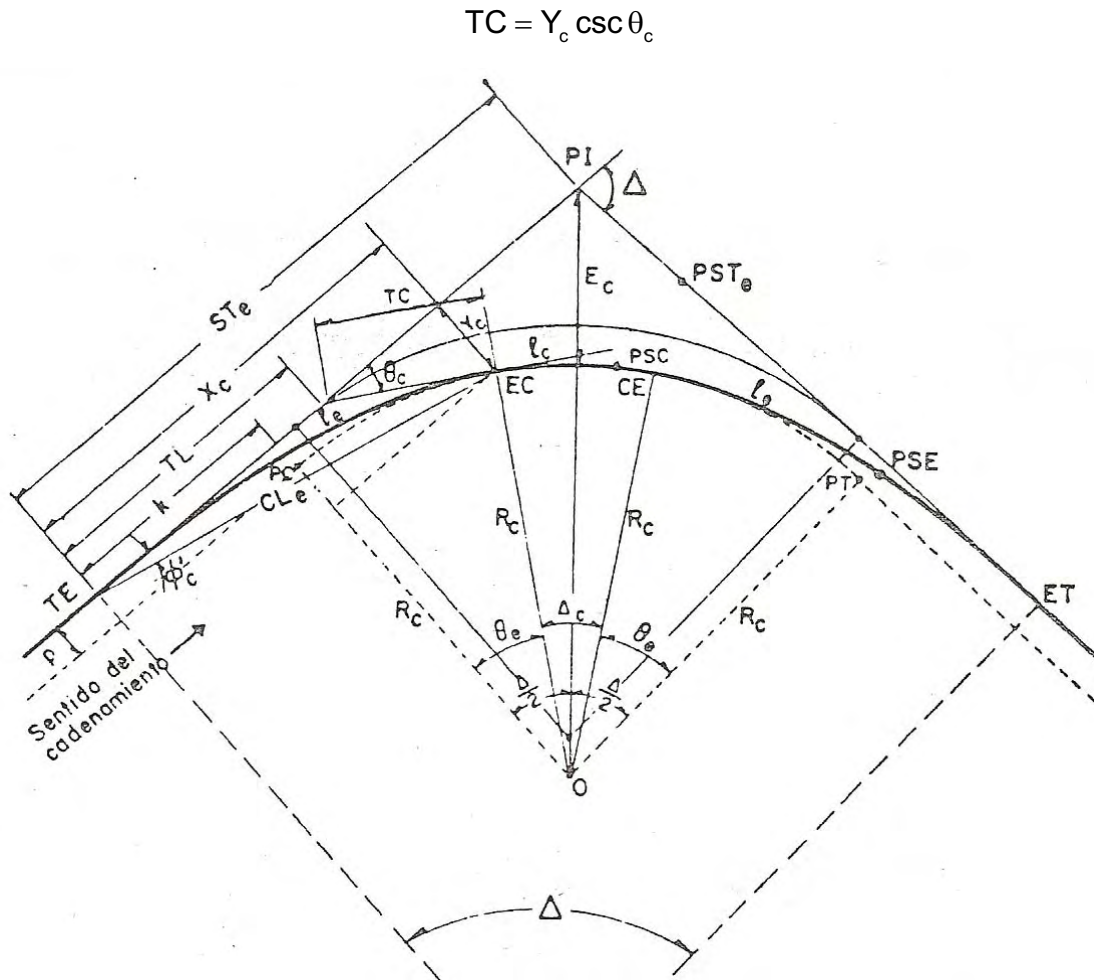


Figura 2.3.4. Curva circular con espiral

Elementos de la curva circular con espiral:

- |    |   |
|----|---|
| PI | Punto de intersección de las tangentes.                     |
| TE | Punto donde termina la tangente y empieza la espiral        |
| EC | Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular  |
| CE | Punto donde termina la curva circular y empieza la circular |

ET	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente
PSC	Punto sobre la curva circular
PSE	Punto sobre la espiral
PST <sub>e</sub>	Punto sobre subtangente.
$\Delta$	Angulo de deflexión de las tangentes.
$\Delta_c$	Angulo central de la curva circular.
$\theta_e$	Deflexión total de la espiral.
$\phi'_c$	Angulo de la cuerda larga de la espiral.
ST <sub>e</sub>	Subtangente.
X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub>	Coordenadas del EC o del CE.
k,p	Coordenadas del PC del PT (desplazamiento).
TL	Tangente larga.
TC	Tangente corta.
CL <sub>e</sub>	Cuerda larga de la espiral.
E <sub>c</sub>	Externa.
R <sub>c</sub>	Radio de la curva circular.
l <sub>c</sub>	Longitud de la curva circular.
l <sub>e</sub>	Longitud de la espiral de entrada o salida.

#### 2.3.4.3 Longitud mínima de la espiral de transición.

Es una transición que tiene por objeto permitir un cambio continuo en la aceleración centrífuga de un vehículo, así como de la sobreelevación y la ampliación.

Este cambio será función de la longitud de la espiral, siendo más repentino conforme esta longitud es más corta.

Existen diferentes criterios para desarrollar o calcular la longitud mínima de espiral a continuación se mencionaran los diferentes criterios:

a) Shortt dedujo la primera fórmula para calcular la longitud mínima de la espiral:

$$l_c = 0.0214 \frac{V^2}{CR_c}$$

$l_c$  = Longitud mínima de la espiral, en m.

V= Velocidad del vehículo, en m/seg.

$R_c$  = Radio de la curvatura circular, en m.

C= Coeficiente de variación de la aceleración centrífuga, o coeficiente de comodidad, en  $m/seg^2/seg$ .

b) En 1949, M.V. Smirnoff propuso una formula semejante a la de Shortt, pero corrigiéndola para tener en cuenta la sobreelevación.

$$l_c = \frac{0.0214}{C} V \left( \frac{V^2}{R_c} - 127S \right)$$

$l_c$  = Longitud mínima de la espiral, en m.

V= Velocidad del vehículo, en Km. /h.

$R_c$  = Radio de la curvatura circular, en m.

C= Coeficiente de comodidad, fijada empíricamente entre 0.305 y 0.610  $m/seg^2$ .

c) AASHO. Recomienda otra manera de calcular la longitud mínima de la espiral, consiste en igualar la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobreelevación correspondiente a la curva circular.

$$m = 1.5625V + 75$$

$$l_c = maS$$

m = Talud de la orilla de la calzada respecto al eje del camino. Es igual al recíproco de la pendiente.

V = Velocidad de proyecto, en km/h.

$l_c$  = Longitud mínima de la espiral, en metros.

a = Semiancho de la calzada en tangente para camino de dos carriles.

S = Sobreelevación de la curva circular, en valor absoluto.

d) Un criterio desarrollado en México por la Secretaría de Obras Públicas, para calcular la longitud mínima de espiral, y fija un valor constante a la velocidad con que el vehículo asciende o desciende por la espiral de transición.

$$l_c = 8VS$$

Donde:

$l_c$  = Longitud mínima de transición, en m.

V = Velocidad de proyecto, en km/h.

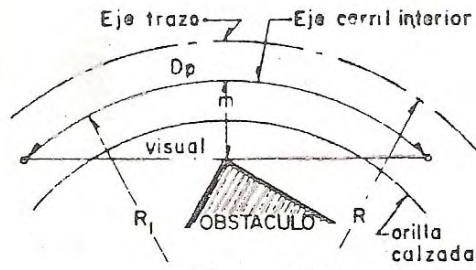
S = Sobreelevación, en valor absoluto.

VELOCIDAD DE PROYECTO  Km/h	SHORTT	SMIRNOFF	AASHO				SOP
	$l_c = 0.0214 \frac{V^2}{CR_c}$	$l_c = \frac{0.0214}{C} V \left( \frac{V^2}{R_c} - 127S \right)$	$m = 1.5625V + 75$ $l_c = maS$				$l_c = 8VS$
			a=2.75	a=3.05	a=3.35	a=3.65	
30	39	37	34	37	41	44	24
40	47	46	38	42	46	50	32
50	58	56	42	47	51	56	40
60	68	65	46	51	57	62	48
70	77	74	51	56	62	67	56
80	86	82	55	61	67	73	64
90	94	90	59	66	72	79	72
100	102	97	64	71	77	84	80
110	109	104	68	75	83	90	88

Tabla 1. Cuadro comparativo de longitudes mínimas de transición según diferentes criterios ( $s = 0.10$ )

### 2.3.5 Distancia de visibilidad en curvas.

En las curvas del alineamiento horizontal 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.



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

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

- a - ancho de la calzada en tangente
- A - ampliación en la curva
- D<sub>p</sub> - distancia de visibilidad de parada

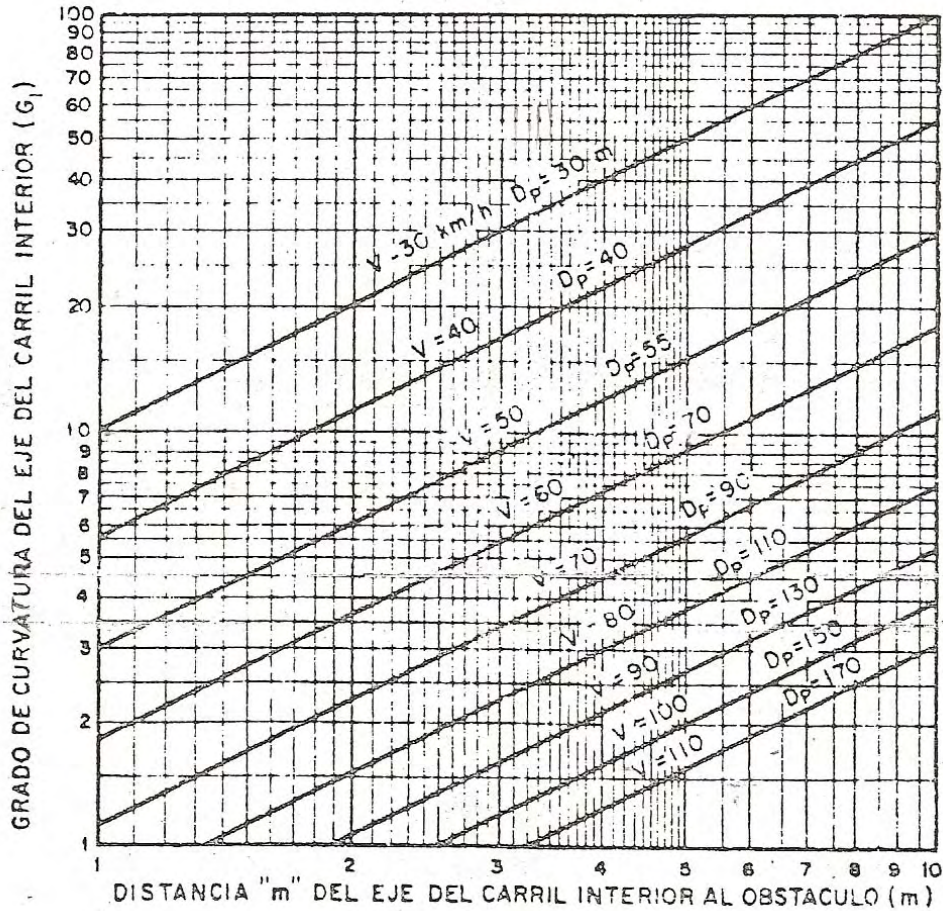
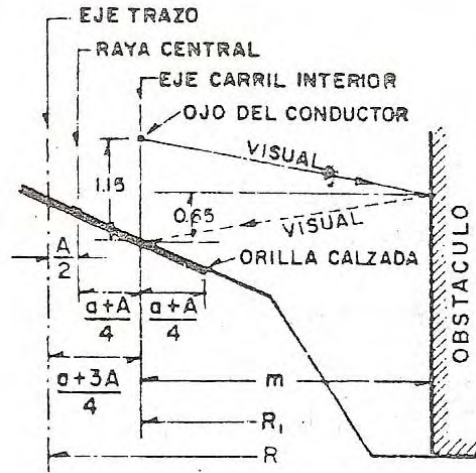


Figura 2.3.5 Distancia mínima necesaria a obstáculos en el interior de curvas circulares para dar la distancia de visibilidad de parada.

## **2.4 Alineamiento vertical.**

### **2.4.1 Definición.**

Según el MPGC,SCT,(1991), 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 se componen de tangentes y curvas.

### **2.4.2 Tangentes.**

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y 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, se representa como  $T_v$ . La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra A.

#### **2.4.2.1 Pendiente gobernadora.**

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora, será aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

#### 2.4.2.2 Pendiente máxima.

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

TIPO DE TERRENO	PORCIENTO EN PENDIENTE MAXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE PROYECTO, EN KM/H						
	50	60	70	80	90	100	110
PLANO	6	5	4	4	3	3	3
LOMERIO	7	6	5	5	4	4	4
MONTAÑOSO	9	8	7	7	6	5	5

*TABLA 2.- Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto (caminos principales).*

#### 2.4.2.3 Pendiente mínima.

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.5% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

#### 2.4.2.4 Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical.

Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir la velocidad más allá de un límite previamente establecido.



Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

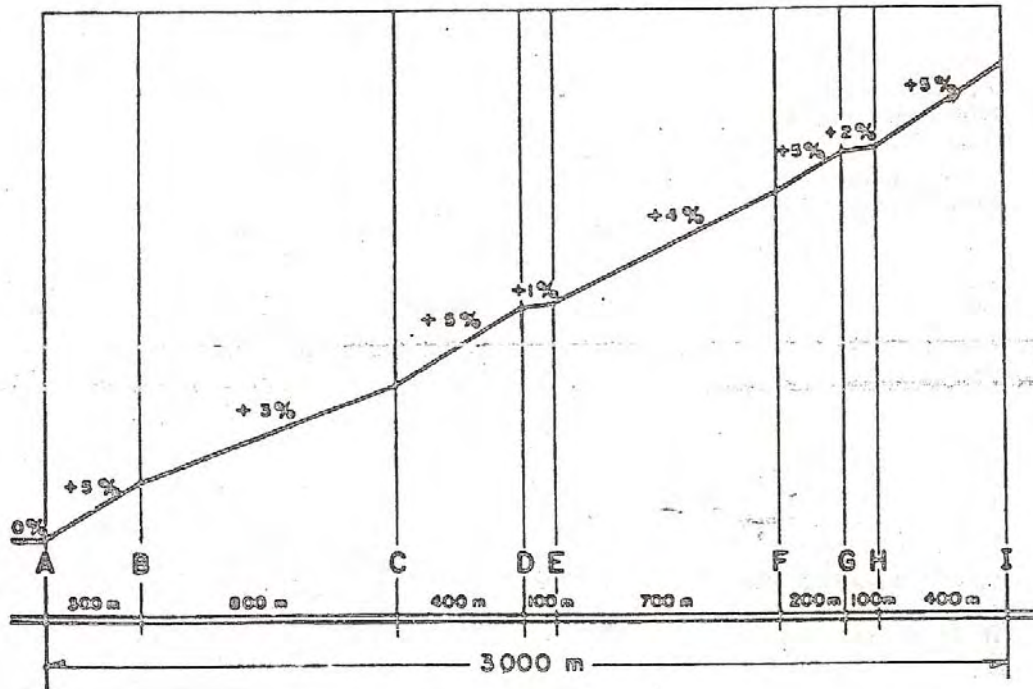


Figura. 2.4.1 Alineamiento vertical de un tramo de camino con tangentes de diferentes pendientes.

### 2.4.3 Curvas verticales.

Son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.

Debe dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de esta se representa como PCV y como PTV, el punto común de la tangente y la curva al final de esta.

A) Forma de la curva. La condición que se considera óptima para la conducción de un vehículo, corresponde a un movimiento cuyo componente horizontal de la velocidad sea constante.

$$V_x = \frac{dx}{dt} = C_1$$

Por lo que la componente horizontal de la aceleración:

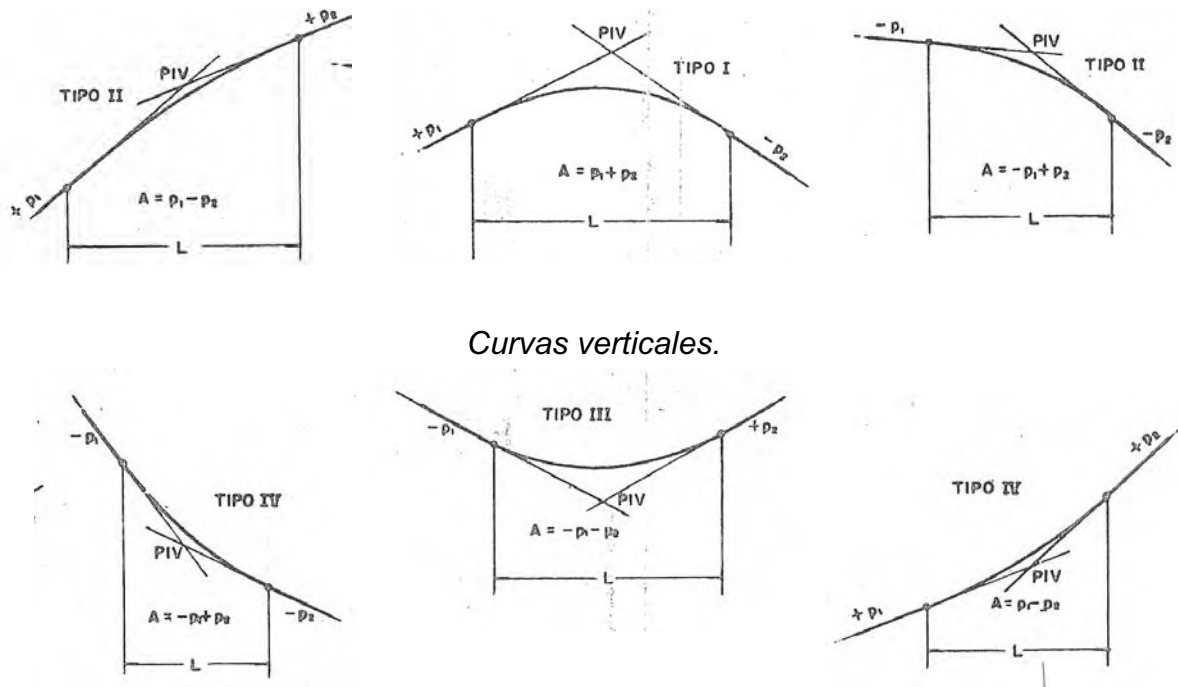
$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

La ecuación de una parábola que es la recomendada para emplearse en las curvas verticales.

$$K = \frac{g}{2U_x^2} \quad \text{En donde K es una constante.}$$

$$y = Kx^2 + Px$$

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



Curvas verticales.

Curvas verticales en columpio.

Figura 2.4.2. Tipos de curvas verticales.

B) Cálculo de los elementos de la curva parabólica. Los elementos de la curva vertical se muestran en la figura siguiente y se calculan como sigue:

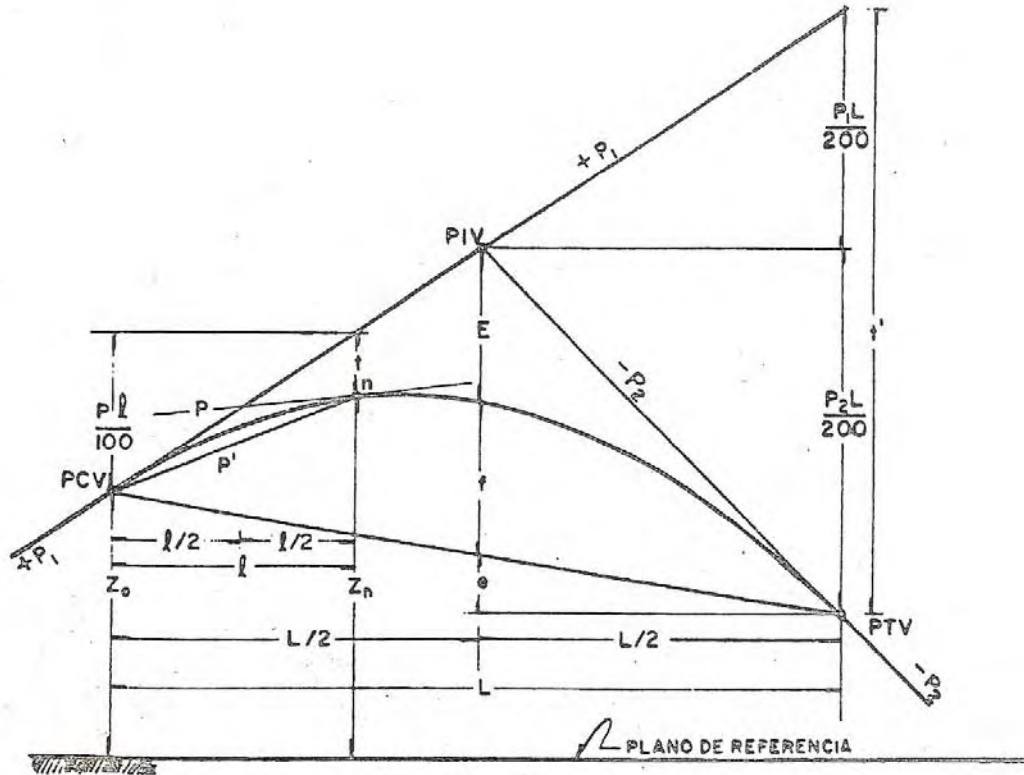


Figura 2.4.3 Elementos de las curvas verticales.

PIV = Punto de intersección de las tangentes.

PCV = punto en donde comienza la curva vertical.

PTV = Punto en donde termina la curva vertical.

$n$  = Punto cualquiera sobre la curva.

$p_1$  = Pendiente de la tangente de entrada en por ciento.

$p_2$  = Pendiente de la tangente de salida en por ciento.

$p$  = Pendiente en un punto cualquiera de la curva en por ciento

$p'$  = Pendiente de una cuerda a un punto cualquiera en por ciento

- A = Diferencia algebraica entre los pendientes de la tangente de entrada y la de salida.
- L = Longitud de la curva.
- E = Externa.
- f = Flecha.
- $\ell$  = Longitud de curva a un punto cualquiera.
- t = Desviación respecto a la tangente de un punto cualquiera.
- K = Variación de longitud por unidad de pendiente,  $K= L/A$
- $Z_c$  = Elevación del PCV:
- $Z_n$  = Elevación de un punto cualquiera.

1. Longitud. Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas, que son:

- Criterio de comodidad. Se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo. Se recomienda que en la curva la aceleración centrífuga no exceda a  $0.305 \text{ m/seg}^2$ , o sea que:

$$a_c = \frac{V^2}{R} \leq 0.305 \text{ m/seg}^2 \therefore R \geq 3.28V^2$$

$$K = \frac{L}{A} \geq \frac{V^2}{395} \quad \text{y se expresa } V \text{ en km./h y } A \text{ en por ciento.}$$

Siendo K el recíproco de la variación de pendiente por unidad de longitud.

- Criterio de apariencia. Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas en columpio, para evitar al usuario la impresión

de un cambio súbito dependiente. Empíricamente la AASHO a determinado que:

$$K = \frac{L}{A} \geq 30$$

- Criterio de drenaje. Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o en columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente. La AASHO a encontrado que para que esto ocurra debe cumplirse:

$$K = \frac{L}{A} \leq 43$$

- Criterio de seguridad. Se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parábola. En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase.

Para curvas en cresta:

$$D \geq L \quad L = 2D - \frac{C_1}{A}$$

$$D \geq L \quad L = \frac{AD^2}{C_1}$$

Para curvas en columpio:

$$D \geq L \quad L = 2D - \frac{C_2 + 3.5D}{A}$$

$$D \geq L \quad L = \frac{AD^2}{C_2 + 3.5D}$$

En donde:

L= Longitud de la curva vertical en m.

D= Distancia de visibilidad deparada o de rebase, en m.

A= Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento.

$C_1, C_2$  = Constantes que dependen de la altura del ojo del conductor o altura de los faros y de la altura del obstáculo o altura del vehículo.

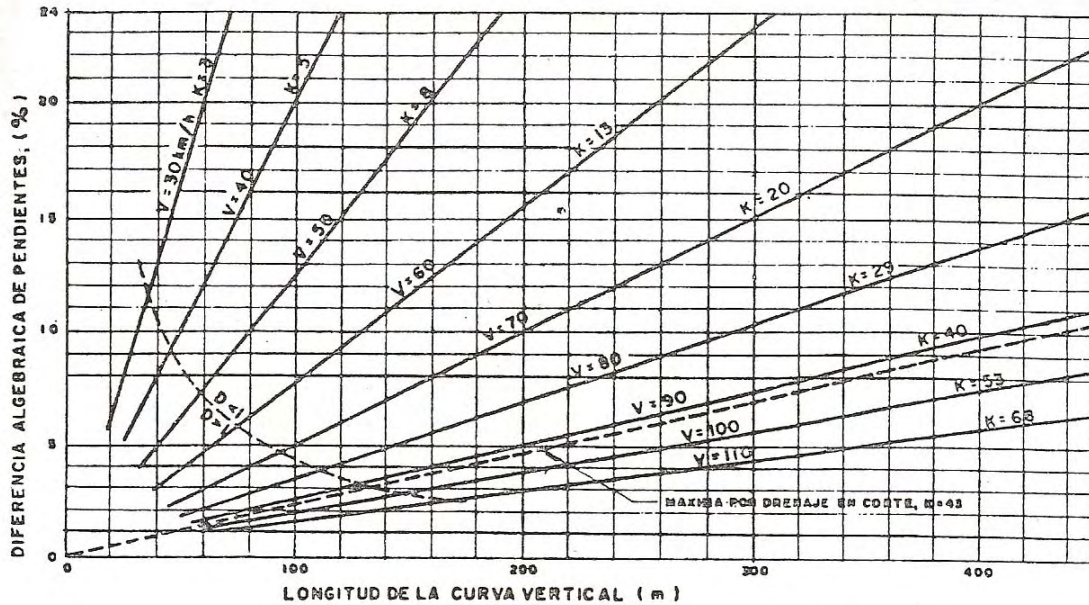


Figura 2.3.4 Longitud de curvas verticales en cresta para cumplir con la distancia de visibilidad de parada

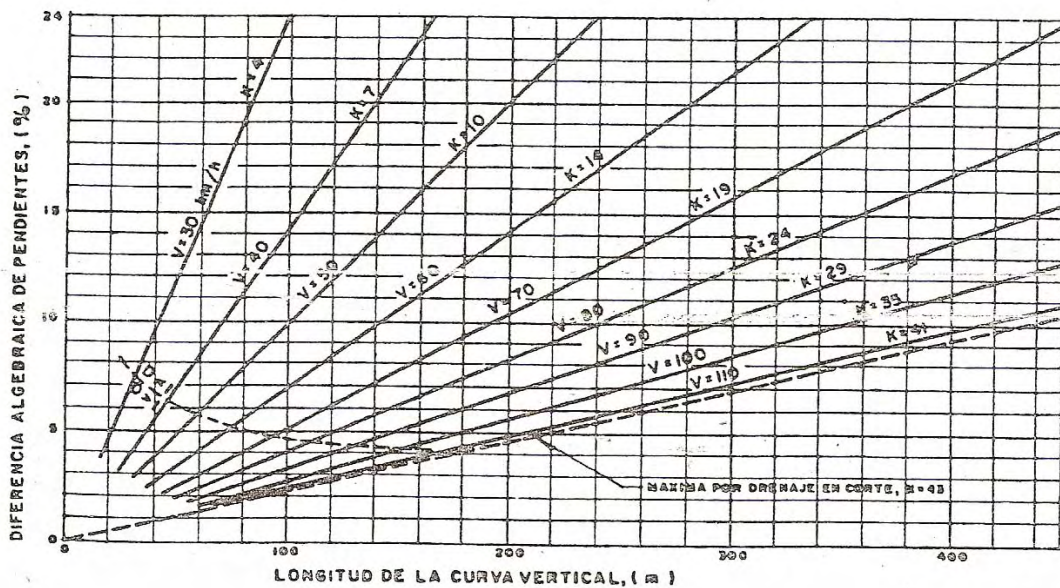


Figura 2.3.5 Longitud de curvas verticales en columpio para cumplir con la distancia de visibilidad de parada.

