



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil.

**ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE LA
INTERSECCIÓN UBICADA EN EL KM 108 DE LA CARRETERA
ZIHUATANEJO-LÁZARO CÁRDENAS SOBRE EL
LIBRAMIENTO GUACAMAYAS.**

Tesis
que para obtener el título de
Ingeniero Civil
presenta:

José Ricardo Arroyo Rodríguez

Asesor:

M.I. Esteban Brito Chávez.

Uruapan, Michoacán, 2008.

AGRADECIMIENTOS.

Por que yo sólo, no podría haber llegado hasta aquí.....

Hago un reconocimiento muy especial y dedico esta tesis a todos los que de alguna forma, estuvieron a mi lado con su apoyo, comprensión y amor. Aquellos que influyeron en mí y compartieron su vida conmigo, forjando mi educación con valores y conocimientos. Nunca podré pagar tanta riqueza recibida a lo largo de mi vida, por eso siempre estaré profundamente agradecido.

A Dios, por todas las segundas oportunidades que me ha dado.

A mis padres, Agustín y María Trinidad, a quienes amo profundamente, por haberme brindado su comprensión y apoyo incondicional durante toda mi formación académica, por sus sabios consejos, por su orientación para tomar mejores decisiones, pero sobre todo por creer en mí. Sin su ayuda nada de esto hubiera sido posible.

Agradezco a mis hermanas, Edith y Ane, por su apoyo y paciencia.

A los Ingenieros Anastasio Blanco y Esteban Brito, por su ayuda y conocimientos recibidos a lo largo de toda mi carrera.

Al Licenciado Juan Luis Moreno H, por sus conocimientos, su ayuda y por su paciencia.

Gracias a todos y cada uno de ellos.....

ÍNDICE.

Introducción.

Antecedentes	1
Planteamiento del problema.....	3
Objetivos	4
Pregunta de investigación	4
Justificación.....	5
Delimitacion.....	6

Capítulo 1.- Las vías terrestres.

1.1 Antecedentes de los caminos.....	7
1.2 Inventario de caminos	9
1.3 Elementos de la Ingeniería de tránsito usados para el proyecto	11
1.4 Velocidad.....	19
1.5 Volumen de tránsito	21
1.6 Densidad de tránsito	23
1.7 Derecho de vía	24
1.8 Capacidad y nivel de servicio	25
1.9 Distancia de visibilidad	30
1.10 Mecánica de suelos.....	31

Capítulo 2.- Proyecto geométrico.

2.1 Proceso para la selección de ruta	34
2.2 Metodología del proyecto	38

2.3 Elementos que integran el alineamiento horizontal.....	45
2.4 Alineamiento vertical. Elementos que lo integran.....	65
2.5 Elementos que integran las secciones transversales.....	74
2.6 Proyecto de subrasante.....	89
2.7 Calculo de volúmenes y movimientos de terracerías.	91
2.8 Diseño de intersecciones.	102
2.9 Señalamiento.	144

Capítulo 3.- Marco de referencia.

3.1 Generalidades.....	151
3.2 Resumen ejecutivo.....	151
3.3 Entorno geográfico.....	153
3.4 Topografía.....	156
3.5 Geología.....	157
3.6 Tipo de terreno y cobertura vegetal.....	158
3.7 Fallas superficiales y estado de las obras de drenaje.....	160
3.8 Funcionamiento del drenaje superficial.....	161
3.9 Estado físico actual.....	162
3.10 Señalamientos y dispositivos de seguridad.....	164
3.11 Estudio del tránsito.....	165
3.12 Alternativas de solución.....	166

Capítulo 4.- Metodología.

4.1 Método empleado.....	170
4.2 Enfoque de la investigación.....	171
4.3 Diseño de la investigación.....	172
4.4 Instrumentos de recopilación de datos.....	173
4.5 Descripción del procedimiento de investigación.....	174

Capítulo 4.- Análisis e interpretación de resultados.

5.1 Normas generales para el alineamiento horizontal	176
5.2 Cálculo de curvas horizontales.....	176
5.3 Diseño de la intersección	179

Conclusiones	184
---------------------------	-----

Bibliografía	190
--------------------	-----

Anexos	192
--------------	-----

RESUMEN.

La presente tesis que lleva por nombre “Alternativa de proyecto geométrico de la intersección ubicada en el km 108 de la carretera zihuatanejo-lázaro cárdenas sobre el libramiento guacamayas”, tiene como principal objetivo realizar las modificaciones geométricas a la intersección, con la finalidad de aumentar el grado de seguridad y así poder eliminar el riesgo de colisión entre los vehículos que circulan por esta. Se plantea como pregunta de investigación: Geométricamente ¿Cuál deberá ser el diseño para la realización de una intersección en el libramiento Guacamayas, carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas?, la respuesta a esta interrogante se encuentra en el capítulo 2, que lleva como título Proyecto Geométrico, el cual se realizó de acuerdo a la normativa de la SCT. Dentro de este capítulo se encontrará el subtema 2.8 llamado Diseño de Intersecciones, en el que se encontraron todos los lineamientos y modificaciones que se pueden hacer al Proyecto Geométrico, como lo son las dimensiones de los enlaces, rampas, longitudes de transición, carriles de aceleración y desaceleración, curvas, faja separadora central, entre otros.