2. Pendiente en un punto cualquiera de la curva. Para determinar esta pendiente  $P$ , se parte de la propiedad de la parábola de que la variación dependiente a lo largo de ella respecto a su longitud.

$$P = P_1 - \frac{Al}{L}$$

$P, P_1, P_2$  y  $A$  están expresados en por ciento  $l$  y  $L$  en m.

3. Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera. Para determinar esta pendiente simbolizada como  $P'$  se hace uso de la propiedad de la parábola de que la pendiente de una cuerda es el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

$$P' = P_1 - \frac{Al}{L}$$

4. Desviación respecto a la tangente. Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva, llamada  $t$ :

$$t = \frac{A}{200L} l^2$$

5. Externa. Es la distancia entre el PIV y la curva, medida verticalmente; se le representa como  $E$ .

$$E = \frac{A}{200L} \left( \frac{L}{2} \right)^2$$

$$E = \frac{AL}{800}$$

6. Flecha. Es la distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTV, medida verticalmente; se representa como  $f$ .

$$f = \frac{P_2L}{200} - E - c = \frac{P_2L}{200} - \frac{AL}{800} - c$$

Puede observarse que  $f = E$

$$f = \frac{AL}{800}$$

7. Elevación de un punto cualquiera de la curva  $Z_n$ :

$$Z_n = Z_{n-1} + \frac{P_1}{5} - \frac{A}{10N}(2n-1)$$

## 2.5 Elementos que integran y definen las Secciones Transversales.

En este capítulo se definirán los elementos que forman parte de una sección transversal tipo como son: La Corona, Subcorona, Cunetas y Contracunetas, Taludes, Complementos y 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.

- 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.
- 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:



1.- *Bombeo.*

2.- *Sobreelevación.*

3.- *Transición del bombeo a la sobreelevación.*

1.- *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.

2.- *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:

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

En donde:

S: Sobreelevación, en valor absoluto.

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

R: Radio de la curva, en m.

$\mu$ : Coeficiente de fricción lateral.

La fórmula anterior permite calcular distintos valores de sobreelevación, no obstante se ha tenido la necesidad de fijar una sobreelevación máxima, admitiéndose cuatro valores. 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.

Una vez fijada la sobreelevación máxima, el grado máximo de curvatura queda definido para cada velocidad mediante la aplicación de la expresión anterior; de ella, expresando el radio en función del grado, se tendrá:

$$G_{\text{máx}} = \frac{146000(\mu + S_{\text{máx}})}{V^2}$$

Sustituyendo en la expresión los valores de  $\mu$  y con la sobreelevación máxima que se considere, pueden encontrarse los grados máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto. En la siguiente tabla se indican los grados máximos de curvatura, en función de la velocidad de proyecto.

VELOCIDAD DE PROYECTO	COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL	GRADO MÁXIMO CALCULADO PARA SOBREELEVACION DE				VALORES PARA PROYECTO							
						S = 0.12		S = 0.10		S = 0.08		S = 0.06	
		0.12	0.10	0.08	0.06	G	R	G	R	G	R	G	R
30	0.280	64.89	61.64	58.40	55.16	65	17.63	62	18.48	58	19.76	55	20.83
40	0.230	31.99	30.11	28.29	26.46	32	35.81	30	38.20	28	40.93	26	44.07
50	0.190	18.10	16.94	15.77	14.60	18	63.66	17	67.41	16	71.62	15	76.39
60	0.165	11.56	10.75	9.94	9.12	12	95.49	11	104.17	10	114.59	9	127.32
70	0.150	8.04	7.45	6.85	6.26	8	143.24	7.5	152.79	7	163.70	6.5	183.34
80	0.140	5.93	5.48	5.02	4.56	6	190.99	5.5	208.35	5	229.18	4.5	254.65
90	0.135	4.60	4.24	3.88	3.51	4.5	259.65	4.25	246.10	4	266.48	3.5	327.40
100	0.130	3.65	3.33	3.07	2.77	3.5	327.40	3.25	352.59	3	381.97	2.75	416.69
110	0.125	2.96	2.72	2.47	2.23	3.0	381.97	2.75	416.89	2.5	458.37	2.25	509.29

Tabla 3.- Grados Máximos de Curvatura.

A las curvas que tienen el grado de curvatura máximo, corresponderá la sobreelevación máxima. En las curvas con grado menor al máximo, se puede proporcionar la sobreelevación necesaria considerando el máximo coeficiente de

fricción correspondiente a la velocidad de proyecto, lo que solo sería correcto para los vehículos que circulan a la velocidad de proyecto.

La figura siguiente corresponde a la gráfica para calcular la sobreelevación para cada grado de curvatura y velocidad de proyecto, así como las longitudes de transición de la sobreelevación y los valores de N, para una pendiente máxima de 10 %.

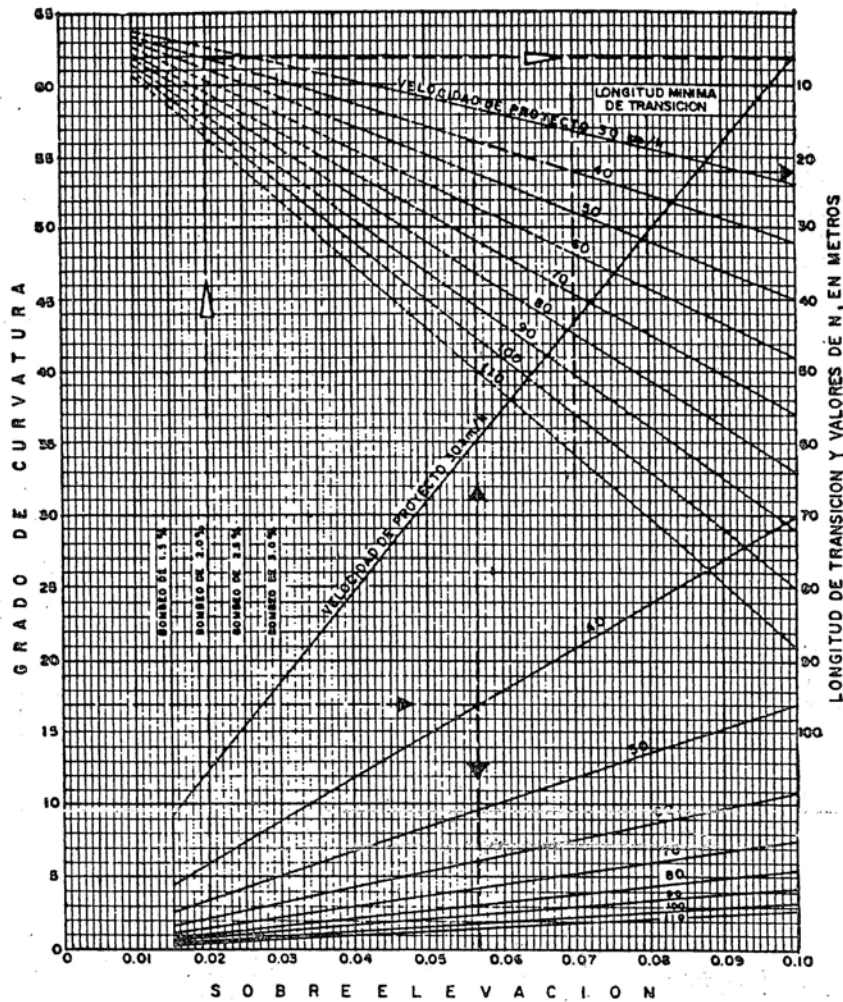


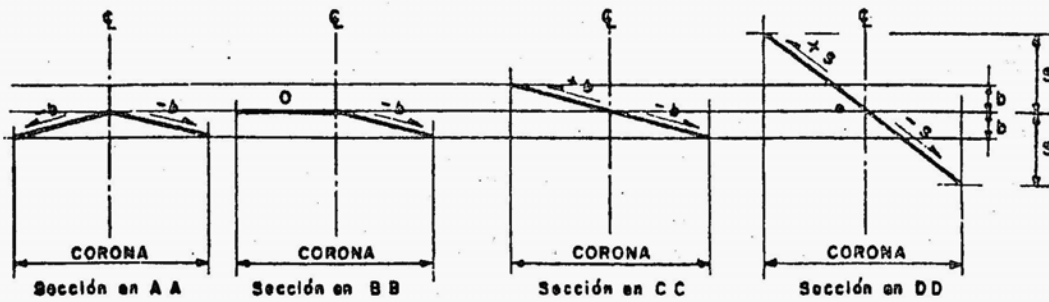
FIGURA 2.5.1 Sobreelevación y longitudes de transición para ( $S_{max}$ ) pendiente máxima de 10 %

3.- *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. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino; esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular.

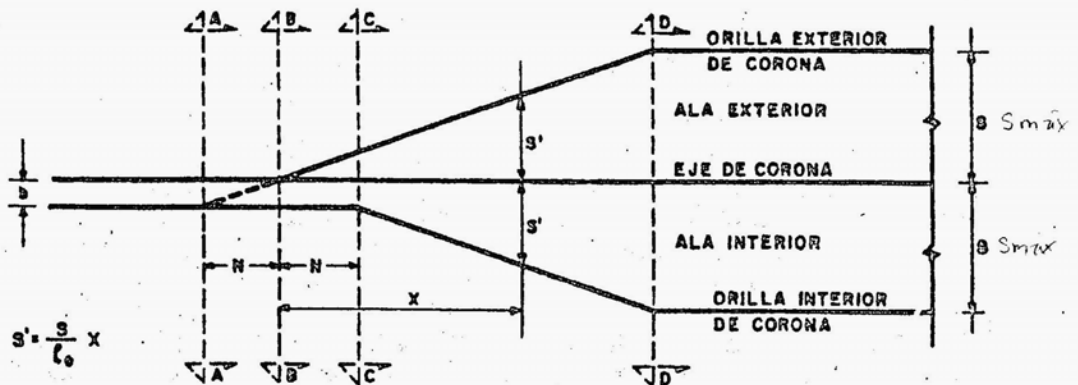
Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer procedimiento es el más conveniente, debido a que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y solo se emplean en casos especiales. En la siguiente figura se ilustra el primer procedimiento.

### SECCIONES TRANSVERSALES



### VARIACION DE LA SOBREELEVACION



### LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CON ESPIRALES DE TRANSICION



### LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE

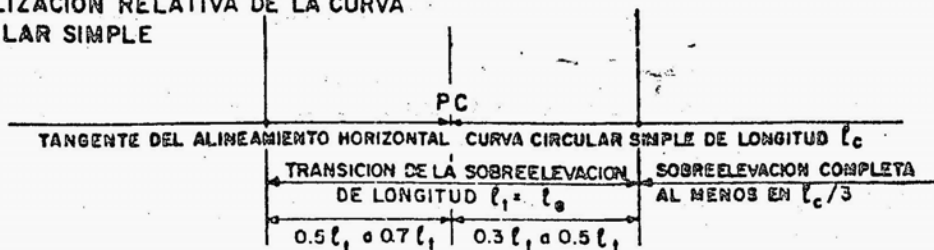


Figura 2.5.2 Transición de la sección en tangente a la sección en curva girando sobre el eje de la corona.

- Calzada.- 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.

1.- Ancho de calzada en tangente.- Para determinar el ancho de calzada en tangente, debe establecerse el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o en un determinado año de la vida del camino; con este dato y los estudios económicos correspondientes, pueden determinarse el ancho y número de carriles, de manera que el volumen de tránsito en ese año no exceda el volumen correspondiente al nivel de servicio prefijado.

2.- Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal.- Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este sobreaño se la llama ampliación, el cual debe darse tanto a la calzada como a la corona. En la figura siguiente se ilustra la forma en que intervienen cada uno de los elementos mencionados en el cálculo de la ampliación para obtener el ancho de calzada en curva.

## SIMBOLOS

- $a$  - Ancho de calzada en tangente
- $a_c$  - Ancho de calzada en curva
- $A$  - Ampliación en curva
- $V_t$  - Vuelo trasero
- $V_d$  - Vuelo delantero
- $DE$  - Distancia entre ejes
- $EV$  - Entrevía (en este caso igual al ancho total del vehículo)
- $C$  - Distancia libre entre vehículos
- $U$  - Distancia entre huellas externas
- $F_A$  - Proyección del vuelo delantero
- $Z$  - Sobreancho por dificultad de maniobra

NOTA: Todas las medidas en metros y normales al alineamiento horizontal.

## EXPRESIONES PARA EL CALCULO:

$$A = a_c - a$$

$$a_c = 2U + 2C + F_A + Z$$

$$U = \frac{EV + R - \sqrt{R^2 - DE^2}}{2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + V_d(2DE + V_d)} - R$$

$$Z = 0.1 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

ANCHO CALZADA (a) en m	VALOR DE (c) en m
5.30	0.45
6.10	0.60
6.70	0.75
7.30	0.90

Para caminos con  $a = 5.50$  en donde se espera bajo volumen de tránsito puede considerarse que  $Z = 0$

## GRAFICAS PARA EL CALCULO:

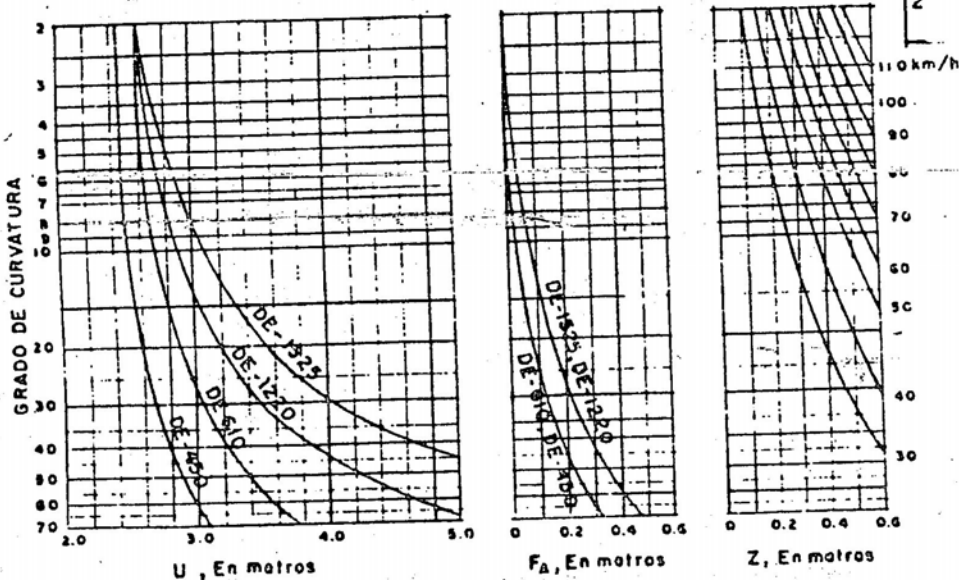


Figura 2.5.3 Ampliaciones en curvas del alineamiento horizontal.

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.

La ampliación de la calzada en las curvas, se da en el lado interior; la raya central se pinta posteriormente en el centro de la calzada ampliada.

- Acotamientos.- Los acotamientos son definidos como las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen las siguientes ventajas:
  - 1.- Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada.
  - 2.- Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
  - 3.- Mejorar la visibilidad en los tramos en curva.
  - 4.- Facilitar los trabajos de conservación.
  - 5.- Dar mejor apariencia al camino.

#### B) Subcorona.

Según el MPGC,SCT,(1991), la 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.

- Subrasante.- Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.



- **Pendiente Transversal.**- La pendiente transversal de la subcorona es la misma que la de la corona, logrando mantener uniforme el espesor del pavimento. Puede ser bombeo o sobreelevación, según que la sección este en tangente, en curva o en transición.
- **Ancho.**- El ancho de la subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho esta en función del ancho de corona y del ensanche. La expresión general para calcular el ancho  $A_s$  de la subcorona es la siguiente:

$$A_s = C + e_1 + e_2 + A$$

$A_s$ : Ancho de la subcorona, en m.

$C$ : Ancho de la corona en tangente, en m.

$e_1$  y  $e_2$ : Ensanche, a cada lado del camino, en m.

$A$ : Ampliación de la calzada en la sección considerada, en m.

Cuando el camino se va a pavimentar inmediatamente después de construidas las terracerías y no hay necesidad de construir la cuneta provisional, la cuneta definitiva quedará formada con el material de base y sub-base y por la talud del corte (ver siguiente figura). En este caso el ensanche de la subcorona se calcula como sigue:

Por lo cual

$$e = \frac{B}{\frac{1}{t} + S}$$

En donde:

$e$ : Ensanche, en m.



- **Cunetas.**- Las 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.**- Generalmente 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.

Según el MPGC,SCT,(1991), es la inclinación del paramento 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. Como se muestra en la tabla 9-D página 388 del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras donde se da una lista de los taludes recomendados en cortes, se menciona un ejemplo a continuación:

Tipo de material	Talud recomendable		Observaciones
	Hasta 8 m	Desde 8 a 16 m	
Granito sano y masivo	¼ : 1	¼ : 1	Descopetar a ¾ : 1 la parte interperizada, si la hay.
Granito sano en bloque	½ : 1	¾ : 1	Amacizar taludes según la disposición de los bloques.

### E) Partes complementarias.

Con esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras.

- *Guarniciones y bordillos.*- Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

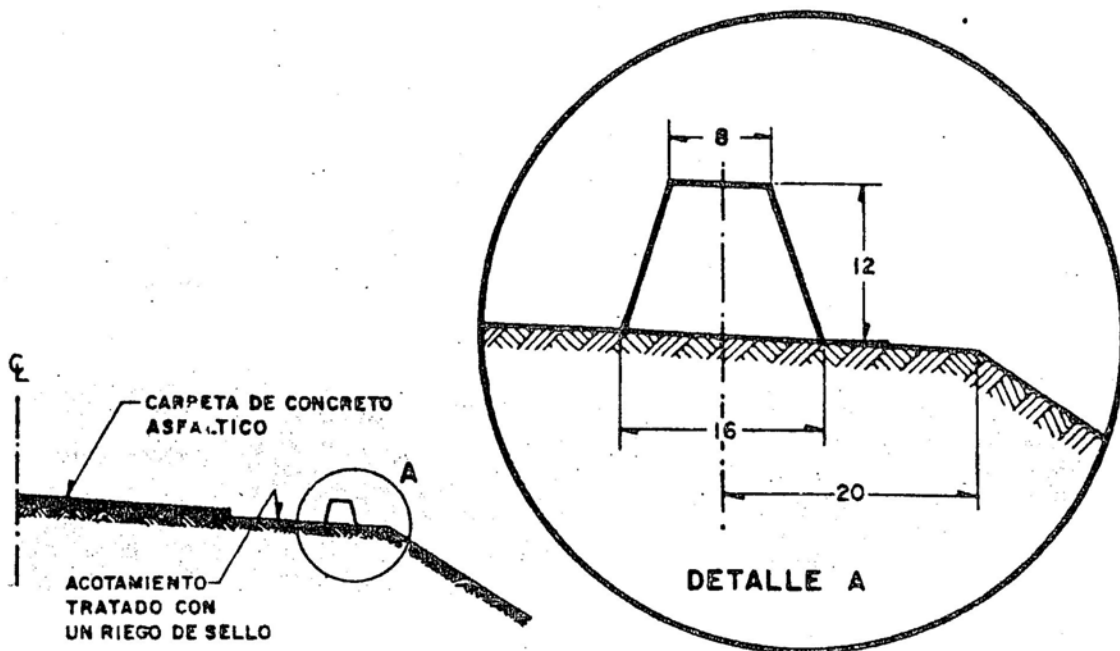


Figura 2.5.5 Dimensiones y ubicación del Bordillo.

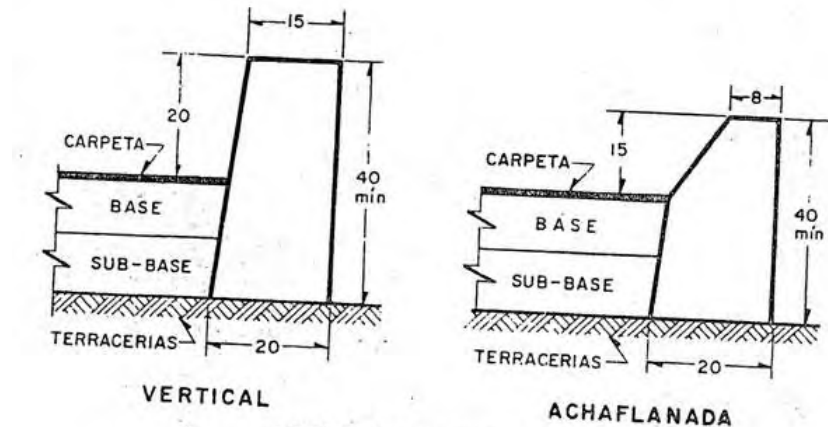


Figura 2.5.6 Tipos de guarniciones.

- **Banquetas.**-Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, la banqueta es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias.
- **Fajas separadoras y camellones.**- Se llaman fajas separadoras a las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien 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; su anchura es variable dependiendo del costo del derecho de vía y de las necesidades del tránsito. El ancho mínimo es 1.20 m.

- *Derecho de vía.*- 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 adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

## **2.6 Proyecto de subrasante y calculo del movimiento de las terracerias.**

### **2.6.1 Proyecto de subrasante.**

En este subtema se da a analizaremos 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; además de calcular los movimientos de tarracerias originados por la selección previa de la ruta del trazo que propicia cortes y terraplenes a lo largo la línea del camino.

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:

#### *1. Costos unitarios:*

Excavación en corte.

Excavación en préstamo.

Compactación en el terraplén del material de corte.

Compactación en el terraplén del 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.

## 2. *Coefficientes de variabilidad volumétrica:*

Del material de corte.

Del material de préstamo.

## 3. *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.

## 4. *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 por la ecuación:

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

en donde:

- ✓ D M E= Distancia máxima de sobreacarreo económico.
- ad= Costo unitario de sobreacarreo del material de corte de desperdicio.

- $P_c$ = 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.
- $P_p$ = Costo unitario del terraplén formado con material producto de préstamo.
- $P_{sa}$ = Precio unitario del sobreacarreo del material de corte.

### **2.6.2 Cálculo 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 sobreelevación 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.



### 2.6.2.1 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.

1. Los propios del diseño geométrico.
2. Los señalados por el procedimiento a que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

Los elementos relativos al primer grupo se mencionan a continuación:

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

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

- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 12. Despalle.                         | 17. Cuña de afinamiento. |
| 13. Compactación del terreno natural. | 18. Muro de retención.   |
| 14. Escalón de liga.                  | 19. Berma.               |
| 15. Cuerpo del terraplén.             | 20. Estratos en corte.   |
| 16. Capa subrasante.                  | 21. Caja en corte.       |

A continuación se describen algunas definiciones 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.

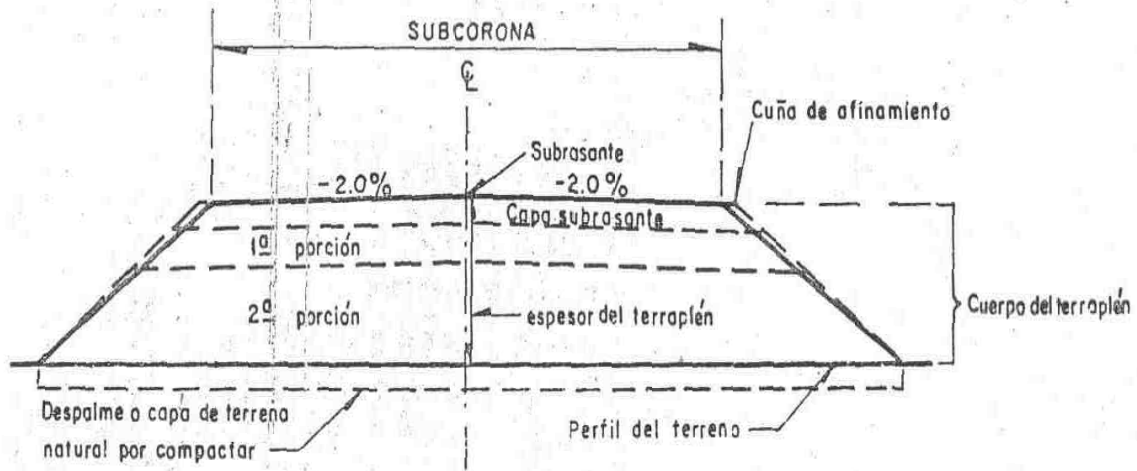


Figura 2.6.1. Sección de construcción de un terraplén en tangente.

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

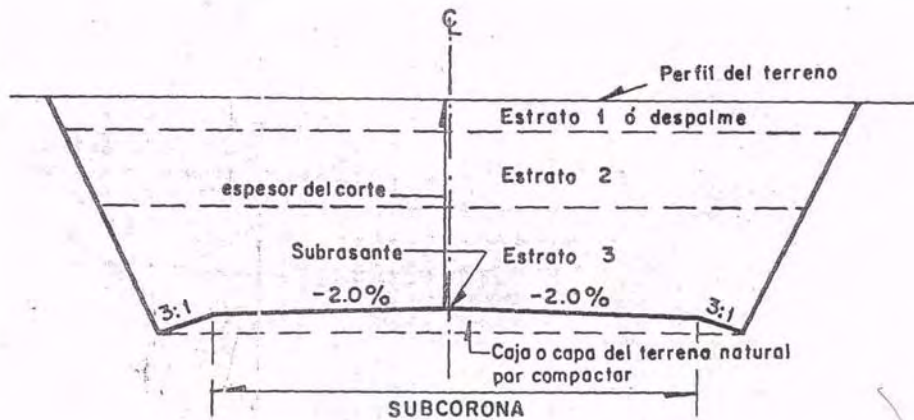


Figura 2.6.2. Sección de construcción de un corte en tangente.

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

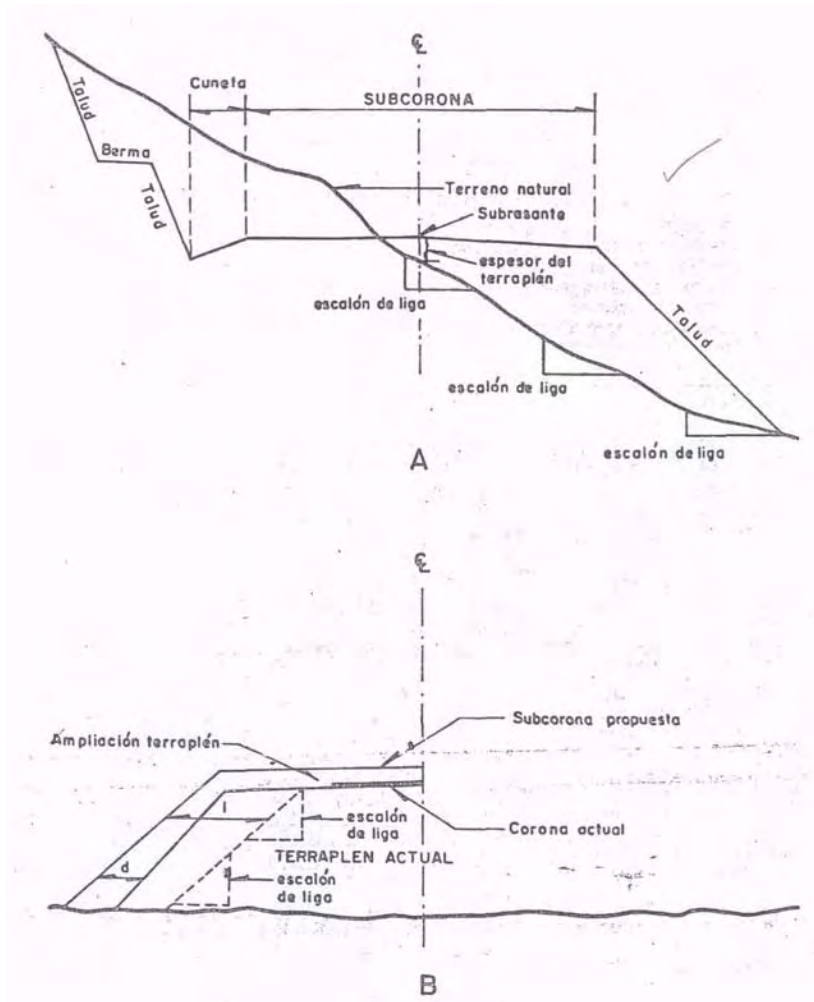


Figura 2.6.3 Escalón de liga.