Se efectuaron modificaciones geométricas propuestas por el software llamado CivilCad, el cual utiliza como base para todos sus cálculos las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, por lo que todas las correcciones hechas por el software, coinciden con la normativa de la SCT.

Estas correcciones consisten en crear un retorno y la modificación de camellones, construyendo carriles de almacenamiento para realizar sus maniobras de espera, así como isletas de dirección de flujo, reforzar el señalamiento horizontal

y vertical, informando al usuario con mayor claridad, las restricciones a las que debe ajustarse, así como indicarle por donde debe conducir para llegar a su destino.

Así también se realizó la modificación del trazo de un carril para obtener una mejor vista del conductor hacia su destino, sea este cual fuera.

El resultado de este planteamiento, da como resultado una mayor seguridad para los usuarios, ya sean peatones o vehiculares y una reducción en los accidentes en esta intersección.

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

Partiendo de lo señalado por la Western's Encyclopedic Unabridged Directory of the English Language (1996), citado por www.eumed.net "las vías terrestres son un sistema de instalaciones fijas que atienden la prestación de los servicios básicos de un país, ciudad o región". Es decir, son un conjunto de arterias que de una manera u otra, comunican una población o lugar con otro.

Los caminos aparecieron cuando los seres humanos tuvieron la necesidad de transportarse de un lado a otro, y eran senderos marcados por el uso, o sea, que no eran construidos deliberadamente.

Los pueblos más poderosos solían tener caminos extensos y complejos, siendo la calidad y abundancia de estos, un indicador significativo del poder y la riqueza de estas poblaciones.

Según la página www.eumed.net, la construcción de las vías terrestres coincide con la aparición de los primeros vehículos, "los carriles de las primeras carreteras tenían entre 5 y 12 cm de espesor y entre 112 y 145 cm. de ancho", (www.eumed.net).

Históricamente, China tenía el sistema más antiguo de caminos terrestres conocido, además entre los caminos más antiguos conocidos datan los de Asiria.

Los romanos llevaron sus técnicas para la construcción de las vías terrestres a un nivel muy alto y la finalidad de éstas, era facilitar la movilidad de sus legiones.

Al respecto la página www.eumed.net, señala que los arquitectos e ingenieros italianos del siglo XVI, fueron los más interesados en el estudio de las técnicas para la construcción de sistemas carreteros.

Actualmente, en México "existe una política de desarrollo de vías terrestres sustentada en varios factores tales como, la estabilidad económica, la reforma fiscal y la necesidad de generar empleos, esta política permite la formulación de planes coordinados para todo el Gobierno Federal" (Secretaría De Obras Públicas SCT;1974:2).

Con base en estos lineamientos, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, cuenta con un marco donde quedan inscritas sus actividades, esto para definir las metas por cubrir en la expansión y mejoramiento de vías carreteras, férreas y aeropuertos.

Planteamiento del Problema.

Los habitantes del municipio de Lázaro Cárdenas y la población de Guacamayas, Michoacán, poseen una zona agrícola muy rica en variedad y producción de cultivos de magnífica calidad, además, cuentan con lugares de interés turístico, cabe mencionar también la importancia para la metalurgia.

Tienen un acceso que conecta su carretera estatal (Guacamayas – Lázaro Cárdenas); no obstante este entronque que actualmente existe presenta una problemática en su diseño geométrico, señalamiento tanto vertical como horizontal y en obras complementarias, lo cual ha provocado que se vuelva en punto de conflicto. Ante esta necesidad se tendrá que definir ¿Cuáles serán las modificaciones a realizar al diseño geométrico del entronque Guacamayas?, tomando en cuenta las características topográficas del lugar, la necesidad del libramiento, la cercanía con el Aeropuerto, la reducción a dos carriles al entrar a Guacamayas, el área disponible para su proyección, construcción, seguridad de los usuarios, tanto vehiculares como peatones y otras variables que intervendrán en la definición final de las características geométricas.

Objetivos.

Objetivo general:

Realizar la revisión del proyecto geométrico de la intersección en el libramiento Guacamayas, sobre la carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas.

Objetivos específicos:

1. Definir qué es una intersección.
2. Establecer los tipos de intersecciones que existen.
3. Presentar una alternativa de solución del proyecto geométrico de la intersección en el libramiento Guacamayas, en la carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas.

Pregunta de investigación.

1. Geométricamente ¿Cuál deberá ser el diseño para la realización de una intersección en el libramiento Guacamayas, carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas?
2. ¿Qué se entiende por Proyecto Geométrico?
3. ¿Cuáles son los tipos de intersecciones que existen?
4. ¿Qué elementos debe tener una intersección?
5. ¿Qué factores intervienen en el diseño de una intersección?

Justificación.