### 2.6.2.2 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.

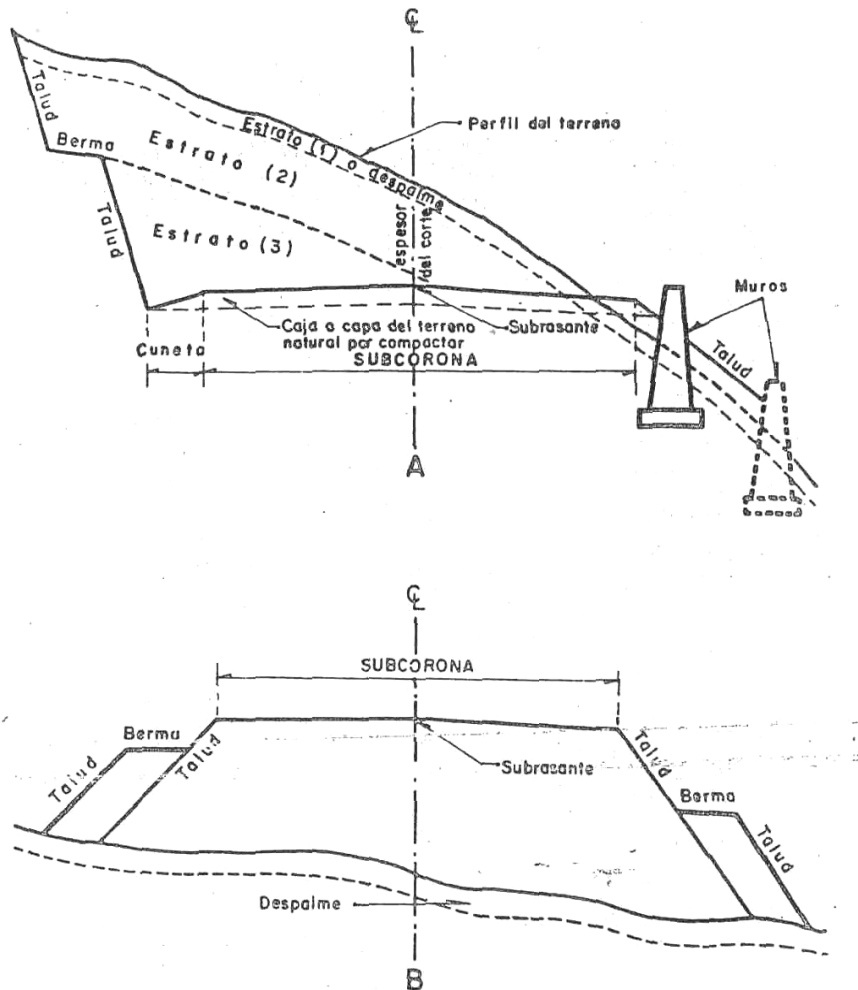


Figura 2.6.4 Muros y Bermas.

### 2.6.2.3 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.

### 2.6.2.4 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.

#### **2.6.2.5 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, éstos 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.

#### **2.6.2.6 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 más 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.

## **2.7. Diseño de intersecciones.**

En el presente capítulo se abordara el concepto de intersección, así como las maniobras de los vehículos, el área de maniobras, el proyecto de intersección, además de los tipos de entronques a nivel y a desnivel.

### **2.7.1. Definiciones y clasificación.**

Según el MPGC,SCT,(1991), una intersección, es el área donde dos o más vías terrestres se cruzan o unen, "la secretaría de obras públicas, considera dos tipos generales de intersecciones: los entronques y los pasos".

A una zona donde dos o más caminos se cruzan o se unen, mezclando las corrientes de tránsito se le llama entronque. Por otro lado, a una zona donde dos

vías terrestres se cruzan sin que se unan las corrientes de tránsito, se le llama paso. En ambos casos, se puede contar con estructuras a distintos niveles.

De acuerdo con el MPGC, SCT, (1991), cada vía 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, así también, a los enlaces que unen dos vías a diferente nivel se les llama rampas.

### **2.7.2. Maniobras de los vehículos.**

En una intersección, 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. "Cuando un conductor se cambia de la ruta sobre la que ha venido manejando, encontrará necesario salir de la corriente de tránsito para entrar a una diferente trayectoria, o tendrá que otra cruzar trayectorias". (MPGC; 1991: 447).

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. A una zona de influencia en la cual los usuarios que se aproximan y pueden llegar a causar trastornos a los demás conductores debido a las maniobras realizadas en algún intersección, se le llama área de conflicto.

#### **2.7.2.1. Maniobra de divergencia.**

Esta es la más simple y fácil de las maniobras que ocurren en una intersección. El siguiente diagrama, se aprecia en el área de conflicto que comienza en el punto donde la velocidad del vehículo 2 que diverge, se reduce, incluyendo en la del vehículo 3, hasta que vehículo 2 sale de su trayectoria original. Al mismo



tiempo, con la divergencia, ocurren conflictos adicionales que no son inherentes a la maniobra.

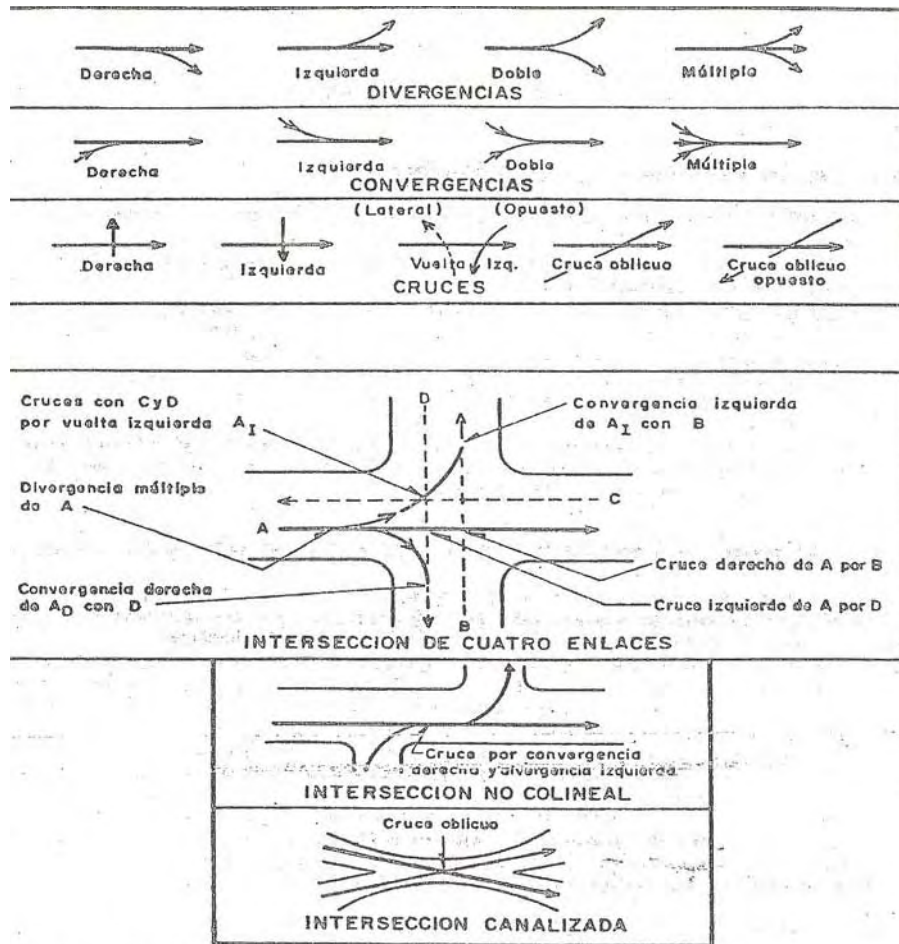


Fig. 2.7.1. Maniobras de los vehículos en las intersecciones.

### 2.7.2.2. Maniobra de convergencia.

Esta maniobra, no puede realizarse voluntad, debe ser diferida hasta que exista un espacio adecuado entre los vehículos que circulan por el carril adecuado será incorporar. La siguiente figura se muestra la influencia de esta maniobra sobre los demás vehículos. Particularmente el área de conflicto se inicia antes que el área

potencial de colisión y se extiende en un punto donde el vehículo que converge ha alcanzado, aproximadamente, la velocidad del vehículo 3.

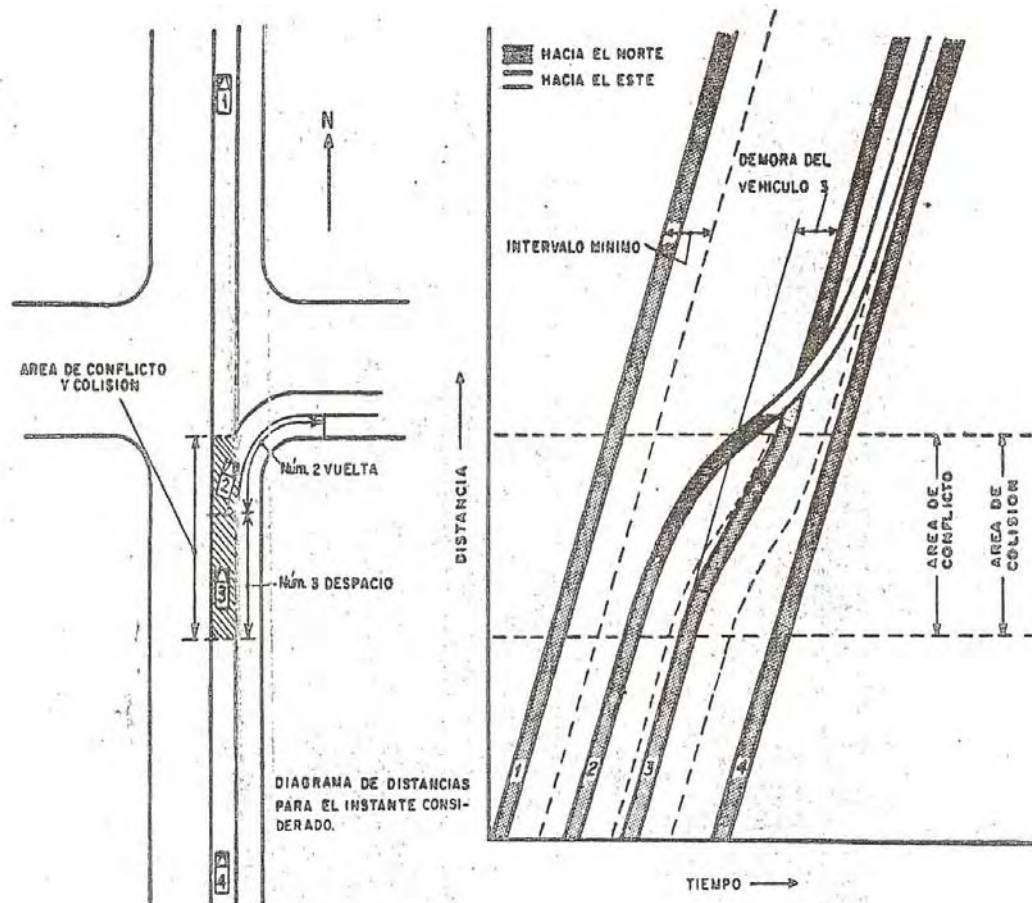


Fig. 2.7.2 Relación tiempo-distancia en las maniobras de divergencia.

### 2.7.2.3. Maniobra de cruce.

En el diagrama, se muestra la relación tiempo-distancia en la maniobra de cruce. Específicamente el área de conflicto comienza en un punto colocado a una distancia del área de intersección y se extiende a través del área de colisión.

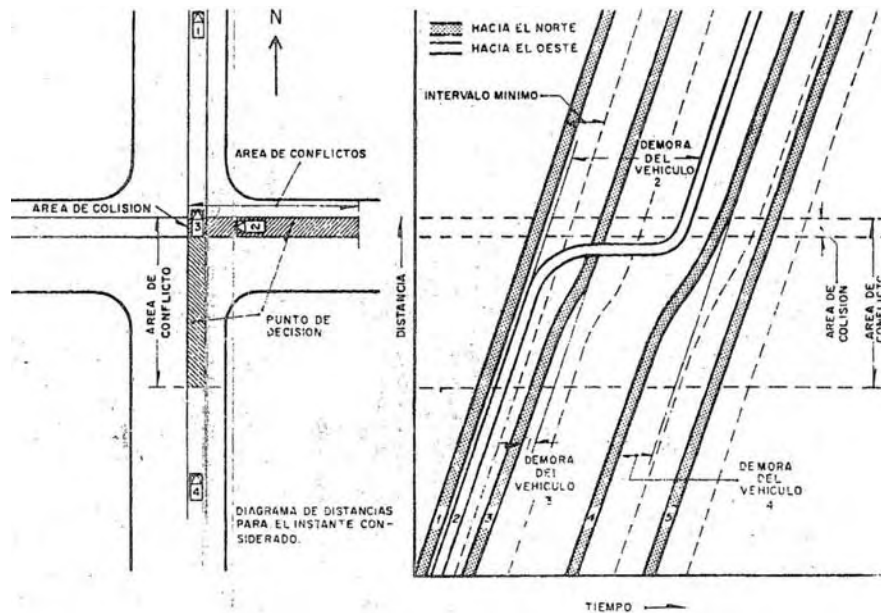


Fig. 2.7.3 Relación tiempo-distancia en las maniobras de cruces.

#### 2.7.2.4. Número y tipos de conflictos.

En la siguiente tabla, se pueden observar el número de conflictos que pueden desarrollarse en una intersección, o tipo de maniobra. Se puede apreciar que en una intersección con cuatro ramas de doble circulación, existen 32 puntos de conflicto, 16 de los cuales son del tipo más peligroso, ósea de cruce. Si se tiene una T o una Y existen solamente 9 conflictos, de los cuales 3 incluyen maniobras de cruce.

Numero de ramas de doble circulación	Numero de conflictos en los movimientos De la intersección por tipos de maniobra.			
	CRUCE	CONVERGENCIA	DIVERGENCIA	TOTAL
3	3	3	3	9
4	16	8	8	32
5	49	15	15	79
6	124	24	24	172

Tabla. 4. Relación del número de conflictos de la intersección al número de ramas de doble circulación que la forman por tipo de maniobras.

### 2.7.2.5. Frecuencia de conflictos.

La frecuencia de los puntos de conflicto, está íntimamente relacionada con el volumen de tránsito que se encuentra en cada trayectoria de flujo, es decir, en una intersección de cuatro ramas mostrada en la figura, se supone que por cada acceso entran 200 vph, de los cuales el 10% voltea la derecha, y el 10% a la izquierda. Se desea saber cuántos puntos de conflicto se tendrán después de una hora. Los cálculos que conducen a tendrán resultados a los siguientes:

Volumen que voltea la derecha  $10\% \times 200 \text{ vph} \times 4 \text{ accesos} = 80 \text{ vbh}$ .

Volumen que voltea al izquierda  $10\% \times 200 \text{ vph} \times 4 \text{ accesos} = 80 \text{ vph}$ .

Tránsito de frente  $80\% \times 200 \text{ vph} \times 4 \text{ accesos} = 640 \text{ vph}$ .

(vph:vehículos por hora) Total: 800 vph.

### 2.7.3. Áreas de maniobras.

El área de maniobra, es la zona de una intersección donde el conductor de un vehículo, realiza las operaciones para ejecutar las maniobras requeridas. Según lo mencionado por, (MPGC, SCT, 1991), 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.

Hasta donde sea posible, se deben evitar las áreas de maniobra múltiples, puesto que los conductores que circulan por las diferentes vía se confunde la llegar al área potencial de colisión y ocasionan problemas en la capacidad y la seguridad.

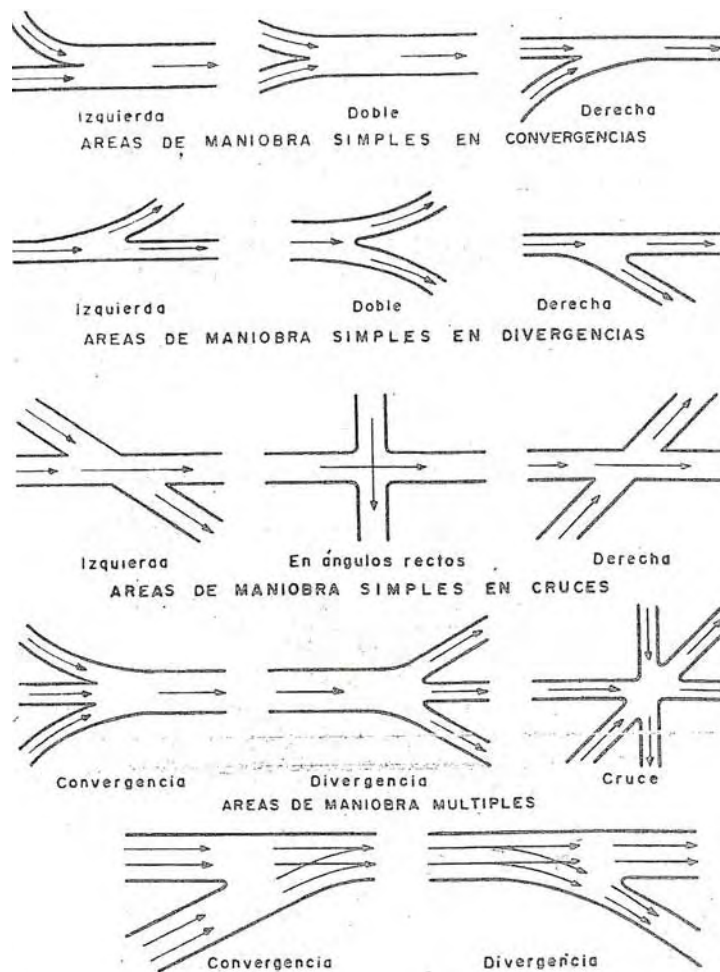


Fig. 2.7.4. Ejemplos de áreas de maniobra simple, múltiple y compuesta.

### 2.7.3.1. Áreas de maniobras simples.

Dentro de las maniobras simples, la más segura sencilla de realizar esta divergencia, ésta se inicia desde un punto común dentro de la corriente del tránsito.

El área de maniobra deberá proyectarse para una velocidad relativa baja, con el fin de evitar una reducción en la velocidad, ya que su efecto se refleja hacia atrás, hasta alcanzar el área de colisión.

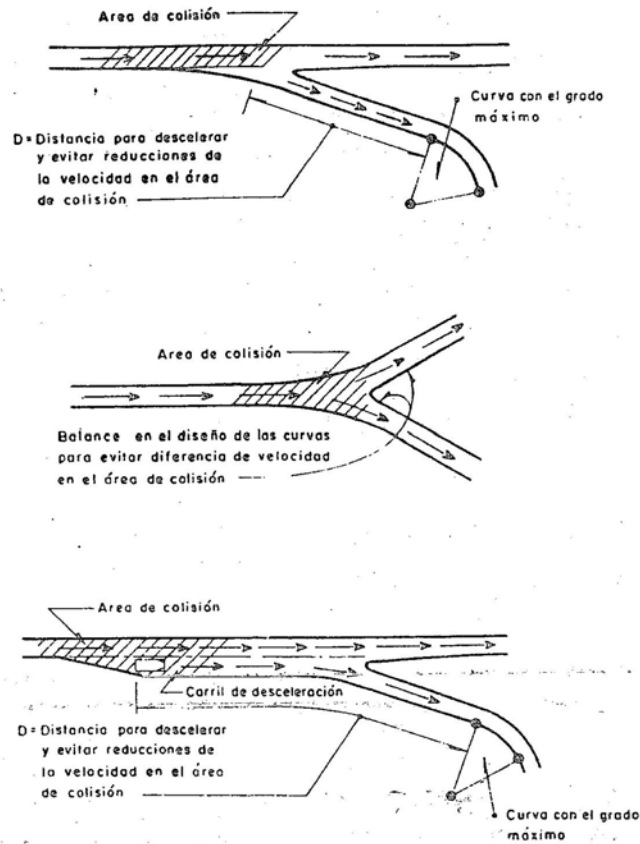


Fig. 2.7.5. Ejemplos de áreas de maniobra simples de divergencia, considerando una velocidad relativa baja.

Durante el tiempo de la maniobra, los vehículos requieren ajustar su velocidad para alcanzar el área de colisión, para que a su vez, se tenga una separación aceptable entre los vehículos consecutivos del flujo al cual se unirán. "Asimismo, deben tomar la velocidad del flujo al que van a unirse para no causar interferencias. A medida que el volumen de tránsito aumenta, disminuye la oportunidad de encontrar

separaciones aceptables entre los vehículos del flujo, al cual se va converger, por lo que el tiempo de maniobra aumenta hasta hacerse insuficiente". (MPGC,SCT; 1991).

Una maniobra puede efectuarse dando suficiente distancia de visibilidad en intersección, o mediante carril desaceleración en donde se proporciona flexibilidad en el lugar de la maniobra.

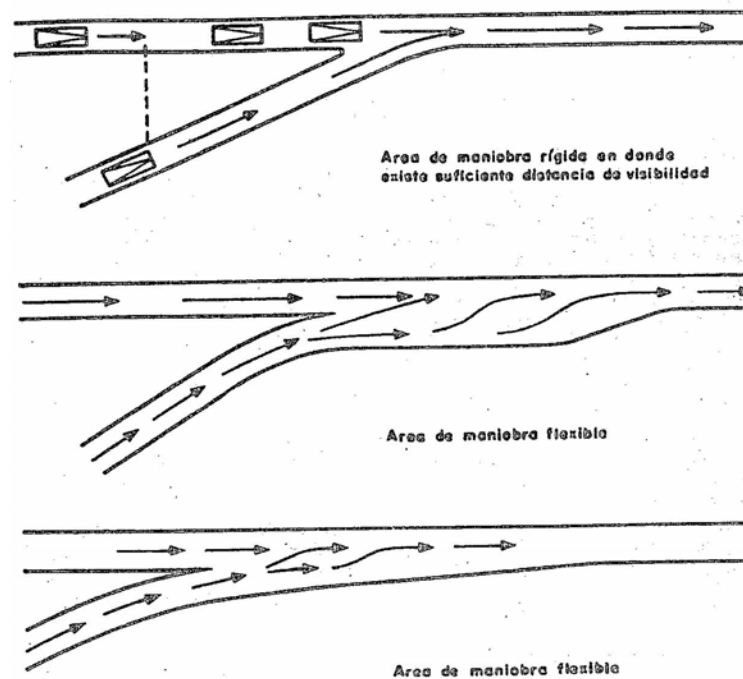


Fig. 2.7.6. Procedimiento para proporcionar el tiempo de maniobra.

### 2.7.3.2. Entrecruzamientos.

Al cruce de dos corrientes de tránsito que circulan en un mismo sentido y se realiza a través de convergencia y divergencia sucesivas, se llama entrecruzamiento. Una zona de entrecruzamiento, es definida por la longitud y el ancho de un camino de un sentido de circulación, en un extremo en el cual dos caminos del mismo sentido convergen y en el otro divergen.

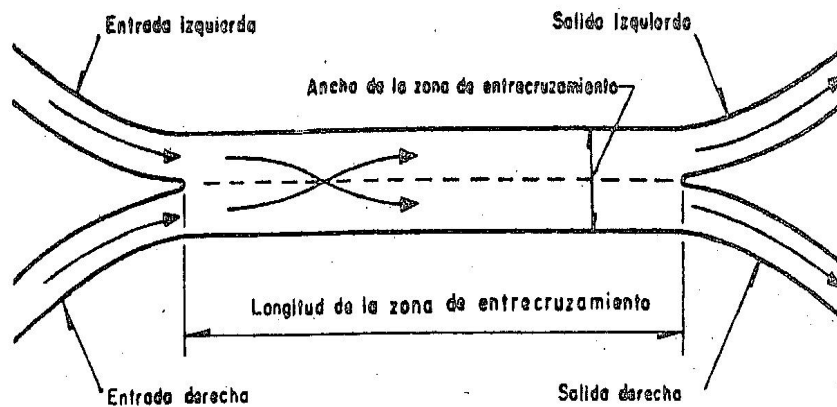


Fig. 2.7.7. Zona de entrecruzamiento.

Existen factores que se deben considerar en el proyecto de una zona de entrecruzamiento, como son, la velocidad de proyecto, el volumen de servicio, los volúmenes de los movimientos de entrecruzamiento y los de los movimientos que no producen entrecruzamientos.

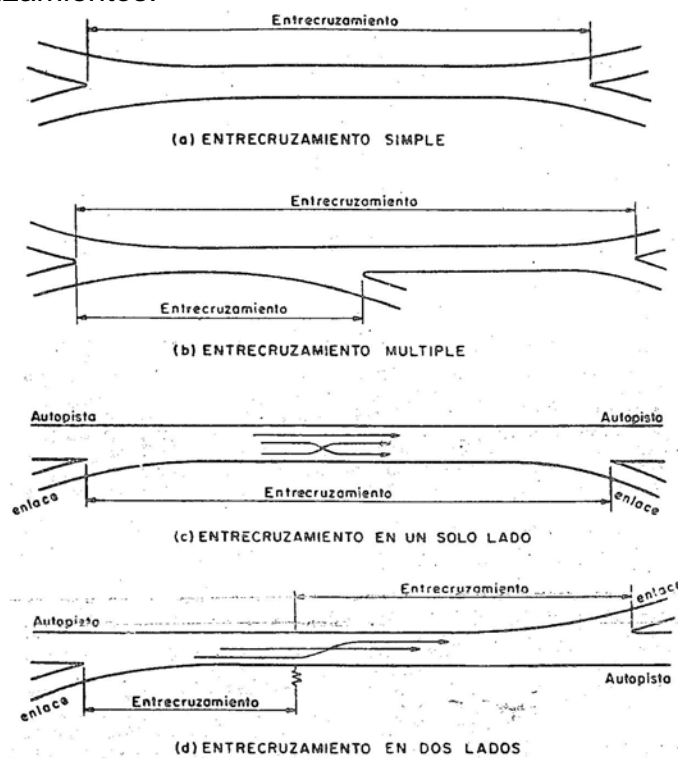


Fig. 2.7.9 Tipos de zonas de entrecruzamiento.



### 2.7.3.3. Áreas de maniobra compuestas.

Un área de maniobra se dice que es compuesta, cuando funciona de tal manera que acomoda corrientes paralelas de tránsitos en varios carriles de circulación. Las áreas de maniobra compuestas, ya sean de convergencia o divergencia, originan conflictos adicionales de cruce y a su vez, causar confusión en los conductores.