El presente trabajo de investigación es de gran importancia, ya que impactará de manera decisiva en la seguridad y comodidad con que los usuarios que circulan a través de este camino, puedan obtener la mayor seguridad posible al cruzar por esta intersección.

El beneficio a la población se traducirá en que al realizar las modificaciones geométricas al entronque se minimizará la posibilidad de un accidente que afecte a los usuarios.

A continuación se marcarán los puntos principales que justifican el presente proyecto de tesis y que puede beneficiar a:

- Al investigador: Al resolver la duda que lo llevó a iniciarla.
- A la comunidad de Ingenieros Civiles: Por que se realizaran diferentes aportes llevando a cabo la investigación y la revisión del diseño.
- A los estudiantes de Ingeniería Civil: Ya que se esta aportando con nuevo material para futuras investigaciones, puesto que será un documento de consulta, para ayuda a todos los interesados en el tema de vías terrestres y en particular en proyecto geométrico.
- Los usuarios que circulan a través de la Ciudad de Lázaro Cárdenas – Guacamayas y tienen como destino las poblaciones de Zihuatanejo y el centro de Guacamayas. Ya que se les brindara mayor seguridad al circular por la intersección.

Delimitación.

El presente trabajo de investigación sólo comprende la realización de las revisiones y modificaciones geométricas del entronque Guacamayas, para cuya realización se apoyó en los siguientes autores y fuentes bibliográficas:

Para lo referente a las vías terrestres y proyecto geométrico se obtuvo apoyo de:

- Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
- www.ecumed.net.
- José Alfonso Mier.
- G. Carlos Arias Rivera.

Para el capítulo de marco de referencia se obtuvo apoyo de:

- Página web de servicios técnicos de la SCT, <http://dgst.sct.gob.mx/>.
- Página web de la SCT, <http://www.sct.gob.mx/>.
- <http://www.michoacan.gob.mx>.
- www.googleearth.com

Para el capítulo de metodología se apoyo en los siguientes autores:

- Hernández S., Roberto y Cals.
- Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

CAPÍTULO 1

LAS VÍAS TERRESTRES.

En el presente capítulo se abordará el concepto de camino, así como sus antecedentes. Por otro lado se conceptualizarán los elementos que intervienen en un camino, además de los diferentes factores con que debe contar para su correcto funcionamiento.

1.1. Antecedentes de los caminos.

Los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal, es decir veredas que las tribus construían para viajar a conseguir víveres. Históricamente, se encontraron vestigios en los valles de los ríos Nilo, Éufrates y Ganges, que hacen suponer que el hombre de hace 10,000 años, dejó de ser nómada y conoció la agricultura. Y que hace 6,000 años empezaron las primeras civilizaciones, y con ellas la necesidad de transportarse de un lugar a otro, ya sea para cambiar de lugar de asentamiento o para la introducción de mercancías necesarias para la supervivencia.

Los pueblos Egipcios y Asirios para esta época ya eran pueblos bien establecidos, e iniciaron el desarrollo de caminos para una ruta entre Asia y Egipto. “Los cartaginenses, construyeron caminos de piedra sobre la costa sur del Mediterráneo, 500 años A.C. que posteriormente copiaron los romanos”. (José Alfonso Mier S; 1987:1).

A una perfecta red de caminos, los romanos deben su florecimiento, puesto que las distancias se acortaron gracias a los conocimientos de sus ingenieros que vencieron distintos obstáculos.

En relación a lo mencionado por Olivera Bustamante (2006), en América y particularmente en México, existían caminos peatonales durante el imperio de las civilizaciones maya y azteca.

1.1.1 Historia de los caminos en México.

Los conquistadores españoles al llegar a la nación, se percataron que los pobladores carecían de vehículos de transporte y además de que no tenían conocimiento de la rueda, no obstante se contaba con un gran número de calzadas de piedra y una basta cantidad de caminos senderos y veredas.

De acuerdo con Mier S, (1987), los aztecas y los mayas, destacaban en la construcción de caminos, que eran utilizados para sus actividades religiosas, comerciales y bélicas.

En lo referente a la modificación de los caminos existentes, “Tiene su origen en el uso de animales de tiro y carga, así como el uso de las carretas y la necesidad de comunicar en centro de la Nueva España con los puertos marítimos, para hacer llegar los productos diversos del país”, (José Alfonso Mier S: 1987:2).

Años después, la situación creada por la guerra de independencia, impidió la creación de nuevos caminos. Según Mier S (1987), diferentes regímenes decretaron algunas leyes relativas a las vías terrestres, entre ellas destacan la del 1 de junio de 1839, 2 de diciembre de 1842 y 27 de noviembre de 1846, creando la Dirección General de Colonización e Industria.

El licenciado Benito Juárez, entonces Presidente de la república, el 19 de noviembre de 1846, sustituye el impuesto de peaje, creando uno dedicado a la conservación de caminos.

En 1910, la revolución mexicana, “Provocó en el país una conmoción profunda, que por largos años impidió la realización de todo intento de carácter constructivo”. (José Alfonso Mier S; 1987:2).