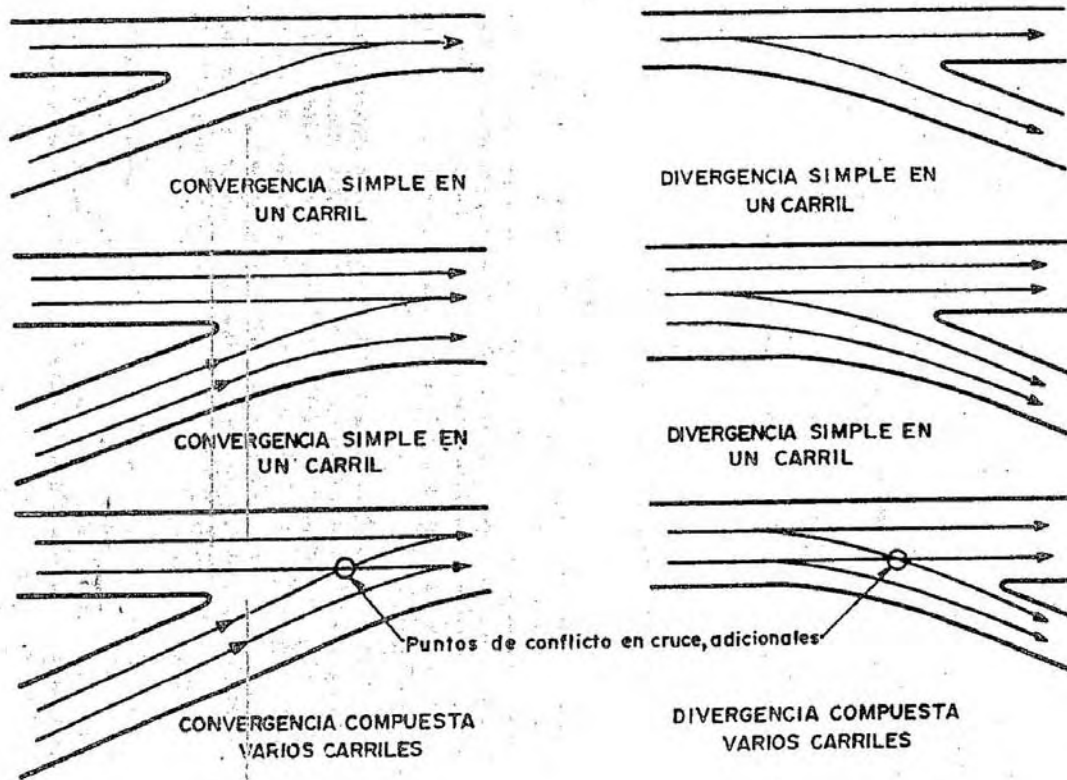


Fig. 2.7.10 Áreas de maniobras simples y compuestas, de convergencia y divergencia.

Este tipo de maniobras, en lo posible deberán evitarse, de no ser así, deberán desarrollarse bajo condiciones de velocidad relativa baja.

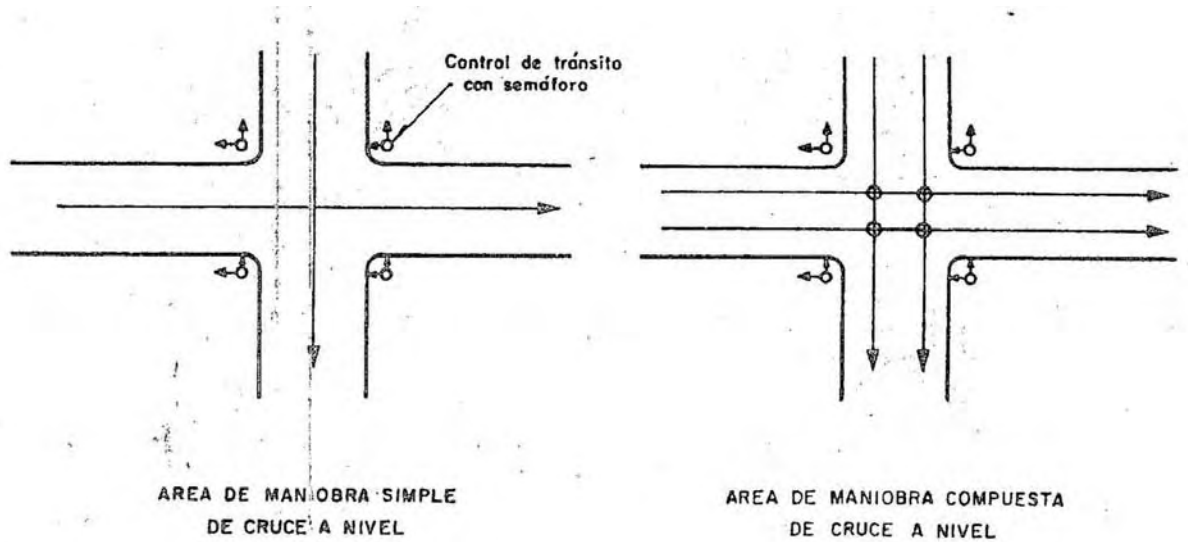


Fig. 2.7.11. Áreas de maniobras de cruce, simples y compuestas.

#### 2.7.3.4. Separación de las áreas de maniobras.

Para poder tener una buena operación, es indispensable que los conductores afronten un solo conflicto de tránsito cada vez. Los retrasos y los peligros en la intersección aumentan cuando las áreas de maniobra están muy cerca es una de otra. Tiene que haber suficiente separación entre los áreas de maniobra sucesivas, esto para que los conductores ajustar su velocidad y trayectoria de acuerdo las condiciones de cada conflicto.

Las áreas de maniobra, se separan en espacio y tiempo, continuación se detalla.

- Separación en espacio: las áreas pueden distribuirse de acuerdo al espacio, separando los movimientos en intersección. La separación de los movimientos es lograda mediante el uso de isletas, fajas separadoras, carriles auxiliares y similares. Generalmente en la distribución de las áreas de

maniobra en espacio, alcanzar la gran reducción en los tiempos de recorrido y los accidentes.

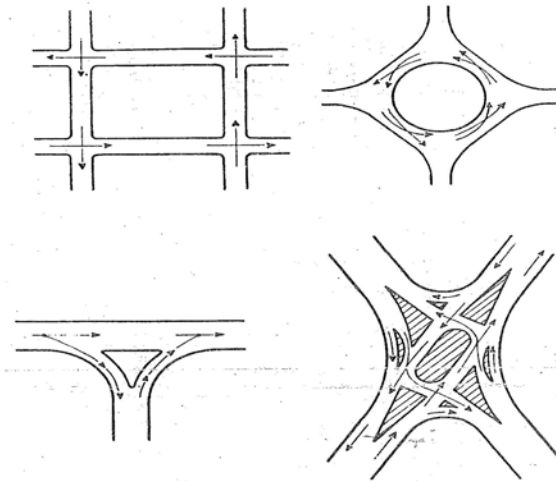


Fig. 2.7.12 Ejemplos de separación de áreas de maniobra.

- Separación en tiempo: esta separación se logra a proporcionar zonas de refugio, donde los conductores o peatones pueden esperar entre maniobras sucesivas.

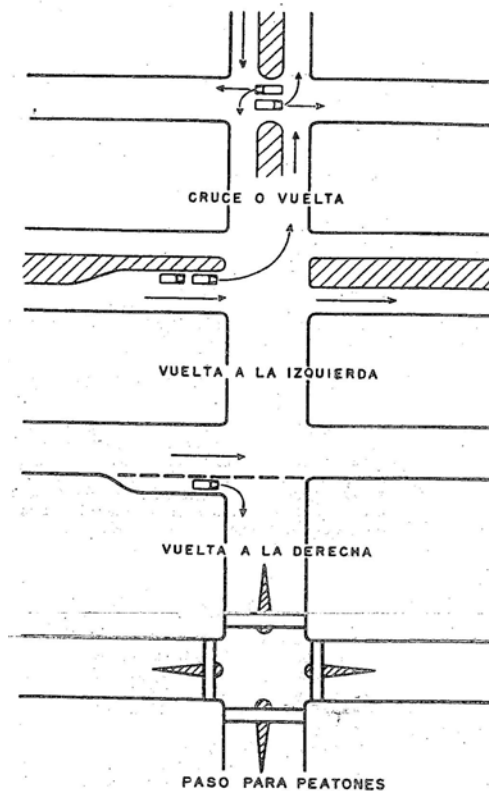


Fig. 2.7.13. Ejemplos de zonas de protección.

La separación a distancia, para evitar colas en un área de maniobra, dependerá de la cantidad de retraso en que se incurre, del volumen de tránsito han, del tipo de vehículos y de otros factores similares.

### 2.7.3.5. Geometría de los cruces y vueltas.

Los cruces de las corrientes de vehículos, se tienen a través de:

- a) Un cruce directo a nivel.
- b) Un entrecruzamiento.
- c) Una separación de niveles.

Las alternativas en el proyecto se presentan cuando uno de estos tipos de maniobra de cruce es sustituido por otro.

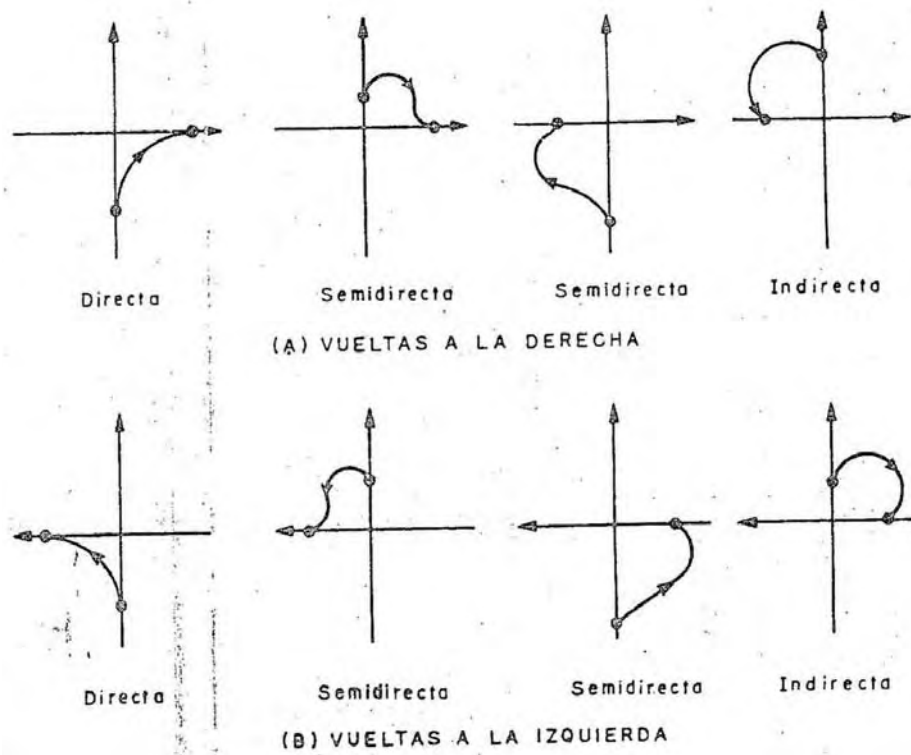
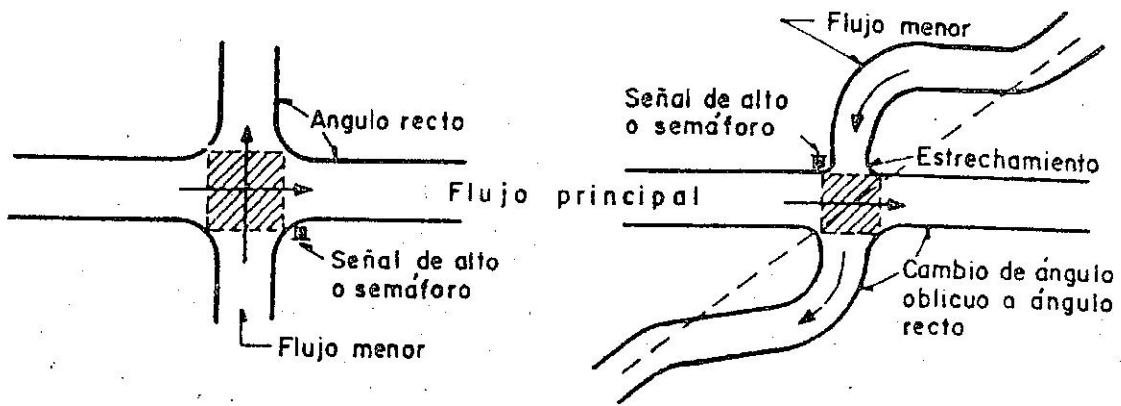


Fig. 2.7.14. Geometría de movimientos de vueltas a la derecha e izquierda.

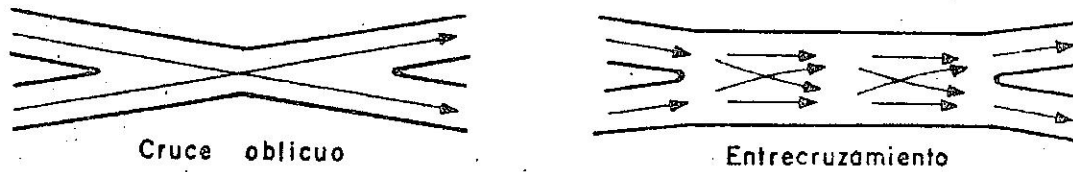
Según el MPGC,SCT,(1991), la vuelta directa a la derecha o de izquierda consta de "una maniobra simple de divergencia y le convergencia sin conflicto de cruce, lo que proporciona la distancia de recorrido más corte más fácil para los conductores, debido que se sigue la trayectoria de viaje deseada". Las vueltas semidirectas e indirectas, necesitan de distancias de recorridos mayores, se pueden emplear cuando las condiciones propias de lugar no permiten el uso de vueltas directas, o bien, si se quiere disponer los conflictos de cruce de tal manera que puedan controlarse de una manera más económica.

#### **2.7.3.6. Disposición de las áreas de maniobra.**

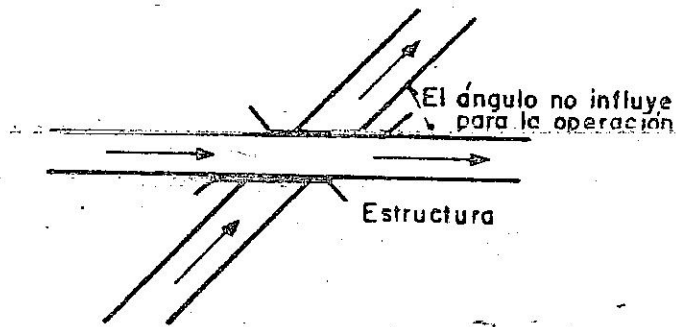
Los conflictos de cruce efectuados por los movimientos directos o de vuelta, son los aspectos críticos en un proyecto de intersecciones. La selección y disposición de las áreas de maniobra, determina la geometría de una intersección en particular y la disposición de las áreas para otros movimientos, se adaptan a este proyecto. De acuerdo a la mencionado por MPGC,SCT, (1991), los movimientos de vuelta derecha, tienen el un menor problema en la integración de los movimientos en una intersección, puesto que no se cruza ninguna otra corriente, se utilizan en todas las intersecciones inclinó la impiden las limitaciones de lugar. Por otro lado, los movimientos directos de vuelta izquierda, causar una alta incidencia de accidentes y congestionamientos, su influencia puede disminuirse mediante el empleo de vuelta izquierdas semidirectas o indirectas.



DISEÑO DE CRUCES DIRECTOS A NIVEL PARA ALTAS VELOCIDADES RELATIVAS



DISEÑO DE CRUCES A NIVEL PARA BAJAS VELOCIDADES RELATIVAS



DISEÑO DE CRUCE A DESNIVEL

Fig. 2.7.15. Áreas de maniobra simples para cruces a nivel y desnivel.

#### **2.7.4. Proyecto de intersección.**

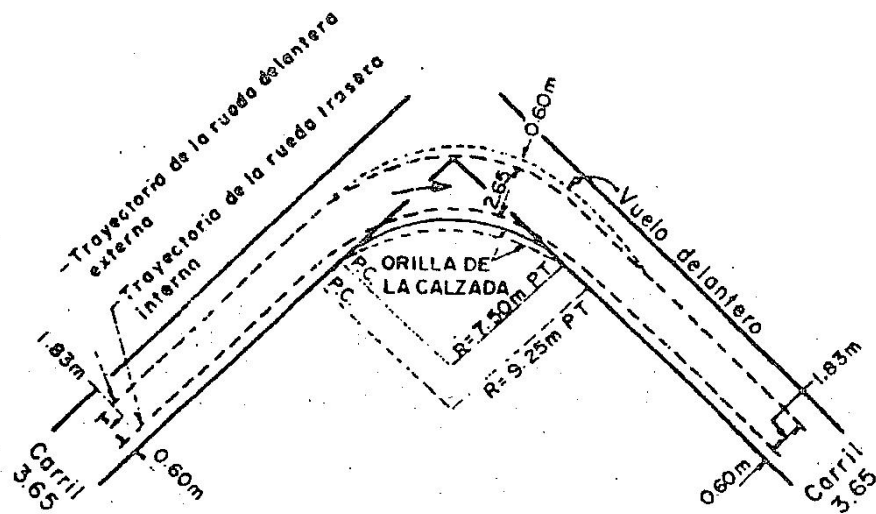
Si Los elementos que se mencionan en éste apartado, se aplican a intersecciones tanto a nivel como desnivel, otros detalles y elementos de proyecto aplicables únicamente a un determinado tipo de intersecciones que tratarán en partes correspondientes para cada tipo particular.

##### **2.7.4.1. Curvas en intersecciones.**

Según el MPGC,SCT,(1991), siempre que sea necesario, proyectar curvas en espacios reducidos, deberán usarse como base del diseño la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto. Esta se comprende entre las huellas dejadas por las si llantas 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".

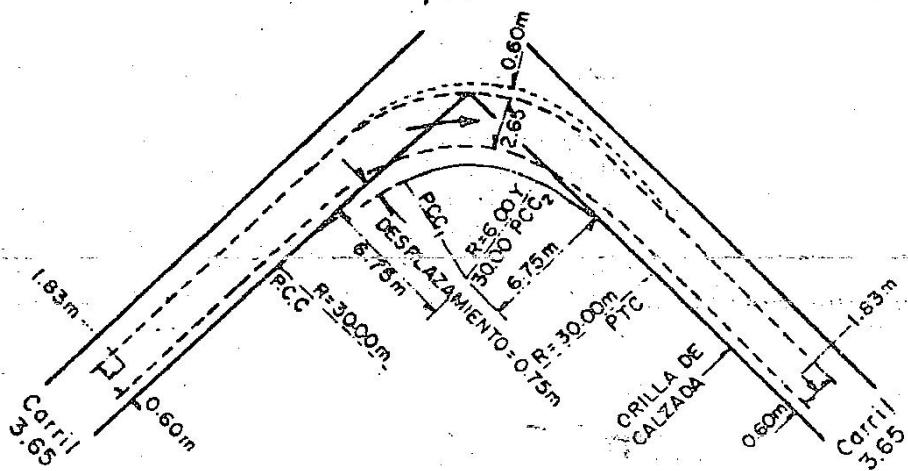
A) Diseño mínimo para vueltas forzadas. Para determinar los radios de la orilla interna de calzada, en curvas, se permitan alojar la trayectoria mínima del vehículo de proyecto, debe suponerse este vehículo transita adecuadamente sobre su carril, al entrar y al salir de la curva, esto es a 0.60m de la 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 la derecha, como por ejemplo:



CURVA CIRCULAR SIMPLE MINIMA CON RADIOS DE 7.50 ó 9.25 m

-A-



CURVA COMPUESTA DE RADIOS 30.00 - 6.00 Y 30.00 m ; CON DESPLAZAMIENTO DE 0.75 m

-B-

Fig. 2.7.16. Diseño mínimo para el vehículo DE-355 en una deflexión de 90°.



1. *Los automóviles, figura 2.7.16.* Se muestran los radios mínimos para la orilla interior de la calzada, en una vuelta derecha de  $90^\circ$ , necesarios para acomodar un vehículo DE-335. En la parte A, muestra un radio a la orilla interna de calzada de 7.5 metros, en la línea continua, otro de 9.25 metros en la línea discontinua. En la parte B, se muestra una curva compuesta, con radios de 30 m, 6m y 30m. El ancho de calzada que resulta de éste diseño, es mayor que el correspondiente a la curva circular simple de 9.25m, pero se ajusta a más a la trayectoria del vehículo de proyecto.

2. *Camiones unitarios y autobuses.* De la figura 2.7.16. Se tiene que los radios mínimos para la orilla interior de calzada correspondiente a una vuelta derecha de  $90^\circ$ , necesarios para acomodar un vehículo de proyecto DE-610. En la parte a en la parte A, mostrado con línea continua, el proyecto correspondiente a un radio de 15.25m, a la orilla interna de la calzada, este radio es el mínimo permisible para acomodar el vehículo sin invadir los carriles adyacentes. En la parte B, representa una curva compuesta de radios de 36m, 12m y 36m, con desplazamiento de 0.60m. Desde el punto de vista de la operación de los vehículos la curva compuesta tiene más ventajas en la curva simple, debido a que se ajusta mejor a la trayectoria de la rueda trasera interna y necesita un poco menos de superficie de calzada.

3. *Semirremolques.* Para este tipo de vehículos, no es recomendable adaptar una curva circular simple a las trayectorias mínima. Sin embargo, donde buscar el desde tránsito son de 3.65m, de ancho, tales vehículos pueden girar sin invadir los carriles adyacentes, cuando radio de la curva en la orilla interior de la calzada es de,

aproximadamente, 23m para el vehículo DE-1220 y de 29m para el vehículo DE-1525.

B) Elección del diseño mínimo. Las curvas de las figuras 2.7.16. a la 2.7.18., son las que ajustan a las trayectorias mínimas en los diferentes vehículos de proyecto.

#### **2.7.4.2. Ancho de la calzada en los enlaces.**

El ancho de calzada en un enlace, depende de una serie de factores, como son: el volumen de tránsito y su composición, características geométricas de los vehículos de proyecto, logar de curvatura, el tipo de operaciones que tendrá en los enlaces y algunas consideraciones de acuerdo a la distancia que existe entre el vehículo y las orillas de la calzada.

En un proyecto se consideran los siguientes tipos de operación:

- Operación en un solo sentido, con sólo carril y sin previsión para rebase.
- Operación en un solo sentido, con sólo carril y con previsión de rebase a vehículos estacionados.
- Operación en uno o dos sentidos de circulación y con dos carriles.

Para el cálculo del ancho de calzada en curvas  $a_c$  de intervienen los siguientes elementos:

EV = Entrevía (m).

U = Distancia entre las trayectorias extremas de las ruedas del vehículo dentro de la curva (m).

$R_G$  = Radio de giro de la rueda delantera externa (m).

DE = Distancia entre ejes del vehículo (m).

- $F_A$  = Proyección del vuelo delantero (m).
- $R$  = Radio de la orilla interna de la calzada (m).
- $F_B$  = Proyección del vuelo trasero (m).
- $V$  = Velocidad de proyecto (km./h).
- $C$  = Distancia libre entre vehículos (m).
- $Z$  = Ancho adicional por dificultades de maniobra (m).

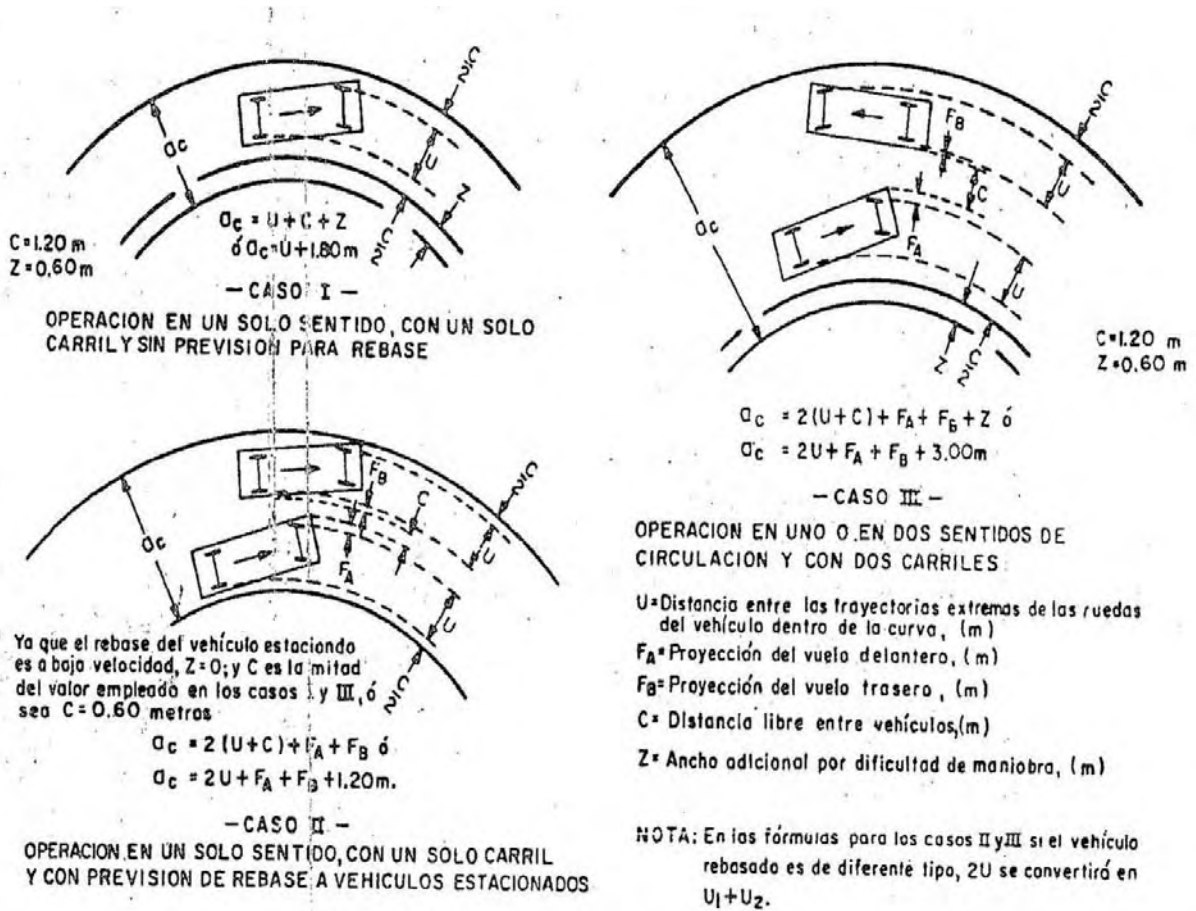


Fig. 2.7.19. Ancho de calzada en los enlaces.

En la siguiente tabla se obtienen los valores de proyecto para la anchura de calzada necesaria para cada caso de operación-condición de tránsito. También se

detalla una serie de recomendaciones para modificar el ancho de calzada respecto al tratamiento lateral que se dé a los enlaces.

R  Radios de la orilla interna de la calzada, metros	ANCHO DE CALZADA EN METROS								
	CASO I Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y sin previsión- para el rebase.			CASO II Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y con previsión- para el rebase a ve- hículos estacionados.			CASO III Operación en uno o dos sentidos de circuj lación, y con dos ca- rriles.		
	CONDICION DE TRANSITO								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15.00	5.50	5.50	7.00	7.00	7.50	8.75	9.50	10.75	12.75
23.00	5.00	5.25	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	10.00	11.25
31.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	7.50	8.50	9.50	10.75
48.00	4.25	5.00	5.25	5.75	6.50	7.25	8.25	9.25	10.00
61.00	4.00	5.00	5.00	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	9.50
91.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	9.25
122.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
152.00	3.75	4.50	4.50	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	5.25	5.75	6.50	7.50	8.25	8.25

Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de las orillas de la calzada.			
Guarnición achaflanada	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
Guarnición vertical Un lado	Aumentar 0.30 m	NINGUNA	Aumentar 0.30m
Dos lados	Aumentar 0.60m	Aumentar 0.30m	Aumentar 0.60m
Acotamiento, en uno o en ambos lados.	NINGUNA	Restar el ancho del aco- tamiento; Ancho mínimo de la calzada el del Caso I	Cuando el acotamiento sea de 1.20m o mayor, reducir 0.60 m

Tabla. 5. Ancho de calzada en los enlaces.

#### **2.7.4.3. Carriles de cambio de velocidad.**

De acuerdo al MPGC,SCT,(1991), se define como carriles de cambio de velocidad, aquellos que se añaden a la sección normal de una calzada, esto con objeto de proporcionar 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. "De acuerdo con esa definición, los carriles de cambio de velocidad pueden ser carriles de aceleración y carriles de desaceleración".

Los carriles de aceleración, 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, suministrando la distancia suficiente para realizar dicho operación sin interrumpir la corriente de tránsito principal.

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

#### **2.7.4.4. Sobre elevación para las curvas de entronques.**

Todos los movimientos de vuelta en entronques se realizan en presencia de otros vehículos, ya que el tránsito en los enlaces se separa o se une a otro flujo directo. Implicando que los conductores viajen más espacio en un entronque en una curva de camino abierto del mismo radio. Sin embargo se deberá considerar la velocidad que tendrán los vehículos en los periodos de bajo volumen de tránsito para lograr una operación segura, lo que hace indispensable proporcionar la sobre

elevación necesaria para esta velocidad, en las curvas de los enlaces cuando son pronunciadas y en pendiente.

En la tabla 6, se relacionan la velocidad de proyecto con el radio mínimo de curvatura, se muestran la sobre elevación es correspondientes los enlaces que tienen radios pequeños y longitudes reducidas.

Velocidad de proyecto km/h	25	30	40	50	60	70
Coefficiente de fricción lateral ( $\mu$ )	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15
Sobreelevación (s)	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10
Total $s + \mu$	0.32	0.29	0.27	0.26	0.25	0.25
Radio mínimo calculado (R), metros	15.33	24.36	46.52	75.48	113.40	153.86
Valores para proyecto						
Radio mínimo, metros	15	24	47	75	113	154
Grado máximo de curvatura	—	48	24	15	10	8

NOTA: Para velocidades de proyecto de 70 km/h o mayores, úsense valores para condiciones de camino abierto.

Fórmula empleada:

$$s + \mu = 0.00785 \frac{V^2}{R}$$

Tabla 6. Radios mínimos para curvas en intersecciones.

#### 2.7.4.5. Distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad de paraba ese factor usado para controlar la visibilidad en los enlaces. En enlaces de doble sentido, no debe usarse la distancia

de visibilidad de rebase, puesto que ésta maniobra no debe permitirse debido a la poca longitud de que generalmente consta.

- La distancia mínima de visibilidad de parada se muestra en longitudes mínimas de visibilidad parada en los enlaces para diversas velocidades de proyecto, esos valores se obtuvieron empleando un tiempo de reacción 2.5 segundos y coeficientes de sección que varían de 0.420 a 0.325 para velocidad de la 25 km/h a 70 km/h.
- La longitud mínima de las curvas verticales se basa, en el caso de camino abierto, en la distancia necesaria para que el conductor, desde una lectura del ojo de 1.14m, vea un objeto de 0.15m de altura.

#### **2.7.4.6. Isletas.**

En las intersecciones a nivel que comprenden grandes áreas alimentadas, ocasionan descontrol en los conductores de los vehículos, se requieren cruces para peatones y tienen zonas pavimentadas que no se llegan a usar. En intersecciones sencillas, pueden existir áreas en las que algunos vehículos se desvíen de sus trayectorias naturales.

Una isleta es un área definida entre carriles de tránsito, se usa para controlar el movimiento de vehículos o para refugio de peatones. En una intersección, es considerada como una isleta, la faja separadora central o lateral.

Las isletas tienen las siguientes finalidades:

- 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.

Las isletas pueden ser de tres tipos, es un: canalizadoras, separadoras y de refugio.

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

#### **2.7.4.7. Aberturas en la faja separadora central.**

Según con el MPGC,SCT,(1991), en caminos con faja separadora central, "se proporcionan aberturas para permitir a los vehículos que transitan por el camino, efectuaron vueltas izquierdas, o el cruce a los vehículos que transitan por caminos transversales".

Cuando el tránsito de un camino alcanza altas velocidades y gran volumen, es justificable un proyecto en el que la abertura tenga la forma y dimensión adecuadas, para que los movimientos de vuelta se efectuaran con poca o nula interferencia para el tránsito que sigue de frente. "El proyecto de las aberturas, de los anchos y remates



de la faja separadora central, debe hacerse en base al tipo de los vehículos que dan vuelta, eligiendo un vehículo de proyecto para establecer el patrón de los movimientos de vuelta y cruce". (SCT; 1991: 486).

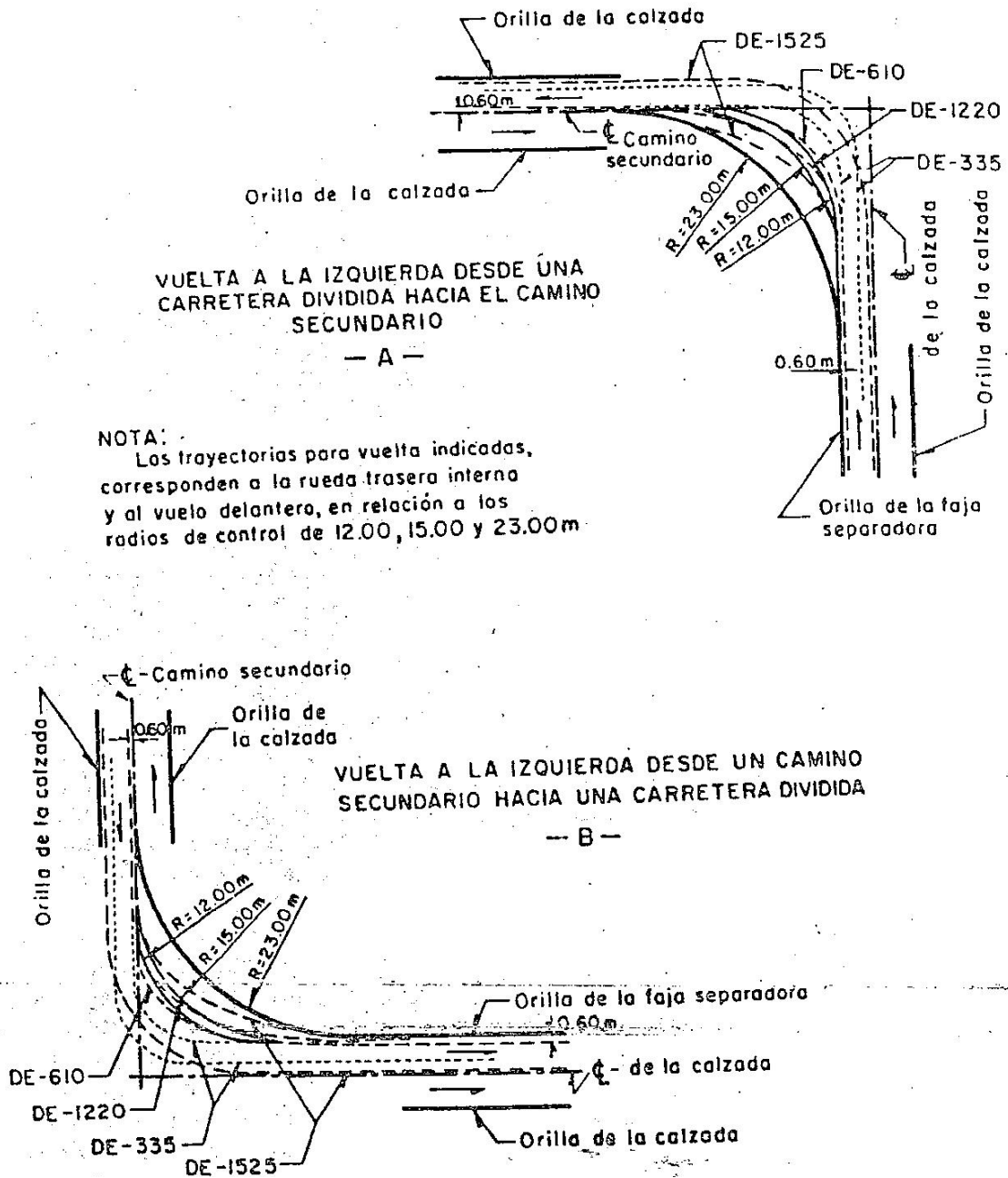


FIG 2.7.20. Radios de control en intersecciones con vueltas a la izquierda a 90°.



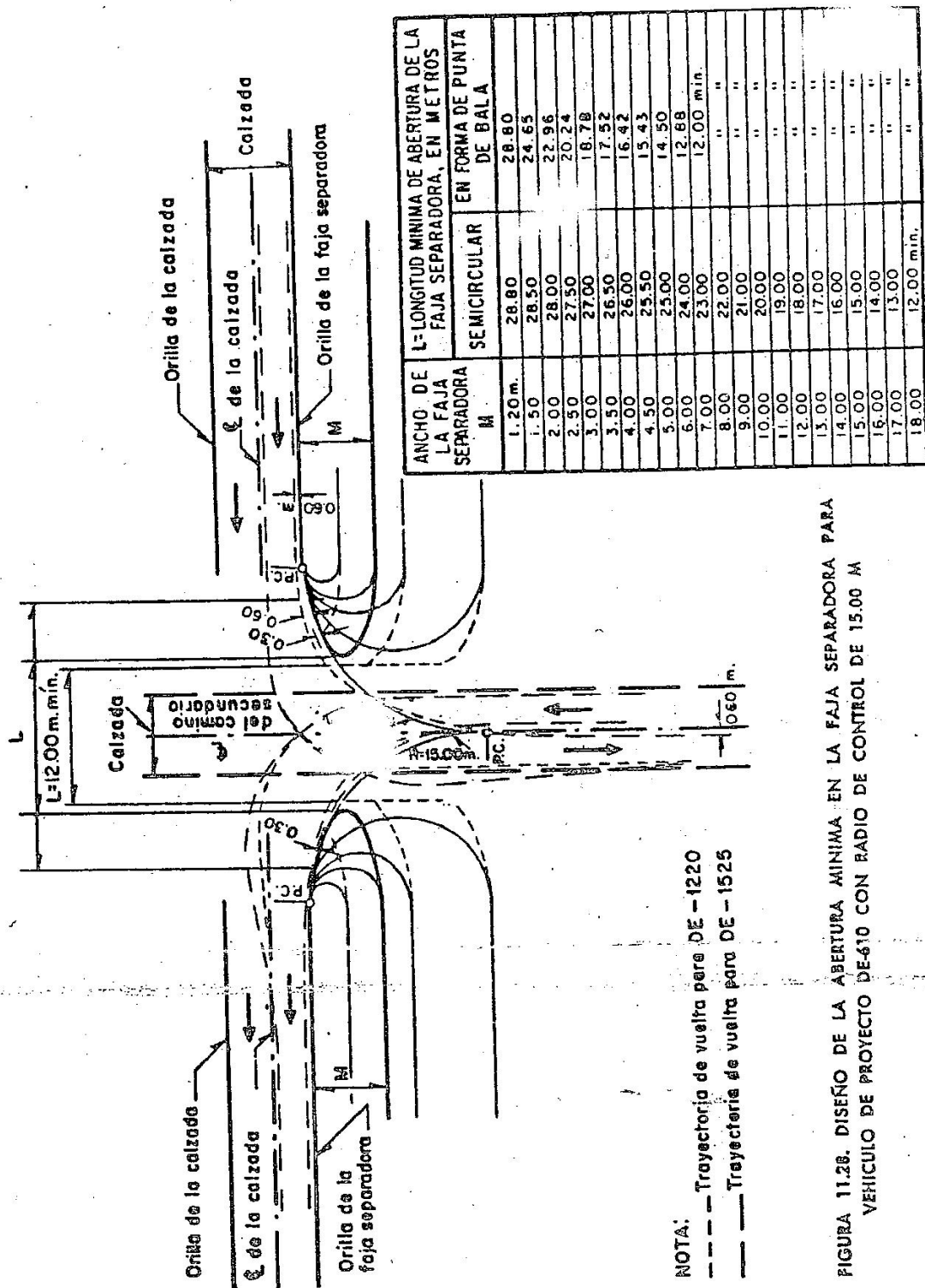
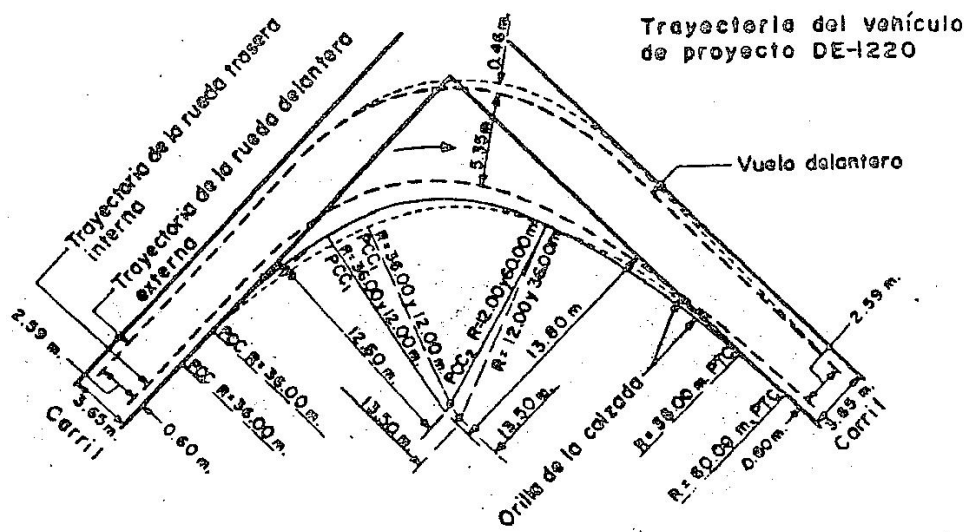
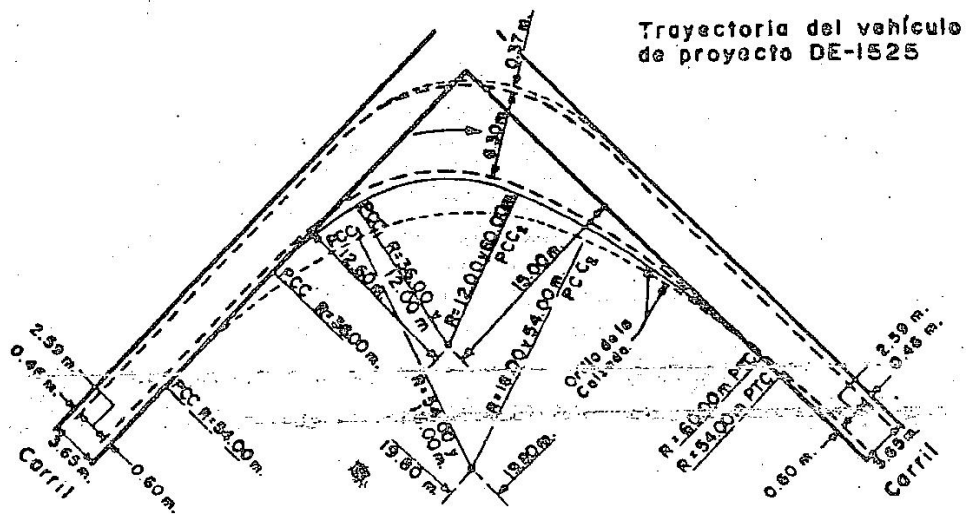


Fig. 2.7.22. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-610 con radio de control de 15.00 m.



CURVAS COMPUESTAS DE RADIOS 36.00-12.00 Y 60.00 CON DESPLAZAMIENTOS DE 0.60 m Y 1.80 m Y DE RADIOS 36.00-12.00 Y 36.00 CON DESPLAZAMIENTO DE 1.50 m

— A —



CURVAS COMPUESTAS DE RADIOS 36.00-12.00 Y 60.00 CON DESPLAZAMIENTOS DE 0.60 m Y 3.00 m Y DE RADIOS 54.00-18.00 Y 54.00 CON DESPLAZAMIENTO DE 1.80 m

— B —

Fig. 2.7.23. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-1220 con radio de control de 23.00 m.

### 2.7.5. Entronques a nivel.

En un entronque a nivel, es necesaria la realización de un proyecto que ofrezca al conductor, efectuar oportunamente la maniobra necesaria de incorporación o cruce de las corrientes de tránsito.

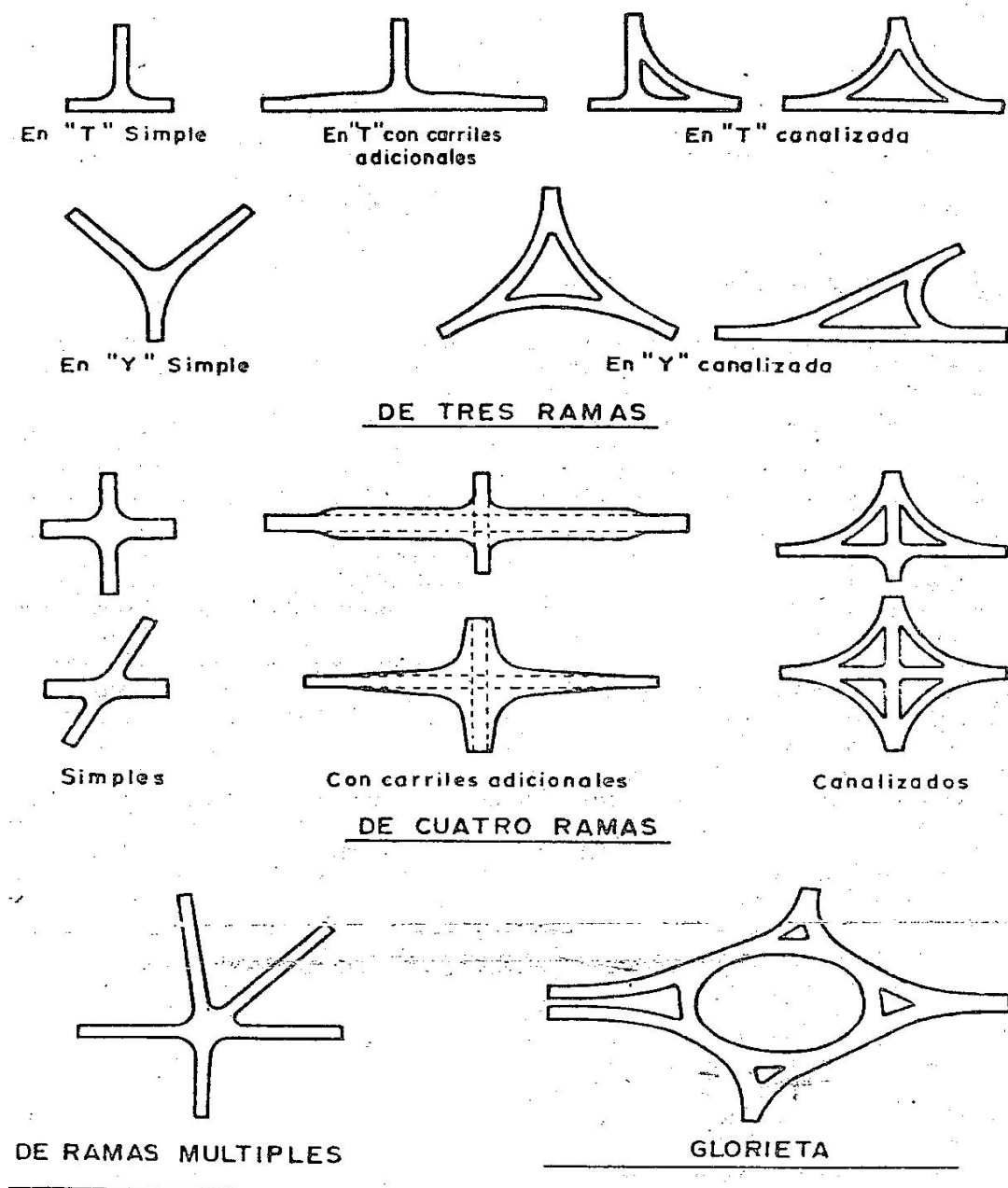


Fig. 2.7.24. Tipos generales de entronques a nivel.

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

De acuerdo al MPGC,SCT,(1991), los factores más importantes en la selección de un tipo de entronque son: el volumen horario de proyecto de los caminos que se intersectan, su índole 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. "Una distancia de visibilidad limitada, puede hacer necesario el control de tránsito mediante señales o semáforos". El alineamiento independiente de los caminos que componen la intersección, además de los ángulos de la misma, llevan a la consideración de canalizar o emplear áreas auxiliares pavimentadas.

En el diseño de los entronques, tiene que considerarse cuidadosamente la apariencia a la vista del conductor. Una curva inversa puede tener apariencia agradable en el plano, y en perspectiva, para el conductor podrá resultar confusa y forzada. Para evitar cambios bruscos en el alineamiento, se proporciona una longitud de transición suficiente, puede ser por medio de espirales o curvas compuestas, así como la distancia entre curvas inversas, para permitir tomar la curva cómodamente al mismo tiempo que será una grata impresión al conductor.

#### **2.7.5.1 Fundamentos en el diseño de entronques a nivel.**

Entre los más importantes factores se tiene el de reducir el número de puntos conflictivos en los movimientos vehiculares, controlar la velocidad relativa de los vehículos tanto de los que entran como de los que salen de la intersección, coordinar

el tipo de dispositivos para el control de tránsito a utilizar, tales como las señales de alto o los semáforos, con el volumen de tránsito que utiliza la intersección, seleccionar el tipo apropiado de intersección de acuerdo con el volumen de tránsito. Los volúmenes bajos pueden ser servidos sin la necesidad de algún tipo de control, mientras que los niveles altos requerirán tratamientos más caros y sofisticados como los carriles exclusivos de giros o la separación de niveles mediante estructuras, separar los carriles exclusivos de giros izquierdos y/o derechos, cuando los volúmenes de tránsito sean altos.

Evitar maniobras múltiples y compuestas de convergencia y divergencia. Las convergencias y divergencias múltiples requieren decisiones complejas por parte de los conductores además que crean conflictos adicionales; separar puntos de conflicto adicionales.

Los peligros y demoras en las intersecciones se incrementan cuando las áreas de maniobra de la intersección están demasiado cerca o cuando éstas se traslapan. Estos conflictos deben separarse para proporcionar a los conductores suficiente tiempo y distancia entre maniobras sucesivas para adaptarse a la situación del tránsito dada.

Favorecer a los flujos más fuertes o más rápidos, dándoles preferencia en el diseño de la intersección para minimizar peligros y demoras, reducir el área de conflicto. Un área excesiva que forma una intersección causa confusión a los conductores y provoca operaciones ineficientes. Cuando las intersecciones tienen excesivas áreas de conflicto, debe emplearse una canalización adecuada, separar los flujos no homogéneos.

Deben proporcionarse carriles separados en las intersecciones donde existen volúmenes de tránsito considerables que viajan a velocidades diferentes, considerar las necesidades de los peatones y las bicicletas. Deberán proporcionarse andenes de refugio, cuando los peatones tengan que cruzar calles amplias, que de lo contrario tendrían que hacerlo en un solo trayecto.

#### **2.7.5.2 Glorietas.**

La glorieta es una solución a nivel de una intersección vial, que se caracteriza por que las vías a las cuales da fluidez se comunican mediante un anillo en el que la circulación se efectúa en un solo sentido y alrededor de una isla central. La operación de las glorietas se basa en respetar el derecho a la vía que tienen los vehículos que están dentro de ella. Los vehículos que van a ingresar deben esperar. Las numerosas ventajas que ofrecen las glorietas, tales como permitir un movimiento continuo y ordenado del tránsito, disminuir conflictos entre vehículos al eliminar los cruces, sobre todo en cuanto a seguridad, han llevado a los ingenieros a multiplicar este tipo de planificación en área urbana y suburbana.

Algunas glorietas se construyen sin tener en cuenta que, muchas veces, otro tipo de intersección puede adaptarse mejor al problema en cuestión. Cuando los volúmenes de las vías no están cercanos a su capacidad y además se dispone de espacio, las glorietas constituyen una buena solución a nivel. En Latinoamérica se utilizan dos tipos de glorietas generalmente: La Glorieta convencional y la glorieta pequeña: La glorieta convencional tiene una isla central con un diámetro igual o mayor a 25 metros con tres, cuatro o más accesos, generalmente son a nivel, pero en ocasiones se utilizan a desnivel. Maneja de 3 a 5 vías y de 3000 a 5000 vehículos



por hora contando con todos los accesos; La Glorieta pequeña consta de una calzada circulatoria alrededor de una isla central de menos de 25 metros de diámetro y con accesos amplios para permitir la entrada de varios usuarios. Maneja hasta 5500 vehículos por hora.

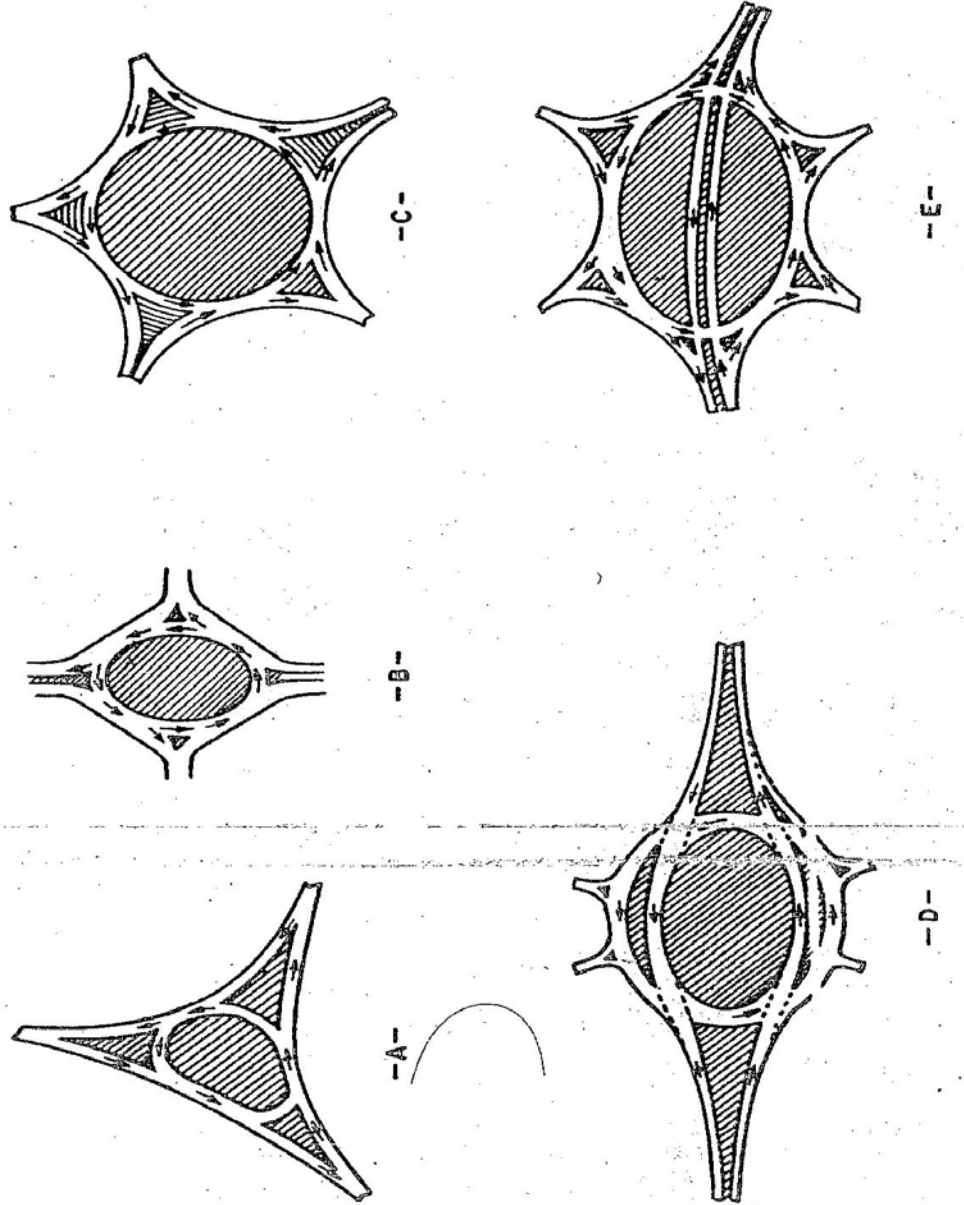


Fig. 2.7.25 Tipos de glorietas.

*Ventajas de una glorieta:* Una glorieta, normalmente cuesta menos que un cruce a desnivel semaforizado, que pudiera construirse en la misma área. La circulación en un solo sentido dentro de la glorieta ofrece un movimiento continuo y ordenado cuando se opera a bajos volúmenes de tránsito; Los entrecruzamientos reemplazan los cruces oblicuos de los cruces a nivel, Todas las vueltas pueden efectuarse con facilidad. Al eliminar los movimientos perpendiculares, los accidentes tienden a ser menos graves, las glorietas son especialmente adecuadas para intersecciones sea 5 o más accesos.