Hasta la aparición del automóvil, las características de los caminos estaban adecuadas para vehículos de tracción animal, pero el desarrollo del automóvil capaz de viajar a velocidades desconocidas en aquel entonces, obligó a modificar y mejorar los caminos para satisfacer las nuevas necesidades.

Al crearse la Comisión Nacional de Caminos, por la ley del 30 de marzo de 1925, expedida por el presidente en ese entonces, el General Plutarco Elías Calles, se inicia la construcción de nuevos caminos además del mejoramiento y conservación de los que ya existían. Y para solventar ese gasto, se aplicó un impuesto a la gasolina en tres centavos por litro.

Desde 1982, la SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se encarga de los asuntos relacionados con los caminos en México.

Actualmente, se construye arduamente y al máximo que permita la capacidad económica del país, una extensa red de caminos de todos tipos, que van desde los de cuota de altas especificaciones, hasta las brechas más modestas.

1.2. Inventario de caminos.

Para obtener un correcto inventario de caminos, se pueden seguir varios procedimientos, tales como recorrer el camino en un vehículo anotando los kilometrajes que marca el odómetro o hacerlo con medios topográficos que son mucho más precisos y podemos obtener los resultados instantáneamente además

de poder consultar los resultados en campo, sin necesidad de estar en la mesa de trabajo.

De estos procedimientos, “El primero no llenaría los requisitos necesarios que se necesitan para un inventario, y el ultimo tiene el inconveniente de resultar demasiado costoso”. (José Alfonso Mier S; 1987:5).

1.2.1. Método Odógrafo – Giróscopo - Barométrico.

De conformidad con lo mencionado por Mier S (1987), es un método que combina precisión, rapidez, y además economía. Los datos que se deben obtener para realizar un inventario de caminos son: planta del camino, perfil, itinerario, configuración del terreno, características de rodamiento, sección transversal, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, visibilidad, señalamientos, obra de drenajes, cruces o entronques con otras vías, características de las poblaciones por las que pasa el camino, uso de la tierra a los lados del camino, etc.

El kilometraje es medido en cada punto por un sistema odométrico por medio de un dispositivo que registra el número de vueltas efectuadas por la rueda delantera izquierda del vehículo. La distancia y dirección se combinan en el odómetro mecánicamente, y a su vez mueve el lápiz que realiza el trazo.

El perfil se obtiene por medio del barómetro que puede medir desniveles hasta de tres metros. A partir de este perfil se obtiene el alineamiento vertical y en ciertos casos pueden los resultados ser comprobados con el nivel de mano, si las pendientes son muy pronunciadas.

El alineamiento horizontal, “Se obtiene de los datos tomados en el registro de curvatura, leyendo los kilometrajes del PC (principio de curva) y el PT (principio de tangente), en el contador del odómetro y los azimutes en el Giróscopo”. (José

Alfonso Mier S; 1987:5). Para comprobar el azimut que marca el Giróscopo, se usan las lecturas observadas en la brújula de control remoto.

Los datos obtenidos en campo se pasan con discos magnéticos, que los tabula, calcula y transcribe a una computadora electrónica.

1.2.2. Aplicación del inventario de caminos.

Una de las aplicaciones principales es obtener la capacidad de los caminos que integran la red. Mier S (1987). Las principales características de la geometría de un 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 y vertical, además de la distancia de visibilidad de rebase”. (José Alfonso Mier S; 1987:7). Con todos estos datos obtenidos se puede calcular la capacidad del camino en sus diferentes tramos.

Una vez que se tiene el inventario de caminos, es necesario mantenerlo actualizado de los cambios efectuados, haciendo un registro de las modificaciones con su respectiva fecha, esto con la finalidad de tener la información al día.

1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto.

La ingeniería de tránsito, es una variante de la ingeniería que trata el movimiento de las personas y vehículos en las calles o caminos, con la finalidad de hacerlos mas eficaces, libres, rápidos y sobre todo seguros. El proyecto geométrico de un camino “Esta basado en ciertas características físicas del individuo como usuario del camino, de los vehículos y del camino mismo”. (SCT; 1974:63).

1.3.1. El problema del tránsito.

Esta problemática radica principalmente en una gran incongruencia entre los vehículos modernos y los caminos anacrónicos en los que se desplaza. Por ejemplo: las ciudades modernas son trazadas en forma reticular, al igual que en la antigüedad, y sobre estas calles los vehículos no pueden desplazarse naturalmente, por que están diseñados para moverse en curvas amplias, ocasionando estas deficiencias congestionamientos viales y accidentes.

Gran cantidad de nuestros caminos, son mejoramientos de las rutas antiguas, por otro lado fueron pensados para un vehículo de proyecto de hace cuarenta años, por lo que no cumplen con las necesidades de los vehículos modernos, ya que estos han sufrido cambios drásticos durante los últimos cincuenta años.

El problema de tránsito se debe principalmente a varios factores que son: “La existencia de diferentes tipos de vehículos, vías de comunicación inadecuadas, falta de planificación en el tránsito, falta de educación vial y la ausencia de leyes y reglamentos que se adapten a las necesidades del usuario”. (José Alfonso Mier S; 1987:21).