*Desventajas de una glorieta:* Requiere áreas muy grandes en su desarrollo. Su uso se restringe a una topografía plana. Las glorietas no pueden adaptarse a la construcción por etapas; Si dos o más brazos de la glorieta se aproximan a su capacidad, esta no funcionara adecuadamente; La glorieta requiere de un buen número de señales y de un adecuado control en los enlaces de entradas y salidas para su correcto funcionamiento; La capacidad de una glorieta es inferior a la de una intersección correctamente canalizada. Algunas veces, cuando el flujo vehicular es demasiado grande y requiere mucho espacio, resultan más costosas que otras intersecciones a nivel; En algunos casos, en zonas urbanas, las glorietas operan mediante semáforos, lo que anula el principio básico de las glorietas que es la circulación continua; Debido a que el área requerida por una glorieta, debe ser relativamente plana, el uso de ésta se ve restringido a zonas con esta topografía.

Una glorieta se debe construir cuando se cuente con el área suficiente para su construcción, en la intersección intervengan cinco o más vías, Cuando las velocidades de proyecto de las vías que se interceptan, sea del orden de 25 a 40

Kph; Las glorietas pueden ser empleadas efectivamente cuando su velocidad de proyecto se aproxima a la velocidad de marcha de los vehículos que transitan por las vías que se interceptan.

Los vehículos deben transitar a una velocidad uniforme para poder incorporarse, entrecruzarse y salir de la corriente de tránsito, desde y hacia las ramas de la intersección.

#### **2.7.6. Entronques a desnivel.**

Es la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una vía a otra, minimizando el número de puntos de conflicto; Son necesarias cuando las intersecciones a nivel no tienen la capacidad suficiente para ofrecer los movimientos de la intersección.

Su diseño depende 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 el medio urbano, la vía secundaria puede tener características muy estrictas de velocidad y capacidad, por lo que el enlace ha de ser capaz de absorber importantes reducciones de velocidad.

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, Aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones

importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes y mantener el flujo vehicular de una vía importante como autopista o avenida.

## **2.8 Señalamiento.**

En el presente subtema se define que es un señalamiento, los diferentes tipos de señalamiento como lo son, el señalamiento horizontal, el señalamiento vertical, señales altas, señales bajas, rayas sobre pavimento y algunos dispositivos de señalamiento en entronques, intersecciones, etcétera.

### **2.8.1 Definición de señalamiento.**

Un señalamiento es un dispositivo o un conjunto de dispositivos que orientan o previenen al usuario que circula a través de una vía acerca de un posible obstáculo o fenómeno que afecte su seguridad y confort al circular a través de esta. A continuación se presentan los distintos tipos de señalamiento utilizados para una carretera.

#### **2.8.1.1 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 manera:

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>Violetas sobre el pavimento</b>
<b>DH-2</b>	<b>Violetas sobre estructuras</b>
<b>DH-3</b>	<b>Botones</b>

*Tabla 7.- Tipos de marcas del señalamiento horizontal.*

### **2.8.1.2 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
<b>SP</b>	<b>Señales preventivas</b>
<b>SR</b>	<b>Señales restrictivas</b>
<b>SI</b>	<b>Señales informativas</b>
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
<b>STS</b>	<b>Señales turísticas y de servicios</b>
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
<b>OD</b>	<b>Señales diversas</b>
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas

*Tabla 8.- Tipos de señales que integran el 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).



*Fig. 2.8.1 Señales preventivas.*

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986).

Su clasificación es la siguiente:

SP-6 CURVA  
 SP-7 CODO  
 SP-8 CURVA INVERSA  
 SP-9 CODO INVERSO  
 SP-10 CAMINO SINUOSO  
 SP-11 CRUCE DE CAMINOS  
 SP-12 ENTRONQUE EN T  
 SP-13 ENTRONQUE EN DELTA  
 SP-14 ENTRONQUE LATERAL OBLICUO  
 SP-15 ENTRONQUE EN Y  
 SP-16 GLORIETA  
 SP-17 INCORPORACION DEL TRANSITO  
 SP-18 DOBLE CIRCULACION  
 SP-19 SALIDA  
 SP-20 ESTRECHAMIENTO SIMETRICO  
 SP-21 ESTRECHAMIENTO ASIMETRICO  
 SP-22 PUENTE MOVIL  
 SP-23 PUENTE ANGOSTO  
 SP-24 ANCHURA LIBRE

SP-25 ALTURA LIBRE  
 SP-26 VADO  
 SP-27 TERMINA PAVIMENTO  
 SP-28 SUPERFICIE DERRAPANTE  
 SP-29 PENDIENTE PELIGROSA  
 SP-30 ZONA DE DERRUMBES  
 SP-31 ALTO PROXIMO  
 SP-32 PEATONES  
 SP-33 ESCOLARES  
 SP-34 GANADO  
 SP-35 CRUCE DE FERROCARRIL  
 SP-36 MAQUINARIA AGRICOLA  
 SP-37 SEMAFORO  
 SP-38 CAMINO DIVIDIDO  
 SP-38 A CAMINO DIVIDIDO  
 SP-39 CICLISTAS  
 SP-GRAVA SUELTA

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

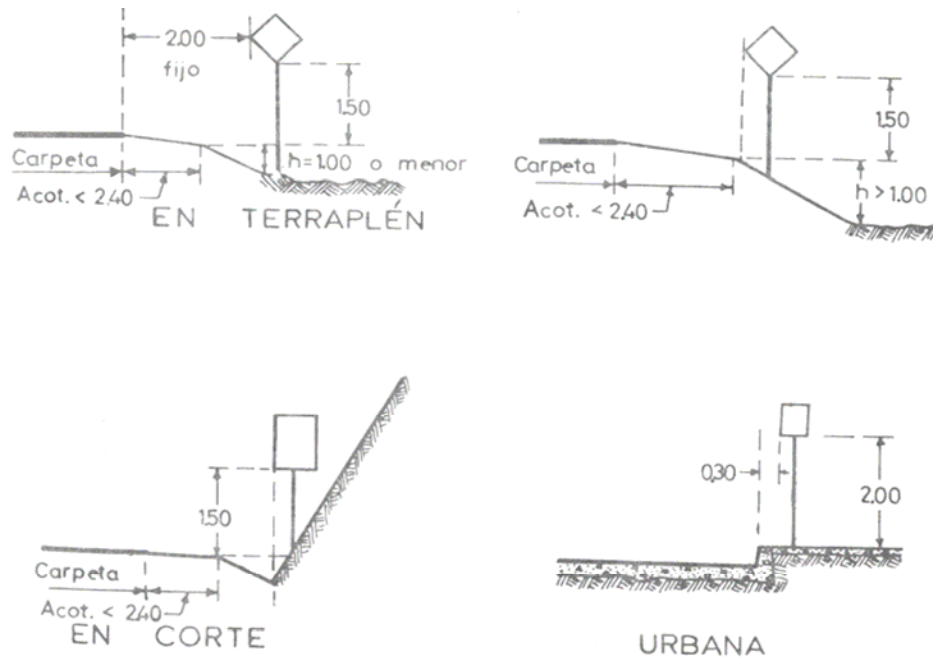


Fig. 2.8.2 Distancia lateral y altura de las señales preventivas.

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986).



✓ 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.

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



Fig. 2.8.3 Señales restrictivas.

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986)

- ✓ c) 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.

Los diversos tipos de señales informativas se presentan en el siguiente cuadro:

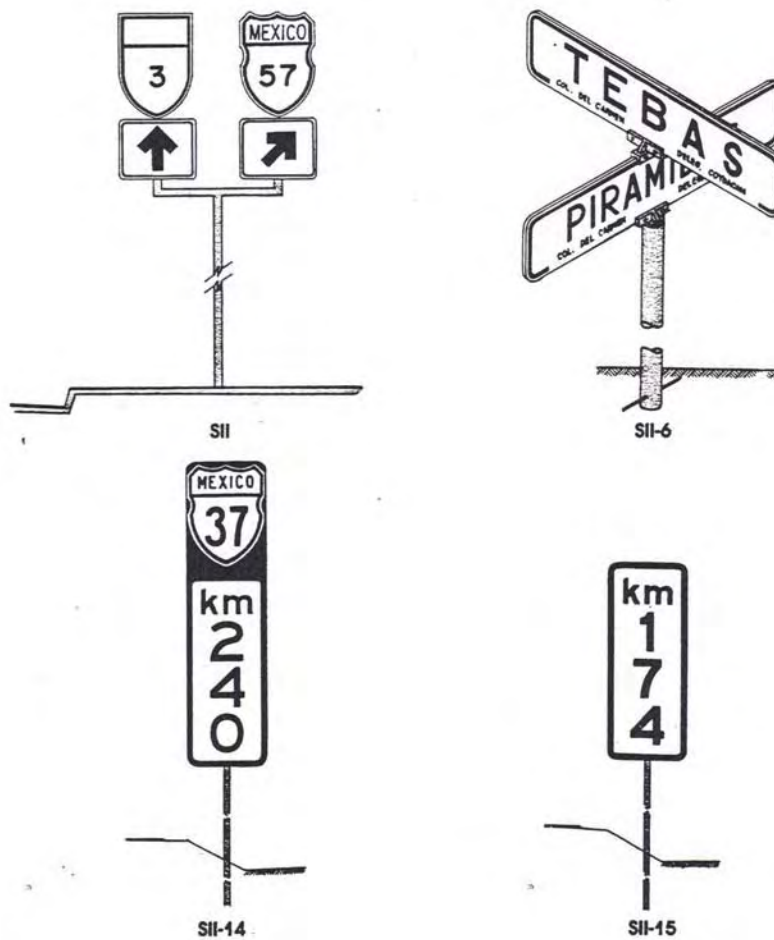


Fig. 2.8.4 Señales informativas de identificación.

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986)



SID-8



SID-9



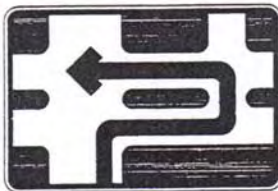
SID-10



SID-11



SID-12



SID-12



SID-13



SID-14



SID-15

Fig. 2.8.5 Señales informativas de destino.

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986)



SIR



SIR



SIG-7



SIG-8



SIG-9



SIG-10



SIG-11

*Fig. 2.8.6 Señales informativas de recomendación e información general.*

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986).





*Fig. 2.8.7 Señales informativas de servicios y turísticas.*

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986).



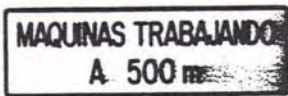
DPP



DPP



DPI-7



DPI-7



DPI-7



DPI-8



DPI-8



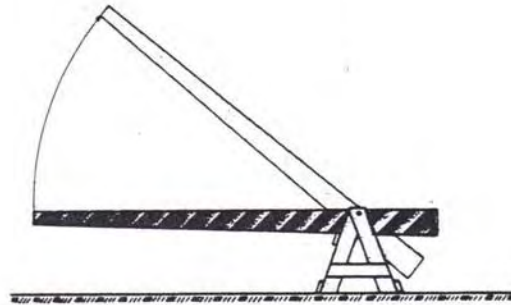
DPI-8



DPI-9



DPC-1



DPC-1

Fig. 2.8.7 Dispositivos para protección en obras.

(Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, SCT, 1986).

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO DE REFERENCIA.**

#### **3.1 Generalidades.**

Localizado al centro de la República Mexicana, el Estado de Michoacán cuenta con una extensión territorial que representa el 3.00% de la superficie del país ubicada al Norte 20°24', al Sur 17°55' de Latitud Norte; al Este 100°04', al Oeste 103°44' de longitud. Colinda al Norte con los Estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al Este con Querétaro, México y Guerrero, al Sur con Guerrero y el Océano Pacífico, al Oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

El C.D. Pátzcuaro-Uruapan se ubica en el Estado de Michoacán; es parte de la ruta México-Lázaro Cárdenas y corresponde a la carretera Pátzcuaro-Nueva Italia (Camino Directo) con número de ruta 14D y clasificada como tipo ET2 (Carretera de dos carriles. Eje de Transporte) por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El entronque "Caracha" se encuentra sobre el Km. 92+739 de dicho tramo.

El municipio de Ziracuaretiro Se localiza en la parte central del estado en las coordenadas 19° 26' de Latitud norte y 101° 55' de Longitud Oeste a una altura de 1380 metros sobre el nivel del mar, limita al Norte con Tingambato, al Este con Santa Clara, al Sur con Taretan y al Oeste con Uruapan; su distancia a la capital del Estado es de 101 Km. Cuenta con una superficie de 159.60 km<sup>2</sup>.

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

Se llevo a cabo el levantamiento de datos del estado actual del entronque, sus características geométricas, obras complementarias y tipo de señalamiento. Además

se registro el número y tipo de vehículos que circulan a través de este. Una vez levantados los datos se procedió a la investigación documental en donde usamos como base el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras editado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, aforos tomados en la plaza de cobro de San Ángel Zurumucapio, normatividad de señalamiento y construcción de carreteras de la página de Internet del Instituto Mexicano del Transporte.

El siguiente paso fue llevar a cabo las modificaciones propias al proyecto como fueron la eliminación de los ejes T-30 que conectaba el flujo vehicular proveniente de Uruapan con destino a Ziracuaretiro y el eje T-10 que conectaba el flujo vehicular proveniente de Pátzcuaro con destino hacia la población de Caracha; además se agrego al proyecto el eje T-500 que conecta el flujo vehicular proveniente de Uruapan con destino a la población de Ziracuaretiro y el eje T-600 que conecta el flujo vehicular proveniente de Pátzcuaro con destino a la población de Caracha, las modificaciones se realizaron con la ayuda de programas computacionales hechos en hojas de cálculo de Excel del paquete de office (Windows), programas computacionales especialmente diseñados para dibujo, calculo de áreas, volúmenes, trazo de secciones y perfiles, como son el Autocad y el Civilcad.

Las conclusiones a la que se llegaron y las modificaciones que se generaron se registraron en el último apartado de esta investigación.



### 3.3 Entorno geográfico.

#### 3.3.1 Macro y microlocalización.

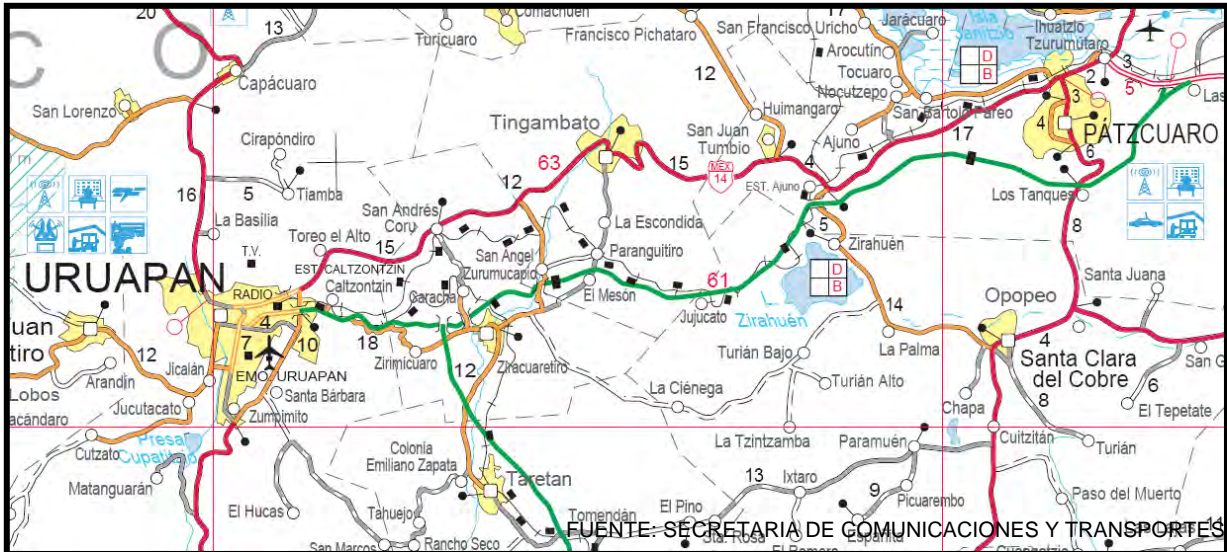
El camino directo Pátzcuaro – Uruapan, se localiza en la parte norte-central del estado de Michoacán. El punto en estudio se encuentra en el tramo del Km. 46+000 al Km. 95+000. Que se ubica entre los meridianos 19° 20" y 19° 30" Latitud Norte y entre los paralelos 101° 30" y 102° 05" Longitud Este, a una altura media sobre el nivel del mar de 1,800 m.



Fig. 1 En el plano se puede observar el camino directo (de color verde) que se localiza en la región centro del estado de Michoacán, y que conecta las poblaciones de Pátzcuaro y Uruapan.

El recuadro negro del plano anterior se muestra enseguida en una escala mayor, para poder dar una descripción más detallada de los puntos por donde pasa la el camino directo.

## AUTOPISTA C. D. PÁTZCUARO – URUAPAN.



*Fig.2 A continuación se muestra la ampliación del recuadro de la Fig. 1. El camino directo (color verde), se observa que tiene inicio en la ciudad de Pátzcuaro y finaliza en la ciudad de Uruapan.*

En la longitud del Camino Directo encontramos los siguientes puntos de relevancia:

- Entronque Las Trojes.
- Entronque Pátzcuaro.
- Caseta de cobro Zirahuen.
- Entronque Zirahuen.
- Viaducto Zirahuen.
- Entronque Jujacato
- Caseta de cobro San Ángel Zurumucapio.
- Ramal Uruapan.
- Entrada a Uruapan.



Fig 3. En la figura se puede observar la ubicación del entronque Caracha, el círculo de color azul es la ubicación, la línea de color verde es el desarrollo del C.D. Pátzcuaro-Uruapan.

### 3.3.2 Topografía regional y de la zona en estudio.

La topografía de la zona en estudio la constituyen principalmente el sistema volcánico transversal donde encontramos las siguientes elevaciones, los cerros el cobero, cueva, salto, panadero el cual es un banco de extracción de materiales pétreos de buenas características y además presenta formaciones de barrancos y cerros arcillosos conocidos como malpais.

### 3.3.3 Geología regional y de la zona en estudio.

El cuerpo del camino directo de cuota Pátzcuaro-Uruapan, se localiza en el Corredor Tarasco, figura 4, en la parte centro-occidente del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) que define el comportamiento geológico de todo el norte del Estado de Michoacán. El CVM tiene una distribución general este-oeste y ha sido generado





En la región Lerma-Santiago se extienden importantes cuerpos de aguas naturales, como los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Chapala, así como de tipo artificial como las presas de Tepuxtepec, Cointzio y Malpais, que irrigan amplias zonas agrícolas. En la región Río Balsas se localiza una de las corrientes más importantes del país, justamente por el río Balsas, también conocido como Atoyac, Grande o Mezcala. También en esta región se ubica la presa El Infiernillo que, junto con el Balsas, forman uno de los embalses más importantes del país. Otras corrientes importantes son los ríos Tacámbaro, Tepalcatepec y Cupatitzio; el Lago de Zirahuén también se ubica dentro de esta región hidrológica.

La hidrografía del municipio de Ziracuaretiro se constituye principalmente por los ríos Ziracuaretiro, Ziraspén, la Brújula y Calicanto, y manantiales de agua fría.

### **3.3.5 Uso de suelo regional y de la zona en estudio.**

En el Estado predominan los suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles), los cuales se encuentran en el Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. En las partes bajas de la Depresión del Balsas pueden encontrarse los suelos vertisoles (Suelos con media y alta fertilidad, de textura arcillosa), gleysoles (suelo formado de sedimentos aluviales), rendzinas (Suelos ricos en calcio y con una capa superficial de humus), fluvisoles (comprenden sedimentos aluviales poco desarrollados y profundos), litosoles (suelo con materia orgánica, con una fertilidad de media a alta) y regosoles (desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina).

En la provincia del Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur, se presentan vertisoles en llanuras y valles inter montañosos; se les encuentra asociados con leptosoles, luvisoles y feozem en cerros y lomeríos. Al centro, en la zona de la Meseta Neovolcánica Tarasca es dominante la presencia de andosoles.

En las partes más bajas y en terrenos planos con vegetación natural de matorral subtropical, pastizal y agricultura de temporal y de riego se encuentran los vertisoles. Los leptosoles (anteriormente litosoles y rendzinas; fao, 1970) se encuentran distribuidos irregularmente en terrenos de pendiente fuerte en el malpais, se les ubica cerca de los asentamientos humanos como resultado del deterioro ambiental.

Los suelos del municipio de Ziracuaretiro datan de los períodos cenozoico, terciario inferior y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico y pradera de montaña. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

### **3.4 Informe fotográfico.**

En el presente informe fotográfico se apreciarán el estado actual del entronque Caracha, así como su tipo de vegetación, se apreciara si existen problemas de drenaje superficial, se apreciarán los tipos de vehículos que circulan a través del C.D. Pátzcuaro Uruapan y veremos si presenta obstáculos especiales.

#### **3.4.1 Tipo de terreno y cobertura vegetal.**

En las fotografías 1 y 2 observamos una vegetación poco abundante, en la que destaca el pasto y presenta poca cantidad de árboles.



Foto 1



Foto 2

### 3.4.2 Problemas de drenaje superficial.

No se existen problemas de drenaje superficial en las condiciones actuales del entronque Caracha. Las cunetas y rejillas son suficientes para evacuar y conducir el agua pluvial como se muestra en los gráficos 3 y 4.



Foto 3



Foto 4

*En las fotografías se pueden apreciar obras de drenaje como lavaderos y cunetas que resuelven de manera efectiva los problemas del drenaje superficial.*

### 3.4.3 Estado físico actual.

El estado que presenta el entronque Caracha es bueno, ya que no tiene problemas de drenaje superficial, no ha presentado derrumbes en sus cortes, presentando falta de señalamiento horizontal.



Foto 5



Foto 6

*En las graficas 5 y 6 se aprecia el estado físico actual de los accesos del entronque de Uruapan – Ziracuaretiro y Pátzcuaro – Ziracuaretiro.*

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

Los vehículos que circulan a través del C.D. Pátzcuaro Uruapan, variadas características como se muestra en las siguientes fotografías:

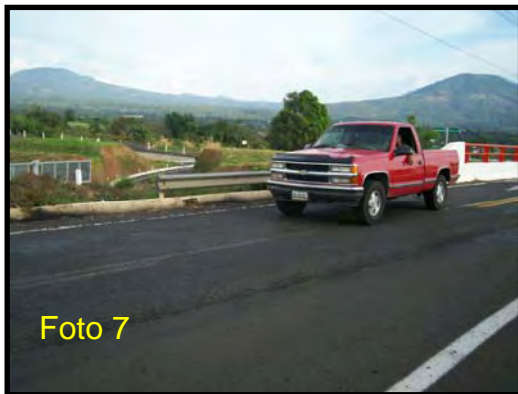


Foto 7

*En la fotografía 7 se observa un vehiculo A2.*

*En la fotografía 8 se observa un vehículo A'2.*

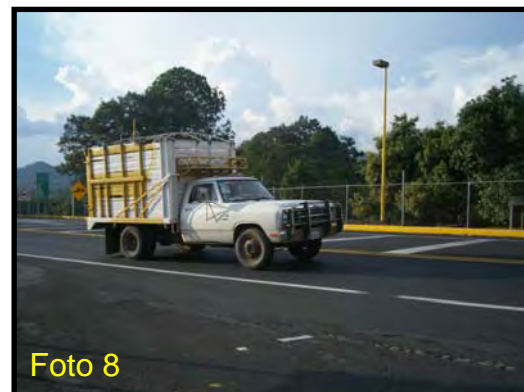


Foto 8





*En las fotografías 9 y 10 se muestran vehículos de pasajeros comercial y turístico un B3 y un B2 respectivamente.*



*En las fotografías 11 y 12, se presentan los vehículos más grandes y pesados de la clasificación un T2 S1 R2 y un T3 S2 R4.*

### **3.4.5 Obstáculos especiales.**

En la obra en cuestión encontramos dos obstáculos especiales que son los puentes canales ubicados en los Km 92+680 y km 92+760 los cuales nos impiden generar un trazo libre de ejes de nuestro proyecto.

### 3.5 Estudios de tránsito.

#### 3.5.1 Tipo y clasificación de los vehículos.

El aforo vehicular que se registra en la autopista Pátzcuaro – Lázaro Cárdenas se compone de los siguientes tipos de vehículos: Autos, pick-ups, panel, motos, autobuses de pasajeros y camiones de carga hasta nueve ejes.

#### 3.5.2 Aforo vehicular.

A continuación se presentan aforos realizados en la Autopista Siglo XXI en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 2007, en la Plaza de cobro “San Ángel Zurumucapio” más cercana a nuestra zona de estudio.

En la siguiente tabla se pueden apreciar los registros de los diferentes tipos de vehículos que circulan a través del camino como son pick- ups, autos y paneles, autobuses de pasajeros, motocicletas y camiones de carga de hasta nueve ejes y en las columnas vemos los concentrados al final de cada mes.

Tenemos un T.D.P.A. de 8360 vehículos tomados en base a los aforos obtenidos en la caseta de San Ángel Zurumucapio.

MES	AUTOS, PICK UP Y PANEL	MOTOS	AUTOBUSES DE PASAJEROS			CAMIONES DE CARGA EJES							
			2	3	4	2	3	4	5	6	7	8	9
AGOSTO	234315	194	2152	169	2	8393	3480	108	1666	804	8	22	215
SEPTIEMBRE	197823	132	2625	194	1	7489	3041	144	1668	874	22	7	1333
OCTUBRE	201149	191	2563	231	0	8492	3358	179	1892	995	22	19	1491
TOTALES	633287	517	7340	594	3	24374	9879	431	5226	2673	52	48	3039

El T.D.P.A. en el camino de Ziracuaretiro a Caracha es de 350 vehículos en base a aforos tomados en el P.I.V. Caracha.

### **3.6 Alternativas de solución.**

#### **3.6.1 Planteamiento de alternativas.**

Las posibles soluciones a los problemas de diseño geométrico que presenta el actual entronque caracha se plantean a continuación:

- 1.- Modificar el proyecto geométrico generando una nueva topografía de mayor amplitud que nos permita proyectar con mayor libertad de trazo.
- 2.- Rediseñar las incorporaciones del camino directo hacia los ejes que se incorporen hacia las poblaciones de Ziracuaretiro y Caracha, modificando principalmente sus velocidades de entrada.
- 3.- Facilitar el acceso de los vehículos que circulan sobre el camino directo provenientes de Uruapan y tengan como destino la población de Ziracuaretiro mediante un nuevo eje de incorporación; además de la misma forma crear un nuevo eje de incorporación para los automovilistas que viajan provenientes de Pátzcuaro sobre el camino directo y deseen incorporarse hacia Caracha.

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

La alternativa a usar sería la tercera la cual nos ofrece realizar las modificaciones necesarias para facilitar los accesos desde el camino directo hacia las poblaciones de Ziracuaretiro y Caracha, de una manera más segura para el usuario, reduciendo la posibilidad de un accidente.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGIA.**

El presente estudio se desarrolló partiendo de la ubicación de un tramo carretero, para posteriormente verificar si se contaba o no con el proyecto geométrico del entronque Caracha.

Después fue preciso recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportara la revisión de dicho proyecto. Así, fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos.

Posteriormente se realizó el diseño geométrico con la ayuda de los programas Civilcad y autocad, en el Civilcad se trabajó con los módulos SCT que generan un trazo dentro de los parámetros de SCT y se corroboraron los resultados con la captura de datos en una hoja de cálculo diseñada en el programa computacional llamado Excel, para posteriormente hacer algunas anotaciones y modificaciones en el programa Autocad y se contrastó con la teoría recabada, haciendo un análisis minucioso del proyecto hasta establecer las conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo de investigación de esta tesis.

#### **4.1 Método empleado.**

El método a emplear en la investigación es el método científico deductivo, ya que éste presenta la característica de ir de lo general a lo particular. Este método parte de datos generales aceptados como verdaderos, para inferir, por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones. El método deductivo consta de las siguientes etapas:

- Determinar los hechos más importantes, del fenómeno por analizar.
- Deduce las relaciones constantes de naturaleza que dan lugar al fenómeno.
- Con base en las deducciones anteriores, se formula una hipótesis.
- Del proceso anterior se deducen leyes.