1.3.2. Solución al problema del tránsito.

Para solucionar este problema se tienen tres tipos de solución que son: solución integral, solución parcial de alto costo y solución parcial de bajo costo.

Solución integral: se construye un nuevo tipo de camino, adecuado al vehículo moderno y que sea funcional durante un tiempo razonable, aunque esto es casi imposible en las ciudades actuales, por que se tendría que prescindir de lo que se tiene construido.

Solución parcial de bajo costo: se trata de sacar lo mejor de los caminos ya construidos, realizando ciertos cambios que implican fuertes inversiones, como lo son el ensanchamiento de calles, construcción de intersecciones, arterias de acceso, estacionamientos públicos y sistemas de control de tránsito automáticos.

Solución parcial de bajo costo: es aprovechar al máximo los caminos existentes, con un mínimo de obras materiales, además de mayor regulación y funcionalidad del tránsito.

1.3.3. Elementos de tránsito.

Dentro de los elementos de tránsito, se mencionan tres, que son: el usuario, el vehículo y el camino.

1.3.3.1. El usuario.

En el proyecto geométrico de carreteras, así como en la planeación, se requieren conocimientos acerca de las características físicas y fisiológicas del usuario del camino, ya que es el elemento más crítico en cuanto a la determinación de las características del tránsito.

El peatón, “Se caracteriza por su gran elasticidad de movimiento y su posibilidad de adaptación a las condiciones existentes”. (José Alfonso Mier S; 1987:22), no obstante está inadaptado a la era motorizada y desconoce las características del vehículo, además de las restricciones físicas de sí mismo para detener un vehículo en unos cuantos metros.

El conductor es el medio que controla el vehículo, siendo este el responsable de su buen manejo. De esta forma un vehículo puede convertirse en un objeto

de primera necesidad y a su vez en un arma homicida que con un simple movimiento de un pedal, puede acabar con la vida de las personas

Al respecto, la SCT (1974), señala que existen algunas condiciones ambientales que pueden afectar el comportamiento del usuario, como son: el uso de la tierra y sus actividades, el estado del tiempo y la visibilidad, las obras viales como carreteras, ferrocarriles, puentes y terminales, además de la corriente del tránsito.

Respecto a la visión del conductor, indudablemente es el mas importante de los sentidos, ya que a través de el se obtiene información de lo que acontece en el entorno. Muchos de los problemas del proyecto, requieren conocimiento de las características de la visión humana.

Uno de los datos más importantes acerca del ojo, es la agudeza visual. La agudeza visual máxima tiene lugar en una pequeña porción del campo visual, y es limitada por un cono cuyo ángulo es de tres grados; es bastante sensible dentro de un cono visual que va de cinco a seis grados, irregularmente clara en 10 grados siendo este punto donde la agudeza visual disminuye.

En todos los conductores, se produce la visión de túnel " al aumentar la velocidad disminuye el ángulo de visibilidad, y aumentar la distancia a que está enfocada la vista, es decir, a 30 km/h el ángulo es 100° y la vista esta afocada a 150 metros. A 96 km/h el ángulo se reduce a 40° y la distancia aumenta hasta 500 metros". (José Alfonso Mier S; 1987: 24). Esto implica que en los caminos que pasan por poblaciones, la velocidad debe ser reducida, de no hacerlo, los detalles laterales no podrían ser percibidos con claridad para atender una emergencia.

El conductor necesita cierta cantidad de tiempo para darse cuenta de una determinada situación, como lo es realizar una intersección de izquierda a

derecha, y determinar si se puede cruzar, aproximadamente se necesita un segundo. En la noche, la percepción se reduce a un 35% de lo normal, cuando el conductor se encuentra frente a las luces de otro vehículo, la pupila se contrae, y toma aproximadamente tres segundos acostumbrarse a la luz, por otro lado se requieren seis segundos para que la pupila recupere su tamaño normal.

A un breve intervalo de tiempo, entre ver, oír, sentir y empezar a actuar en respuesta a una situación de tránsito o del camino, se le conoce como tiempo de reacción. Así mismo, el conductor requiere de un lapso de tiempo para la percepción, intelección, emoción y volición. Por lo tanto, mientras más compleja sea la situación, se requerirá de más tiempo para hacer una evaluación apropiada.

El tiempo necesario para esta acción, puede variar desde 0.5 segundos tratándose de situaciones simples y de 3 a 4 segundos para situaciones complejas. La siguiente tabla esquematiza la respuesta a los estímulos visuales, audibles y del tacto.

Estimulo.	Tiempo de reacción en segundos.
Luz	0.18
Sonido	0.14
Tacto	0.14

Tabla 1.2. Respuesta a diferentes estímulos.

1.3.3.2. El vehículo.

Los caminos tienen como propósito permitir la circulación rápida, económica, segura y cómoda, por lo que la carretera debe proyectarse con las características del vehículo que va a transitar, considerando las reacciones además de limitaciones del conductor.

Clasificación del vehículo.