Dentro del método deductivo se encuentra el método matemático – analítico que aplica a nuestra investigación:

a) Método matemático.- Es en el que se comparan cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad.

“En cualquier 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;49).

b) Método analítico.- Este método “distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, como lo hace la física, la química y la biología, disciplinas que lo aplican, para luego, a partir de él y de la experimentación de un gran número de casos, establecer leyes universales”. (Jurado,2005;2).

#### **4.2 Enfoque de la investigación.**

El enfoque de la investigación será de carácter cuantitativo, ya que ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, otorga el control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. De la misma forma, brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

Otra característica por la que se aplicaran los métodos cuantitativos es por que son los más usados por las ciencias llamadas “exactas” como son la Física, la Química y Biología.

#### **4.2.1 Alcance.**

Si se ha decidido, una vez hecha la revisión de la literatura, que la investigación vale la pena y se debe realizar, el siguiente paso consiste en visualizar el alcance del estudio a efectuar.

En los estudios cuantitativos como en este caso esto ocurre antes de elaborar la o las hipótesis, definir o elegir un diseño de investigación y recolectar datos.

El diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación son distintos en estudios exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, trátase de investigaciones cuantitativas, cualitativas o mixtas.

Para la investigación se realizaran estudios descriptivos; estos por lo general fundamentan las investigaciones correlacionales, las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados.

Como menciona Danhke (1989), 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.

Miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

Estos estudios pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren. Desde luego, pueden integrar las mediciones o información de cada una de dichas variables o conceptos para decir cómo es y cómo se manifiesta el fenómeno de interés; su objetivo no es indicar cómo se relacionan las variables medidas.

#### **4.3 Diseño de la investigación.**

Para la investigación corresponde el tipo de diseño no experimental, no obstante para su clasificación los investigadores han tomado los siguientes factores en cuenta: su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos.

Según Hernández S. Roberto y Cols. (2004), en algunas ocasiones la investigación se centra en: a) analizar cual es el nivel, estado o la presencia de una o diversas variables en un momento dado; b) evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo, c) determinar o ubicar cual es la relación entre un conjunto de variables en un momento. En estos casos el diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) es el transversal o transeccional.

Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su finalidad es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede.

#### **4.4 Instrumentos de recopilación de datos.**

Para la investigación la recopilación de datos se realizó utilizando como instrumentos la investigación documental, la observación cuantitativa y los programas computacionales.

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

Según Hernández S., Roberto y Cols. (2004), recolectar los datos implica:

- a) Seleccionar uno o varios métodos o instrumentos disponibles o desarrollarlos, tanto cuantitativos como cualitativos, dependiendo del enfoque del estudio, del planteamiento del problema y de los alcances de la investigación.
- b) Aplicar los instrumentos.
- c) Preparar las mediciones obtenidas o datos levantados para analizarlos correctamente.

#### **4.5 Descripción del procedimiento de investigación.**

El proceso que se siguió para llevar a cabo la investigación fue en primer término la recopilación de datos por medio de la observación en donde se apreciaron y se registraron características físicas del estado actual del entronque Caracha, como son tipo de suelo sobre el que se encuentran sus accesos, tipo de vegetación, escurrimientos superficiales y arroyos o canales que lo crucen; así como ancho de sus carriles, tipo de señalamiento tanto horizontal como vertical, apariencia de su superficie de rodamiento, espesor de su carpeta asfáltica; además observamos los tipos de vehículos que circulan a través del camino directo y del entronque.



Después se recurrió a la investigación documental para averiguar características de la región de una manera más formal y certera. También se consultaron los datos estadísticos de la zona en estudio como son cantidad de habitantes, actividades de la población, geología de la región, hidrología de la región, uso de suelo; además se obtuvieron aforos reales del camino directo para saber la cantidad y tipo de vehículos que circulan por esta vía.

Por otra parte se consultaron los manuales de proyecto geométrico para carreteras para comparar las características actuales del entronque respecto al manual. Se consultó la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que regula el señalamiento horizontal, vertical, obras complementarias y todo lo relacionado con el proyecto de una carretera.

Una vez que se obtuvieron todas las bases técnicas se llevó a cabo la comparación y revisión del diseño actual del entronque Caracha, por medio de programas computacionales, los cálculos realizados se efectuaron y plasmaron en por medio efectuados con los programas Autocad y Civilcad, el primero programa para dibujo, perspectivas en tres dimensiones, cálculo de áreas y volúmenes y crear ambientes arquitectónicos; el segundo es un programa base para topografía en donde partiendo de los dibujos o levantamientos topográficos podemos generar perfiles, secciones transversales, configuraciones con curvas de nivel, áreas, volúmenes, pendientes, longitudes, estructuración de pavimentos, representación y cálculo de la curva masa para el movimiento de terracerías, curvas verticales y horizontales, entre otras cosas.

De esta forma se procedió para llegar a las conclusiones y modificaciones que se le realizaron al actual entronque Caracha.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Los cálculos que se llevaron a cabo para definir la geometría de los enlaces se describen a continuación:

Las curvas horizontales fueron simples, en donde como primer termino se requirió definir las características generales del tipo de camino en base a las especificaciones de la SCT obtenidos de la tabla AA-1 (ver anexo A). Para este caso un camino del tipo D con un TDPA de 350 vehículos.

#### **CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES ( CIRCULAR SIMPLE) ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO PARA EL ENTRONQUE "CARACHA" KM. 92+739 DEL C.D. PÁTZCUARO - URUAPAN.**

<i>CARACTERISTICAS GENERALES DE PROYECTO Y ESPECIFICACIONES SCT.</i>	
TIPO DE CARRETERA	D
TPDA PROYECTO	100 A 500
TIPO DE TERRENO	LOMERIO
VELOCIDAD DE PROYECTO	40 K.H.
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	40 M
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	100 M
GRADO DE CURVA MAX.	30
CURVAS VERTICALES	
"K" EN CRESTA	4.000
"K" EN COLUMPIO	7.000
LONG. MINIMA	30 M
PENDIENTE GOBERNADORA	6.000
PENDIENTE MAXIMA	9.000
ANCHO DE CALZADA	6 M
ANCHO DE CORONA	6 M
ACOTAMIENTO	0 M
BOMBEO	3%
SOBREELEVACION MAXIMA	10%

Una vez establecidos los parámetros generales en base al tipo de camino se procedió a proporcionar los datos del punto de inflexión del eje, inflexión del eje, grado de curvatura máximo permitido y el grado de curvatura propuesto para

cada eje (T-500 y T-600) que contiene una curva, como se muestra a continuación:

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE	T - 500
DATOS REQUERIDOS		
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	0+224.589	
INFLEXION DEL EJE	96.849 (°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	30.000 (°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	20.000 (°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE		
RADIO DE CURVATURA	57.296 M	
ANGULO CENTRAL	96.849	
LONGITUD DE CURVA	96.849	FORMA 1
	96.849	FORMA 2
SUBTANGENTE	64.589	
CON ESTE L <sub>c</sub> TENDREMOS :		
PC	INICIO CURVA	0+160.000
PT	FINAL CURVA	0+256.849 96.849
EXTERNA		29.044
ORDENADA MEDIA		19.274
DEFLEXION A UN PUNTO		96.849
CUERDA		85.724

*Curva horizontal simple calculada para la curva contenida en el eje T-500.*

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE	T - 600
DATOS REQUERIDOS		
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	0+273.661	
INFLEXION DEL EJE	124.09694 (°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	30.000 (°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	19.000 (°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE		
RADIO DE CURVATURA	60.312 M	
ANGULO CENTRAL	124.097	
LONGITUD DE CURVA	130.629	FORMA 1
	130.628	FORMA 2
SUBTANGENTE	113.661	
CON ESTE L <sub>c</sub> TENDREMOS :		
PC	INICIO CURVA	0+160.000
PT	FINAL CURVA	0+290.629 130.629
EXTERNA		68.360
ORDENADA MEDIA		32.042
DEFLEXION A UN PUNTO		124.098
CUERDA		106.552

*Curva horizontal simple calculada para la curva contenida en el eje T-600.*

En las siguientes tablas se realizaron los cálculos de las sobreelevaciones en las curvas en base a los datos como velocidad de proyecto, punto de inflexión,

deflexión en grados, radio de la curva, grado de curvatura, longitud de subtangente y longitud de curva circular obtenidos anteriormente. La tabla que se utilizo fue la de las Normas de Servicios Técnicos para proyecto geométrico 004-5 (ver Anexo B).

**VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.**

Del alineamiento horizontal se tiene:

**CURVA C1 EJE T-500**

Camino tipo:	D	
Vel. Proy. =	40	Vel proyecto en kph.
PI =	0+224.589	punto de inflexión
$\Delta c =$	96.8486	Deflexión en grados.
Rc =	57.296	Radio de curvatura en m.
Gc =	20.00	Grado de curvatura en °.
St =	64.589	Subtangente en m.
Lc (m) =	96.849	Longitud de la curva circular.

**Transición del bombeo a la sobreelevación.**

**Calculo del Pc y del Pt.**

Pc =	Pi - St =	0+160.000
Pt =	Pc + Lc =	0+256.849

De las Normas de Servicios Tecnicos para Proyecto Geometrico en la tabla 004-(5,6,7 o 8, según el caso) usando el tipo de camino y la velocidad de proyecto. tenemos:

Camino tipo:	D		
Vel. Proy. =	40	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	20.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m) =	1	Ampliacion de Curva	
Sc max(%) =	6.7	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m) =	21.0	Longitud de espiral mínima	

**Calculo de la N ( Semidistancia punto sobre donde termina el bombeo al punto donde la sobreelevación es del 3%)**

$N = (b/Sc) \times Lc = 6.27$  (metros)

**Cálculo de PLT a la entrada:**

PLT - N =	0+143.231	bombeo (+2 , -2)	
PLT = Pc - 05Le =	0+149.500	bombeo (+2 , -2)	
PLT + N =	0+155.769	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	0+160.000	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
inicia ampliación completa.		bombeo	+ 3.4      - 3.4

**Cálculo de TLT a la entrada.**

TLTentrada = Pc + 0.5Le =	0+170.500	bombeo (+Smax , -Smax.)
		bombeo      + 6.7      - 6.7

**Cálculo de TLT de salida.**

TLTsalida = Pt - 0.5Le =	0+246.349	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)
		bombeo      + 6.7      - 6.7

**Cálculo de PLT a la salida.**

Pt =	0+256.849	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)		
termina ampliación completa.		bombeo		+ 3.4      - 3.4
PLT - N =	0+261.080	bombeo (+2 , -2)		
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	0+267.349	bombeo (0 , 0)		
PLT + N =	0+273.618	bombeo (-2 , +2)		

**VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.**

**Del alineamiento horizontal se tiene:**

**CURVA C2 EJE T-600**

Camino tipo:	D	
Vel. Proy.=	40	Vel proyecto en kph.
PI=	0+273.661	punto de inflexión
$\Delta c =$	124.09694	Deflexión en grados.
Rc=	60.312	Radio de curvatura en m.
Gc=	19.00	Grado de curvatura en °.
St=	113.661	Subtangente en m.
Lc (m)=	130.629	Longitud de la curva circular.

**Transición del bombeo a la sobreelevación.**

**Calculo del Pc y del Pt.**

Pc =	Pi - St =	0+160.000
Pt =	Pc + Lc =	0+290.629

**De las Normas de Servicios Tecnicos para Proyecto Geometrico en la tabla 004-(5,6,7 o 8, según el caso) usando el tipo de camino y la velocidad de proyecto. tenemos:**

Camino tipo:	D		
Vel. Proy.=	40	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc=	19.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m)=	1	Ampliacion de Curva	
Sc max(%)=	6.3	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m)=	20.0	Longitud de espiral mínima	

**Calculo de la N ( Semidistancia punto sobre donde termina el bombeo al punto donde la sobreelevación es del 3%)**

$N = (b/Sc) \times Lc = 6.35$  (metros)

**Cálculo de PLT a la entrada:**

PLT - N =	0+143.651	bombeo (+2 , -2 )	
PLT = Pc - 0.5Le =	0+150.000	bombeo (+2 , -2 )	
PLT + N =	0+156.349	bombeo (+2 , -2 )	
Pc =	0+160.000	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax. )	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 3.2 - 3.2	

**Cálculo de TLT a la entrada.**

TLTentrada = Pc + 0.5Le =	0+170.000	bombeo (+Smax , -Smax. )
		bombeo + 6.3 - 6.3

**Cálculo de TLT de salida.**

TLTsalida = Pt - 0.5Le =	0+280.629	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax. )
		bombeo + 6.3 - 6.3

**Cálculo de PLT a la salida.**

Pt =	0+290.629	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax. )	
	termina ampliación completa.	bombeo + 3.2 - 3.2	
PLT - N =	0+294.280	bombeo (+2 , -2 )	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	0+300.629	bombeo ( 0 , 0 )	
PLT + N =	0+306.978	bombeo (-2 , +2 )	













Con los resultados de los cálculos realizados en las tablas anteriores se procede a proporcionar los datos al programa CivilCad para dibujar las secciones de construcción de los ejes de los enlaces, por lo que se tienen todos los resultados para poder representarlos en los planos como son la planta de proyecto geométrico, el perfil del terreno natural y de proyecto y las secciones de construcción. (Anexos D-G).

Las longitudes del carril de desaceleración y la longitud de transición se calcularon de acuerdo a la tabla 11-J del Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras (Anexo C), entrando a la tabla con la velocidad de proyecto en el enlace y la velocidad de proyecto de la carretera para el caso 40 km/h y 110 km/h respectivamente, obteniendo un valor de 160 m. correspondiendo 90 m. a la longitud de transición y 70 m. para el carril de desaceleración. Se llevo a cabo el proyecto de señalamiento para el entronque en base al Manual de dispositivos para el control del transito en calles y carreteras. (ver anexos D-G).

## Conclusiones.

La presente tesis con nombre “Alternativa de proyecto geométrico para el entronque “Caracha” Km. 92 + 739 del camino directo Pátzcuaro – Uruapan”, tiene como objetivo realizar modificaciones geométricas al entronque Caracha que aumenten el grado de seguridad y eliminen la posibilidad de una colisión a los usuarios que circulan a través de este, y plantea como pregunta de investigación: Geométricamente ¿Cuáles son las modificaciones a realizar al entronque Caracha?, para dar respuesta a la anterior interrogante se presenta el capítulo 2 cuyo título es Proyecto Geométrico, en el cual podemos consultar en resumen la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el diseño geométrico de carreteras, en el cual encontramos el subcapítulo 2.7 de nombre “Diseño de intersecciones” en el que se puede tomar todo lo referente a dimensiones de enlaces, rampas, longitudes de transición, carriles de aceleración y desaceleración entre otros elementos. Se realizaron las modificaciones geométricas propuestas por medio de un programa llamado CivilCad el cual utiliza como base para su trazo las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras por lo tanto, las correcciones llevadas a cabo en el programa de computadora coincide con la normatividad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; además los cálculos realizados en las curvas horizontales y verticales de los enlaces antes fueron corroborados mediante tablas de cálculo hechas en el programa Excel. Tales correcciones fueron eliminar los enlaces T-10 que capta el flujo vehicular proveniente de Uruapan con dirección a Ziracuaretiro y el T – 30 que capta el flujo vehicular proveniente de Pátzcuaro con dirección a Caracha y se agregaron los

enlaces T-500 que el flujo vehicular proveniente de Uruapan con dirección a Ziracuaretiro y el T-600 que capta el flujo vehicular proveniente de Pátzcuaro con dirección a Caracha.

El objetivo de esta investigación se cumple ya que se lograron generar enlaces que mejoran la comodidad y seguridad al usuario que circula a través del C.D. Pátzcuaro – Lázaro Cárdenas, proyectando los enlaces T-500 Y T-600 facilitando el acceso desde el camino principal (Autopista siglo XXI) al camino secundario (Caracha –Ziracuaretiro), y estando dentro de la normativa de la SCT. Además de lo anteriormente expuesto se realizó el proyecto de señalamiento para el entronque en base al Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras. (Anexo L).

Los hallazgos principales que se encontraron durante esta investigación de tesis fueron aprender a usar el programa computacional CivilCad proyectando un camino con los módulos de SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), encontrando en él una herramienta de gran ayuda en el ahorro de tiempo al ejecutar un proyecto de caminos y, otro hallazgo importante fue el aprender la secuencia del cálculo de las curvas horizontales y sus sobreelevaciones, del cálculo de las curvas verticales y de las longitudes y anchos de los carriles de desaceleración y longitudes de transición de los mismos.

## BIBLIOGRAFIA.

Arias Rivera G. Carlos

Cuaderno de comportamiento de suelos.

Fac. Ing. UNAM.

Hernández S., Roberto y Cols. (2004).

Metodología de la investigación.

Ed.Mc.Graw Hill. México.

Jurado Rojas, Yolanda. (2005).

Técnicas de investigación documental.

Ed. Thompson, México.

Mier S, José Alfonso. (1987).

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

U.M.S.N.H.

Manual de proyecto geométrico de carreteras. (1991).

Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

México.

Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras. (1986).

Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

México.

Normas de Servicios Técnicos (Libro 2), Proyecto Geométrico. (1984).

Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

México.

## **OTRAS FUENTES DE INFORMACION.**

[www.ecumed.net/coursecon/libreria/2004/fme/1d.htm](http://www.ecumed.net/coursecon/libreria/2004/fme/1d.htm).

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/navegacion/carrera\\_lic.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/navegacion/carrera_lic.html)

<http://bidi.unam.mx/>

<http://cofom.michoacan.gob.mx/caracteristicas.htm>.

<http://www.michoacan.gob.mx/municipios/112ziracuaretiro.htm>.

<http://www.union.org.mx/guia/tesorosdelplaneta/Suelos.htm>

<http://www.cemda.org.mx/infoarnap/instrumentos/docs/lagartos/3diagnost.doc>



# ANEXO A

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRERA															
		E		D	C	B	A										
		HASTA 100		100 a 500	500 a 1500	1500 a 3000	MAS DE 3000										
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	M/M	30	40	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110	
TERRENO MONTAÑOSO LOMERO PLANO	-																
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	100	225	270	315	180	225	270	315	360	405
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	°	60	30	17	11	7	60	30	17	11	7	5.5	2.5	2.25	17	11	7.5
CURVAS	CRESTA	4	7	12	23	36	3	4	8	14	20	4	8	14	20	31	43
	COLUMPO	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31
VERTICALES	m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	60
PENDIENTE GOBERNADORA	%	7	-	-	-	-	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1
PENDIENTE MAXIMA	%	13	10	7	6	5	6	7	5	4	3	2	1	1	1	1	1
LONGITUD CRITICA	m	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4	VER FIG. No 004.4
ANCHO DE CALZADA	m	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
ANCHO DE CORONA	m	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOMBEO	%	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
SOBRELEVACION MAXIMA	%	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
SOBRELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO	%	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8	VER TABLA No 004-8
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES	m	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9	VER TABLA No 004-9

TABLA AA-1 CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LAS CARRETERAS.



# ANEXO B

VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0 30	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 00	1145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 30	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2 00	572.96	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2 30	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3 00	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3 30	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
4 00	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.8	19	60	5.3	30
4 30	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5 00	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5 30	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6 00	190.99	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6 30	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7 00	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.1	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7 30	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56
8 00	143.24	60	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8 30	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9 00	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9 30	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10 00	114.59	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.9	24	90	9.1	44			
11 00	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48			
12 00	95.49	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13 00	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14 00	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15 00	76.59	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16 00	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17 00	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18 00	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19 00	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20 00	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21									
22 00	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24 00	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26									
26 00	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28 00	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30 00	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32 00	35.81	130	5.3	13												
34 00	33.70	130	5.7	14												
36 00	31.83	140	6.0	14												
38 00	30.16	150	6.3	15												
40 00	28.65	150	6.7	16												
42 00	27.28	160	7.0	17												
44 00	26.04	160	7.3	18												
46 00	24.91	170	7.7	18												
48 00	23.87	180	8.0	19												
50 00	22.92	180	8.3	20												
52 00	22.04	190	8.7	21												
54 00	21.22	190	9.0	22												
56 00	20.46	200	9.3	22												
58 00	19.76	200	9.7	23												
60 00	19.10	210	10.0	24												

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.  
 En carreteras tipo E no se dará la ampliación por curvatura a menos que se proyecten libraderos en curva horizontal.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición mixta, en metros.

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

TABLA AA-2 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO E Y D.

# ANEXO C

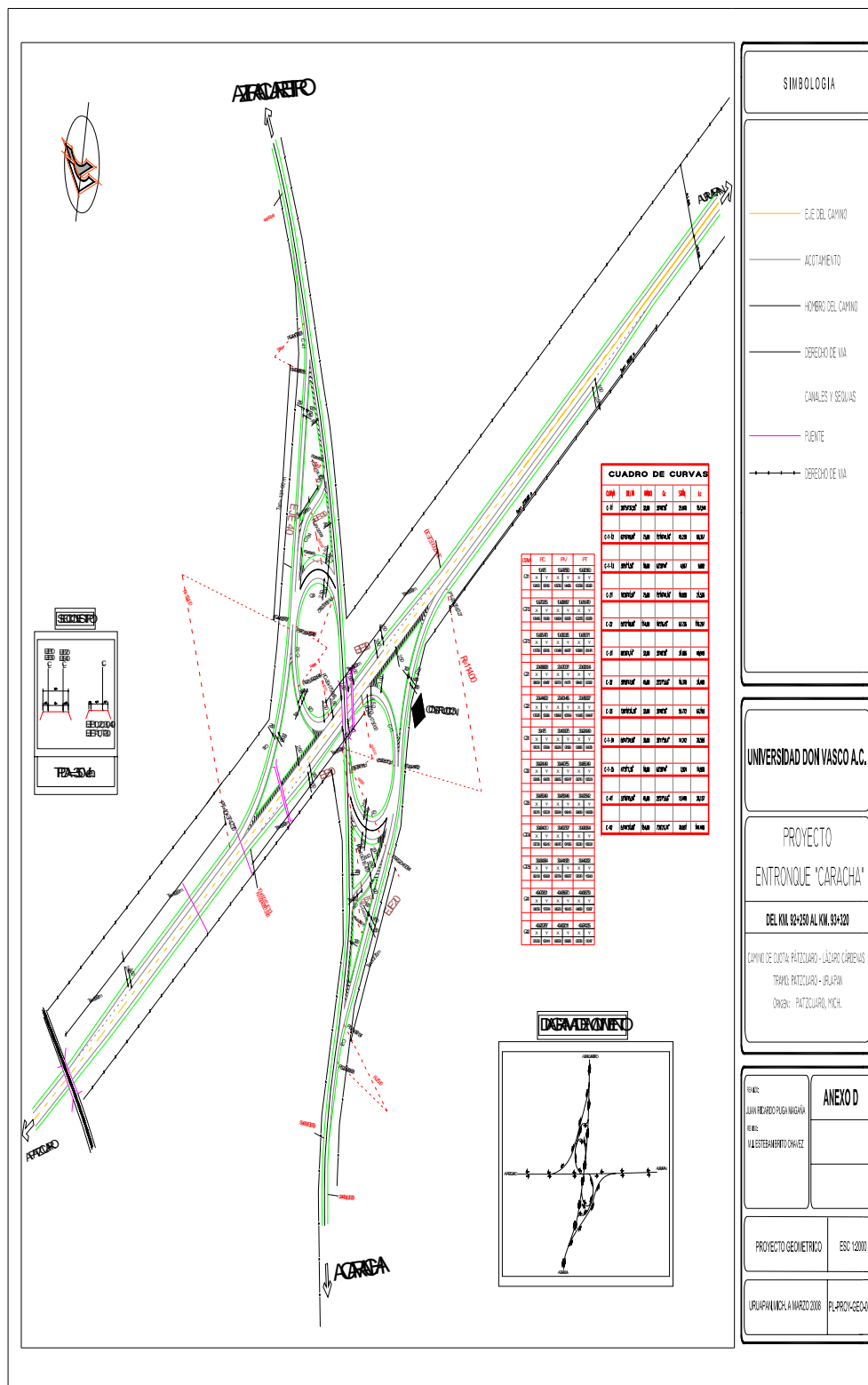
Velocidad de proyecto en el enlace, km/h	Condición de parada	25	30	40	50	60	70	80
Radio mínimo de curva, metros.		15	24	45	75	113	154	209

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de DESCELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	64	45	—	—	—	—	—	—
60	54	100	85	80	70	—	—	—	—
70	61	110	105	100	90	75	—	—	—
80	69	130	125	120	110	95	85	—	—
90	77	150	145	140	130	115	105	80	—
100	84	170	160	160	145	135	125	100	—
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de ACELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	170	45	—	—	—	—	—	—
60	54	110	85	75	—	—	—	—	—
70	61	160	135	125	100	—	—	—	—
80	69	230	125	190	170	125	—	—	—
90	77	315	300	285	255	205	160	—	—
100	84	405	395	380	350	295	240	160	—
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180

TABLA 11-J. LONGITUD DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

# ANEXO D



**SIMBOLOGIA**

- E.E. DEL CAMINO
- ACOTAMIENTO
- HOMBRO DEL CAMINO
- DERECHO DE VIA
- CANALES Y SEQUIAS
- PUENTE
- DERECHO DE VIA

**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

**PROYECTO**  
ENTRONQUE "CARACHA"

DEL KM. 0+250 AL KM. 0+300

CAMINO DE CUYA: PATZUARO - LAZARO CÁBRES VAS  
TRAMO: PATZUARO - IRLAPAN  
Oaxaca - PATZUARO, MICHA.