Generalmente "los vehículos que transitan por una carretera pueden dividirse en el vehículos ligeros, vehículos pesados y vehículos especiales". (SCT; 1974: 68). Vehículos ligeros, pueden ser de carga o pasajeros, tienen dos ejes y cuatro ruedas, por ejemplo los automóviles, camionetas y camiones pequeños de carga o pasajeros. Vehículos pesados, se destinan principalmente al transporte de carga y pasajeros, tienen dos o más ejes y pueden tener seis o más ruedas. Vehículos especiales, eventualmente transitan por un camino, tales como: camiones y remolques especiales para transportar troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, etc.

Características geométricas y de operación.

En un proyecto se debe tener muy en cuenta las características geométricas y de operación de los vehículos, según (SCT, 1974), las características geométricas, se definen por las dimensiones y el radio giro. Las características de operación están ligadas a la relación peso/potencia, que al ser combinadas con las características del conductor y del vehículo, determinan la capacidad de aceleración y desaceleración, estabilidad en curvas y costo de operación. Para que una carretera funcione eficientemente durante un número de años, "no deberán proyectarse los caminos solamente en función de las características del vehículo actual, si no que deberán analizarse las tendencias generales de esas características a través de los años, para prever hasta donde sea posible en las modificaciones futuras". (SCT; 1974: 68).

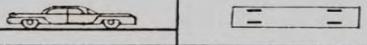
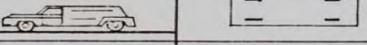
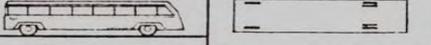
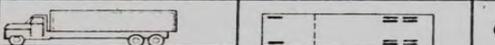
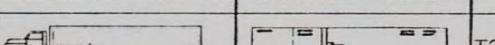
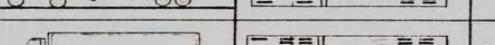
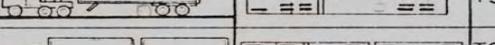
TIPO DE VEHICULO	NUM. DE EJES	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES		PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS	
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2		Ap	—	100	46	58
	CAMIONETAS	2		Ac			12	
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B	100	100	12	42
	CAMIONES	2		C2			73	
		3		C3			13	
				T2-S1				
		4		T2-S2			7	
		5		T3-S2			7	
			T2-S1-R2					
OTRAS COMBINACIONES								
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		E _n n = variable	VARIABLE			
	MAQUINARIA AGRICOLA							
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS							
	OTROS							

Tabla 1.3.1. Clasificación general de los vehículos.

De la siguiente tabla, se obtienen las dimensiones de los vehículos ligeros y pesados, usados en un proyecto geométrico de carreteras. De donde:

L = Longitud total del vehículo.

DE = Distancia entre dos ejes más alejados de la unidad.

DET = Distancia entre dos ejes más alejados del tractor.

DES = Distancia entre la articulación y el eje del semirremolque, cuando el semirremolque tiene ejes en tándem, esta distancia se mide hasta el centro del tándem.