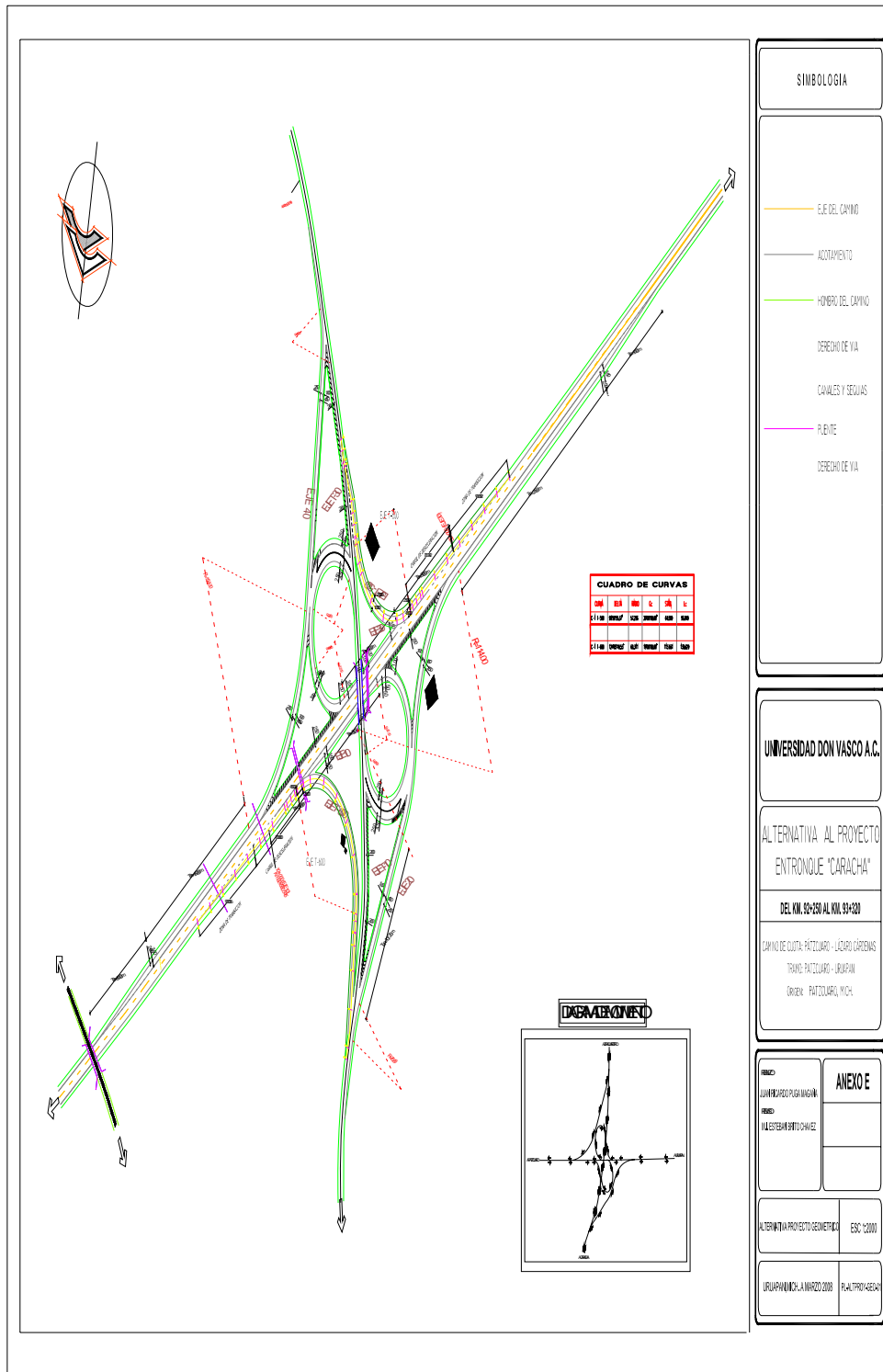
**ANEXO D**

PROYECTO GEOMETRICO    ESC: 1:2000

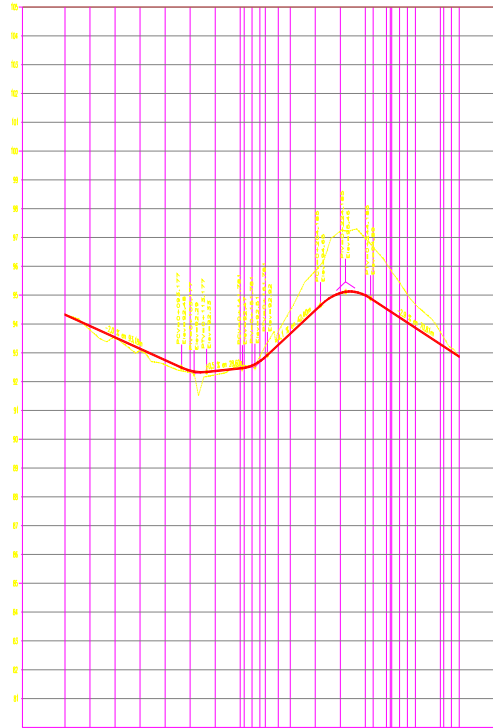
URUAPAN MICHA. MARZO 2008    PL-PROY-GE0-01



# ANEXO E



# ANEXO F



ESTACION	EXISTENTE	PROPUESTA	ALCANTARILLA	ESPESOR	ANCHO	TIPO
0+000.000	3.80	3.80				
0+050.000	3.80	3.80				
0+100.000	3.80	3.80				
0+150.000	3.80	3.80				
0+200.000	3.80	3.80				
0+250.000	3.80	3.80				
0+300.000	3.80	3.80				
0+350.000	3.80	3.80				
0+400.000	3.80	3.80				
0+450.000	3.80	3.80				
0+500.000	3.80	3.80				
0+550.000	3.80	3.80				
0+600.000	3.80	3.80				
0+650.000	3.80	3.80				
0+700.000	3.80	3.80				
0+750.000	3.80	3.80				
0+800.000	3.80	3.80				
0+850.000	3.80	3.80				
0+900.000	3.80	3.80				
0+950.000	3.80	3.80				
1+000.000	3.80	3.80				
1+050.000	3.80	3.80				
1+100.000	3.80	3.80				
1+150.000	3.80	3.80				
1+200.000	3.80	3.80				
1+250.000	3.80	3.80				
1+300.000	3.80	3.80				
1+350.000	3.80	3.80				
1+400.000	3.80	3.80				
1+450.000	3.80	3.80				
1+500.000	3.80	3.80				
1+550.000	3.80	3.80				
1+600.000	3.80	3.80				
1+650.000	3.80	3.80				
1+700.000	3.80	3.80				
1+750.000	3.80	3.80				
1+800.000	3.80	3.80				
1+850.000	3.80	3.80				
1+900.000	3.80	3.80				
1+950.000	3.80	3.80				
2+000.000	3.80	3.80				
2+050.000	3.80	3.80				
2+100.000	3.80	3.80				
2+150.000	3.80	3.80				
2+200.000	3.80	3.80				
2+250.000	3.80	3.80				
2+300.000	3.80	3.80				
2+350.000	3.80	3.80				
2+400.000	3.80	3.80				
2+450.000	3.80	3.80				
2+500.000	3.80	3.80				
2+550.000	3.80	3.80				
2+600.000	3.80	3.80				
2+650.000	3.80	3.80				
2+700.000	3.80	3.80				
2+750.000	3.80	3.80				
2+800.000	3.80	3.80				
2+850.000	3.80	3.80				
2+900.000	3.80	3.80				
2+950.000	3.80	3.80				
3+000.000	3.80	3.80				

**PERFIL**  
 ESCALA VERTICAL: 1:500  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:500  
 VÍA: 3.00m (10ft) - 2.00m (6ft)  
 VÍA: 3.00m (10ft) - 2.00m (6ft)  
 VÍA: 3.00m (10ft) - 2.00m (6ft)  
 VÍA: 3.00m (10ft) - 2.00m (6ft)  
 VÍA: 3.00m (10ft) - 2.00m (6ft)

SIMBOLOGIA

**PLANO  
DE PERFIL  
DE CONSTRUCCION  
EJE T-500**

**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

**ALTERNATIVA A PROYECTO  
ENTRADA DE CARGA**

DEL KM. 92+250 AL KM. 93+320

CAMINO DE CUOTA: PATZCUARO - LAZARO CÁRDENAS  
 TRAMO: PATZCUARO - URUAPAN  
 CERRA: FAZCARRAMEJ

**REVISOR**  
 JUAN RICARDO PUGA MAGAÑA

**REVISOR**  
 M.J. ESTEBAN BRITO CHAVEZ

**ANEXO G**

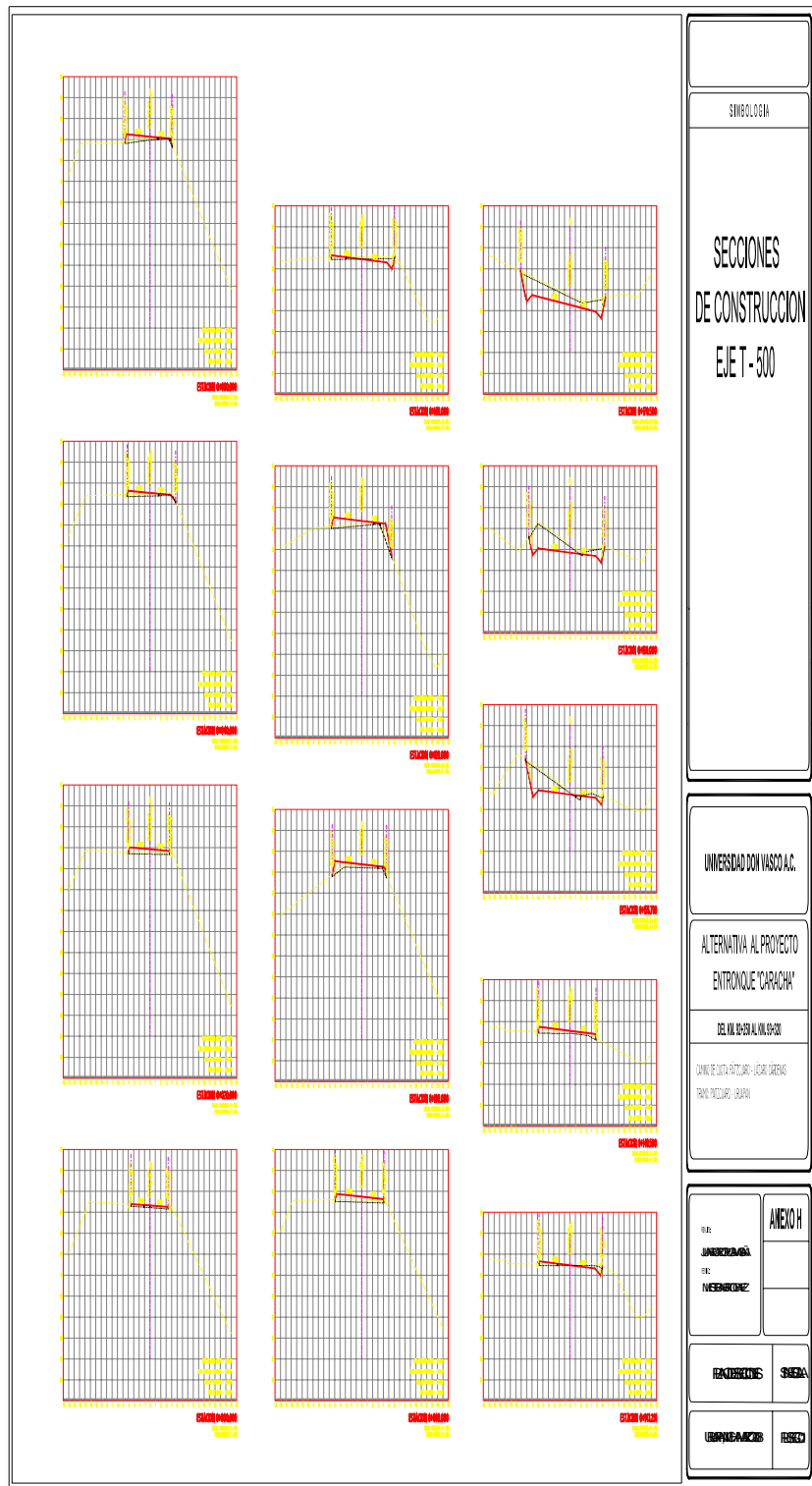
**PLAN DE PERFIL**      **ESCALA: 1:100**  
**ESCALA: 1:100**

URUAPAN, MICH. A. MARZO 2008

**PERFIL**



# ANEXO H



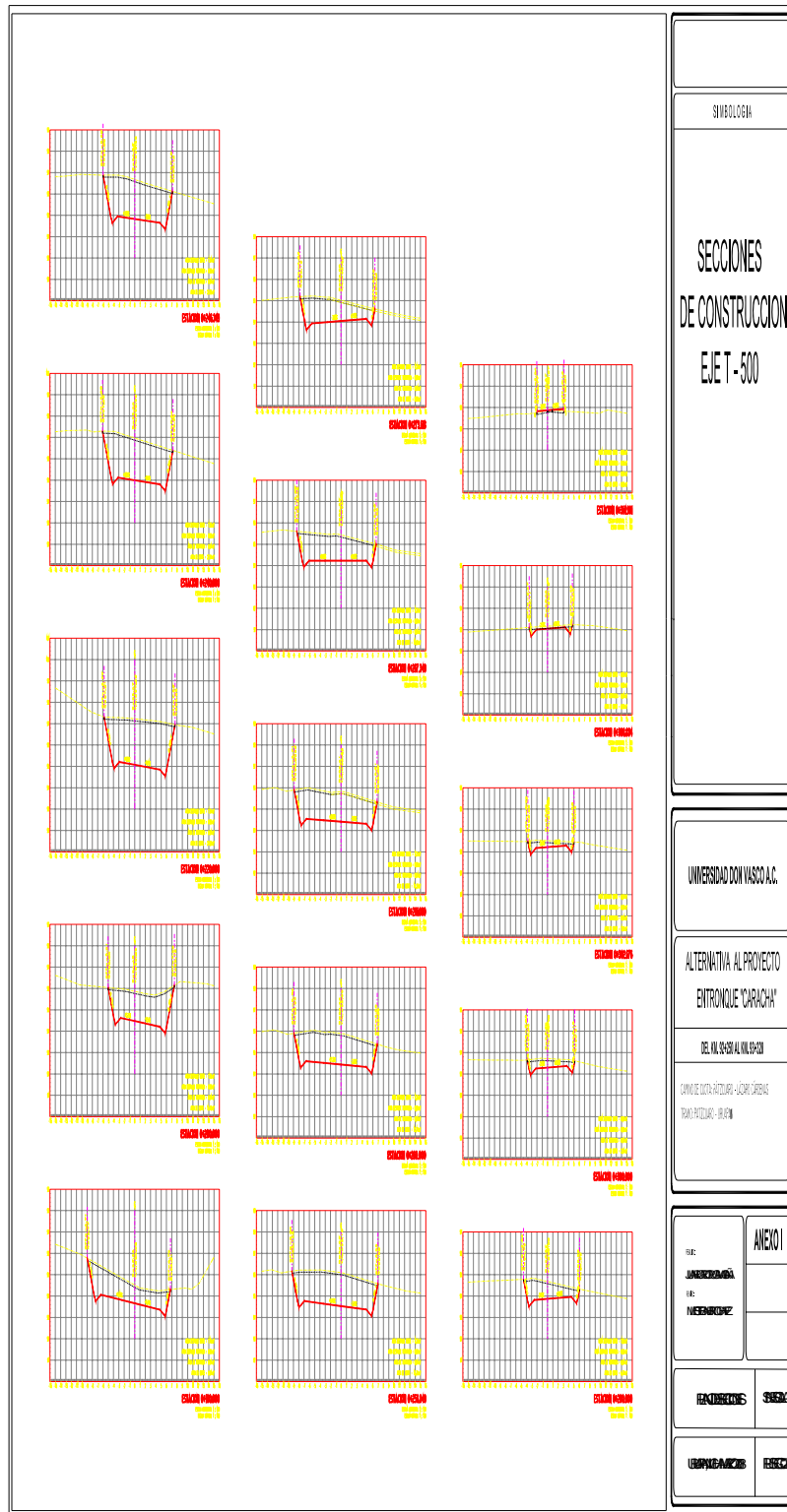
SIMBOLOGIA  
**SECCIONES DE CONSTRUCCION**  
**EJET - 500**

UNIVERSIDAD DON VASCO S.C.  
 ALTERNATIVA AL PROYECTO  
 ENTRONQUE 'CARACHA'  
 DEL KM. 10.5 EN LA VIAL VIAL  
 DAVILA DE JOTA PÉREZ - LICENCIADO  
 FRANCISCO J. GARCÍA

D.E. JUAN CARLOS E.C. NESTOR	<b>ANEXO H</b>
FRANCISCO	SUSANA
UBAYE	FERRER



# ANEXO I



INGENIERIA  
**SECCIONES DE CONSTRUCCION EJET-500**

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

ALTERNATIVA AL PROYECTO ENTORQUE "CARACHA"

DR. ANTONIO ALONSO

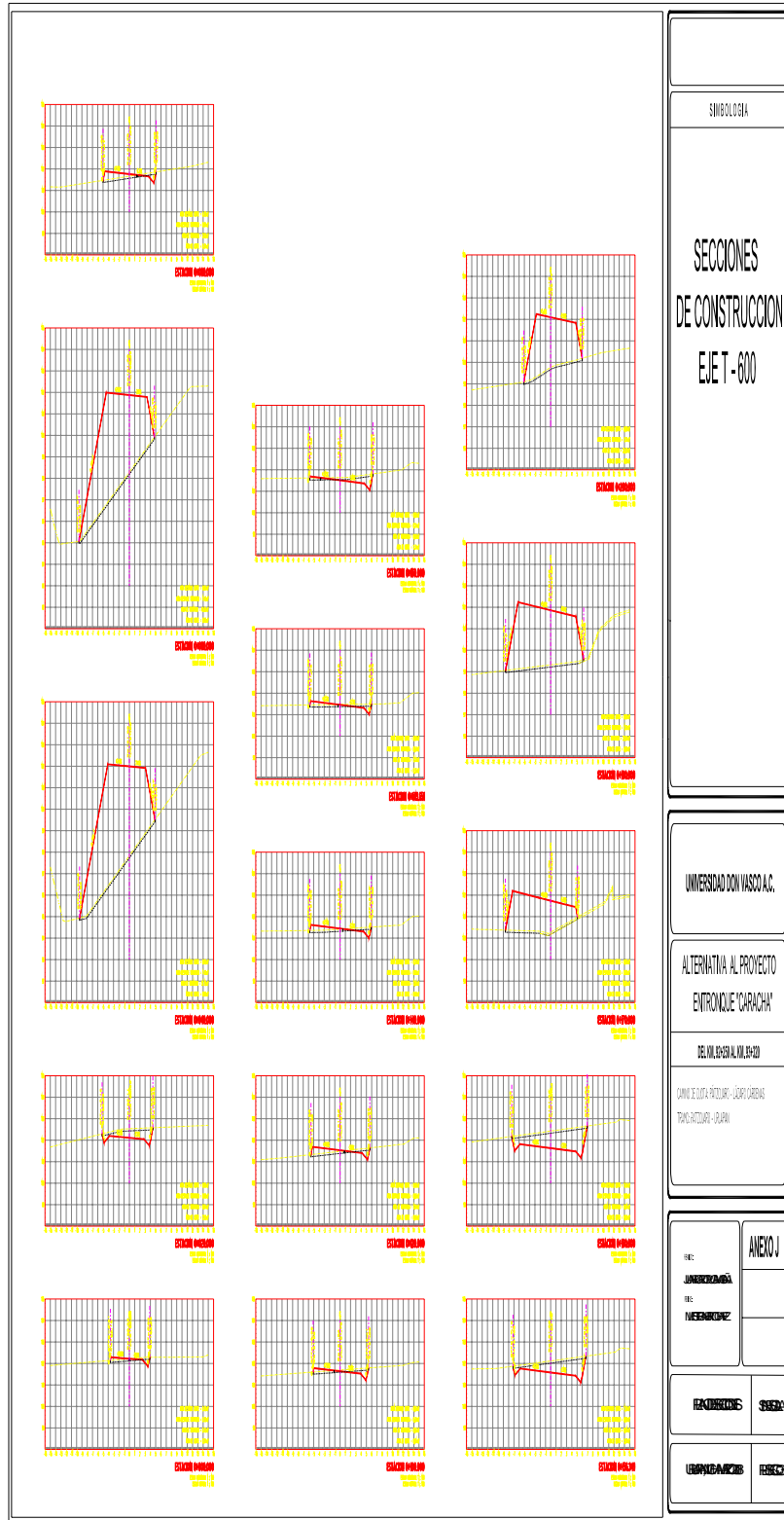
CARRILLO ALONSO - CONSTRUCCION  
 TRAYECTORIA - 04/01

FECHA: **ANEXO I**  
 ELABORADO POR:  
 REVISADO POR:

ELABORADO POR: **SEBASTIAN**

REVISADO POR: **SEBASTIAN**

# ANEXO J



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

SECCIONES DE CONSTRUCCION EJE T-600

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

ALTERNATIVA AL PROYECTO ENTROQUE "CARACHA"

DE LA LINEA AL VALLE 20

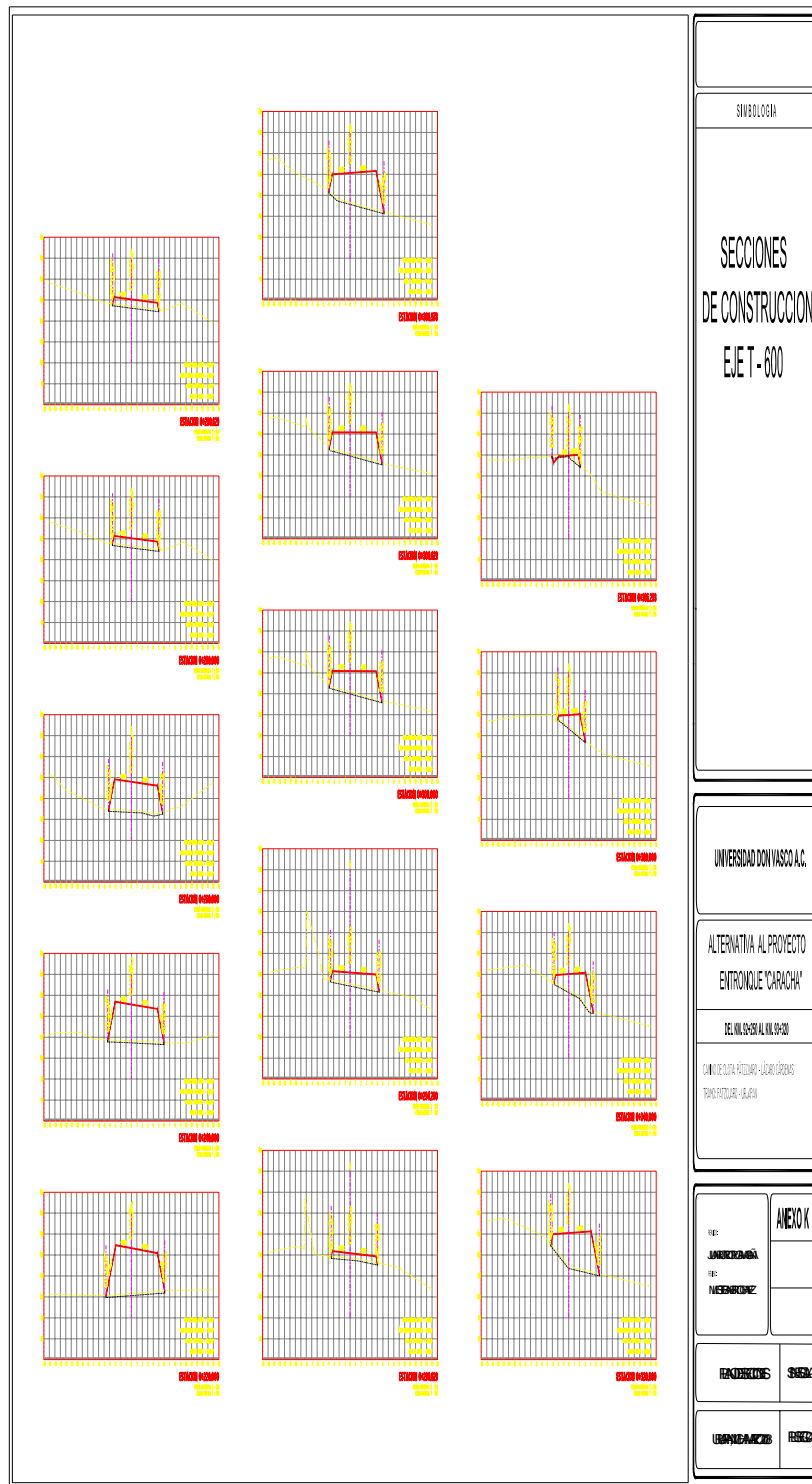
CARRILLO PÉREZ - JORDAÑAS TRANSCANTONAL - GUARÁ

FECHA:	ANEXO J
ELABORADO:	
REVISADO:	

ELABORADO:	SEBIA
------------	-------

REVISADO:	HERNANDEZ
-----------	-----------

# ANEXO K



SUBLOGIA

SECCIONES DE CONSTRUCCION EJE T - 600

UNIVERSIDAD DON VASCO S.C.

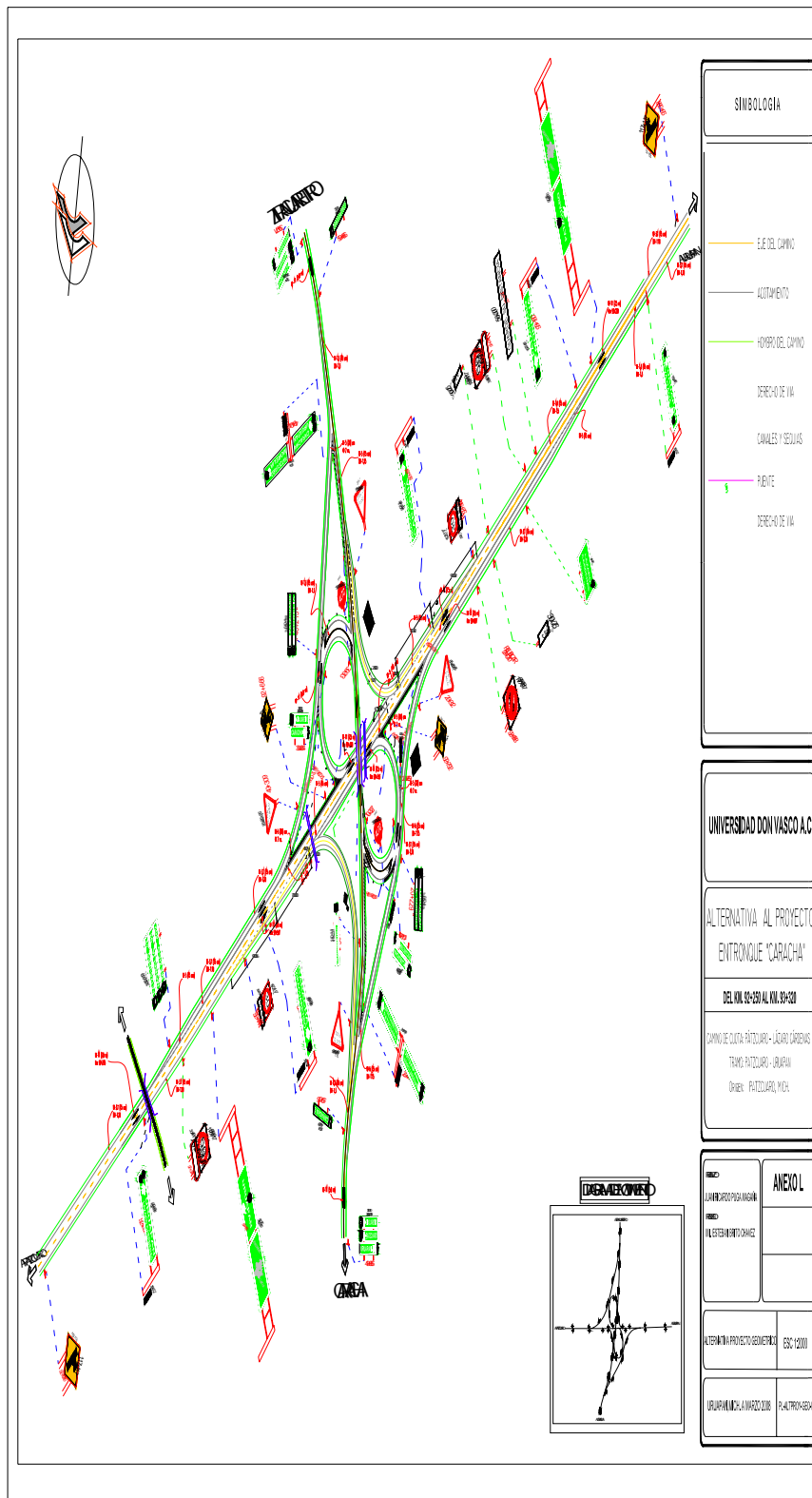
ALTERNATIVA AL PROYECTO ENTORNOQUE 'CARACHA'

DEL VIAL EN EL KM 60+00

CAMINO OLIVA PIEDRAS - OLIVA URBANA TRANSVERSAL - OLIVA

TITULO: ANEXO K FECHA: JUNIO 2023 FECHA: NOVIEMBRE	FECHA: JUNIO 2023 FECHA: NOVIEMBRE
--	---------------------------------------

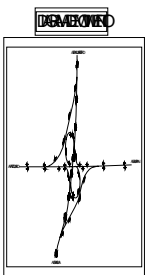
# ANEXO L



SIMBOLOGIA	
	SEÑAL CAMINO
	ACOTAMIENTO
	EMBRIGOSAL CAMINO
	SEÑAL DE VIA
	CANALES Y SEÑALES
	PARQUE
	SEÑAL DE VIA

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

ALTERNATIVA AL PROYECTO  
ENTRONQUE "CARACHA"  
DEL KM. 55-55A AL KM. 59-59B  
CAMINO DE CLAYTON-FRIGOLAR - UGARÁ (RUMOS)  
TRAMO FRIGOLAR - UGARÁ  
Obras: FRIGOLAR (MEX.)



PROYECTO	ANEXO L
UBICACIÓN DEL PROYECTO	
ALTERNATIVA PROYECTO GEOMÉTRICO	ESC: 1:2000
UBICACIÓN DEL PROYECTO	54-47003-55A