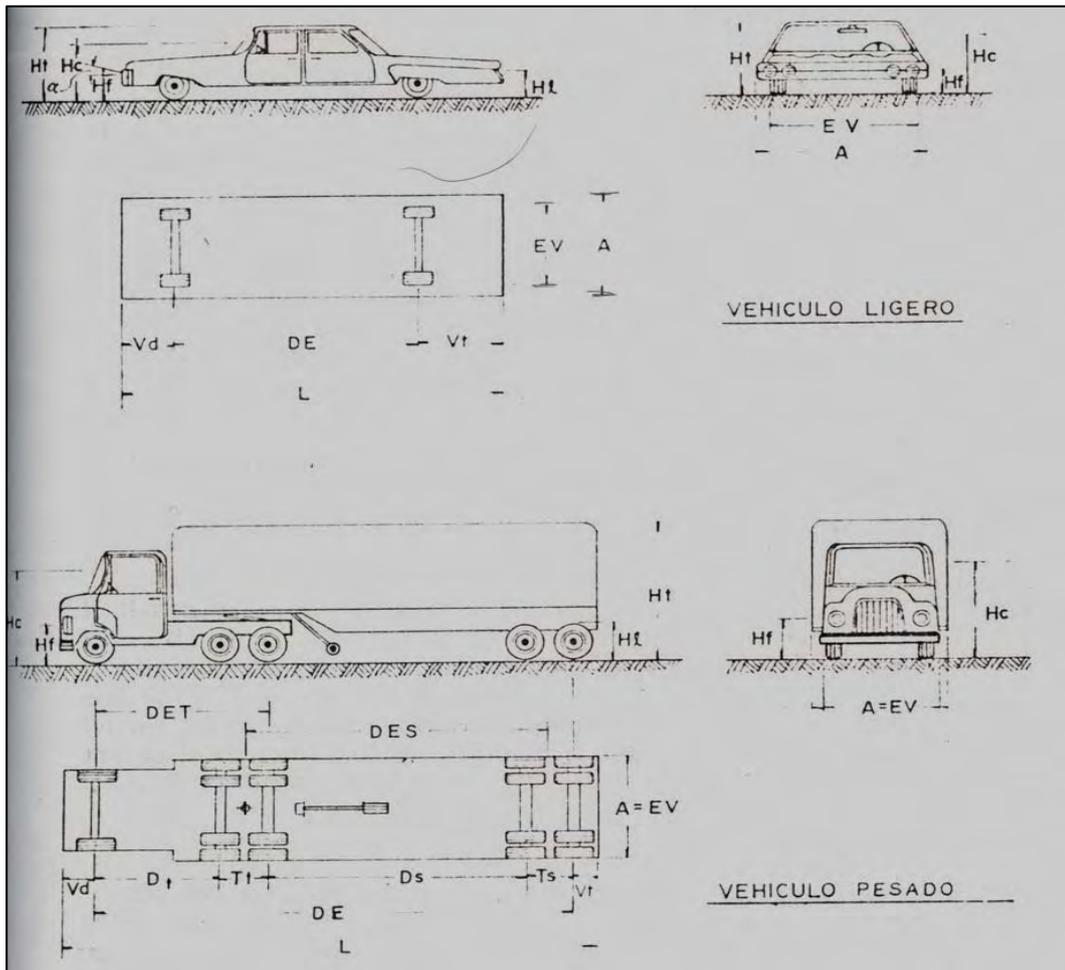


Tabla 1.3.2. Dimensiones de los vehículos.

Vd = Vuelo delantero.

Vt = Vuelo trasero.

Tt = Distancia entre los ejes del tándem del tractor.

Ts = Distancia entre los ejes del tándem al semirremolque.

Dt = Distancia entre el eje delantero y el primer eje del tándem.

Ds = Distancia entre el eje posterior del tándem del tractor y el eje delantero del tándem del semirremolque.

A = Ancho total del vehículo.

EV = Distancia entre las caras extremas de las ruedas (entre vía).

Ht = Altura total del vehículo.

Hc = Altura de los ojos del conductor.

Hf = Altura de los faros delanteros.

Hl = Altura de las luces posteriores.

α = Angulo de desviación del haz luminoso de los faros.

1.4. Velocidad.

La velocidad es muy importante para el proyecto de un camino, ya que de este factor depende la seguridad con que las personas y mercancías se mueven sobre este. De acuerdo a la (SCT, 1974), existen cuatro tipos de velocidad que son: de proyecto, de operación, de punto y efectiva.

1.4.1. Velocidad de proyecto.

La velocidad de proyecto, es la máxima para poder ofrecer seguridad en un tramo a lo largo de un camino. Regularmente tiene que ser congruente al carácter del terreno y tipo de camino.

Existen varios factores para poder determinar la velocidad de proyecto como lo son: la topografía de la región, tipo de camino, volumen de tránsito y el uso de la tierra. Para un terreno plano o en lomerío suave, se tiene una velocidad de proyecto mayor que en un terreno montañoso, por otro lado un camino que tiene un volumen de tránsito grande, puede tener una velocidad de proyecto mayor que otro menos importante topográficamente.

Siempre que sea posible, se debe proyectar el camino con una sola velocidad de proyecto, "la velocidad supuesta para un proyecto debe acomodarse a los deseos y hábitos de circulación de la mayoría de los conductores", (SCT; 1974: 39).

1.4.2. Velocidad de operación.

Es la velocidad sostenida en un tramo a lo largo de un camino, mientras que el vehículo está el movimiento. Se utiliza la velocidad de un punto, para obtener la velocidad de operación en un camino, y la velocidad operación es afectada por volumen del tránsito que circula por el camino.

1.4.3. Velocidad de punto.

Se llama velocidad de punto a la que lleva el vehículo cuando pasa por un punto dado el camino, de acuerdo a (SCT, 1974), las características de operación vayan poco para tramo pequeños de un camino, la velocidad de punto, se consideran representativa de la velocidad operación. Existen diferentes maneras para medir la velocidad de punto, siendo la más simple y conocida con un aparato llamado enoscopio, este funciona como un periscopio colocado horizontalmente, los vehículos se observan al pasar por una marca frente al observador, el quién acciona un cronómetro cuando el vehículo pasa frente a él, esto para medir el tiempo que tarda en pasar por una segunda marca que se observa a través del enoscopio.

1.4.4. Velocidad efectiva global.

La velocidad efectiva global, "sirve para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas, ya sean unas con otras o bien en una misma ruta, cuando se han hecho cambios y se requieren medir los efectos", (SCT; 1974: 44). Se define como la velocidad mantenida por un vehículo a lo largo de un camino, y la manera de obtenerla es dividiendo la distancia total recorrida, entre el tiempo empleado.

1.5. Volumen de tránsito.

Volumen de tránsito, es el número de vehículos que se mueven en una dirección especificadas sobre un carril o carriles dados, que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto periodo de tiempo. La hora y el día, son los períodos más usuales.

Volumen promedio diario anual "VPDA", es el número de vehículos que pasan por un punto del camino, en el transcurso de un año dividido en 365 días.

Volumen máximo horario anual "VMHA", es el volumen horario más alto en un determinado año.

El VPDA, no es recomendable para el proyecto de un camino puesto que no indica la variación que ocurre durante los meses del año, días de la semana y horas del día, por otro lado, el VHMA es el más cercano a las condiciones de operación, pero por su aplicación resultan obras muy sobradas. Se puede determinar el volumen horario apropiado para un proyecto, formando una gráfica que muestre las variaciones de volumen horario durante un año.

En caminos rurales de dos carriles, el tránsito total en las dos direcciones de circulación, es el VHP, mientras que en caminos de más de dos carriles y carreteras dos carriles con intersecciones importantes es indispensable conocer al volumen horario en cada dirección.

1.5.1. Conteos del tránsito.

El volumen de tránsito se tiene de datos estadísticos o directamente de conteos del tránsito, estos conteos pueden ser de forma manual mecánica.

1.5.1.1. Conteos reforma manual.

La forma más sencilla para realizar un conteo manual es mediante muestreos, y se ejecutan durante un periodo corto tiempo que varía de cinco a diez días continuos. Se procura en un primer caso incluir un fin de semana, y en el segundo, un sábado, dos domingos y dos lunes. Convenientemente, el muestreo tendrá que ser de 24 horas diariamente en el primer caso, y en el segundo caso, de 24 horas en los primeros cinco días, y desciende a 19 horas dos días restantes.

1.5.1.2. Conteos mecánicos.

En este caso, el conteo vehicular se realiza automáticamente por medio de dispositivos, los cuales pueden ser:

- Contadores neumáticos: se componen de un tubo goma flexible, instalado transversalmente a la carretera, con un extremo cerrado y el otro unido al contador. Su función es sencilla, pues al pasar un vehículo ejerce presión en el tubo, y esta operación se transmite a una membrana que actúa sobre el contador.
- Contadores electromagnéticos: se constituyen de un circuito bifilar, y por dos cables. Por uno de ellos pasa una corriente eléctrica de alta frecuencia y provocan en el otro una corriente inducida. El paso a los vehículos genera un cambio en la intensidad de la corriente que se recoge en un registro, el inconveniente es que no clasifica los vehículos.
- Contadores de presión-contacto: generalmente se usan en caminos de cuota y se componen por un electroimán colocado en una caja bajo la superficie de rodamiento, una tapa metálica sensible a la presión, cada

vez que un vehículo pasa sobre ella, produce una corriente eléctrica que se registra.

1.5.2. Estudios de origen y destino.

Este estudio se considera el más completo para el aforo vehicular, ya que registra los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, origen y destino del viaje, tipo de carga y tonelaje, número pasajeros, dificultades durante el recorrido, productos transportados, modelo en marca del vehículo.

Existen cuatro maneras de llevar a cabo los estudios de origen y destino:

- Por medio de entrevistas al conductor.
- Entregando conductor un cuestionario en una estación de aforo, para que lo llene y entregue en la próxima estación.
- Mediante entrevistas personales hechas en el domicilio del usuario.
- Mediante la observación de placas de los vehículos en diferentes puntos.

Es muy importante hacer los estudios origen y destino en los cruces de caminos que tengan fuertes volúmenes de tránsito, ya que de esta manera se tendrán datos mas apegados a la realidad, puesto que es donde se observa mas afluencia vehicular que en otras partes del camino.

1.6. Densidad de tránsito.

A un número de vehículos que se encuentran en un tramo del camino y en un momento determinado se le llama densidad de tránsito. Si la velocidad permanece constante, habrá una relación lineal entre volumen y la densidad, pero

realmente, al aumentar el volumen, disminuye la velocidad con que viajan los conductores y la relación entre densidad y volumen resulta que no es lineal en la práctica. "Suele confundirse con el volumen de tránsito, este 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 al que cuando tanto que la densidad es muy alta", (SCT; 1984: 55).

1.7. Derecho de vía.

Derecho de vía, es una franja de terreno de un ancho suficiente, para alojar una vía de comunicación. Se establece atendiendo condiciones técnicas relacionadas a la seguridad, utilidad especial y eficiencia del servicio. En México el derecho de vía tiene una amplitud mínima de 40 metros, es decir 20 metros a cada lado del eje. Puede aumentarse o disminuirse en casos especiales, por ejemplo: se disminuye en una zona urbana y puede aumentarse en una autopista.

En la República Mexicana el procedimiento para la adquisición del derecho de vía, cambia de acuerdo al tipo de camino de que se trate, atendiendo el origen de los recursos con que se construirá: federales, de cooperación bipartita o de cooperación tripartita.

El procedimiento a seguir para la adquisición del derecho de vía se rige por el artículo de la "Ley de vías generales de comunicación", expedido el 30 de diciembre de 1939.

"Artículo primero. Son vías generales de comunicación:

Los caminos.

- Cuando se entronquen con alguna vía de un país extranjero.
- Cuando comuniquen a dos o más entidades Federativas entre sí.

- Cuando en su totalidad sean construidas por la Federación.

Los puentes.

- Los ya construidos o que se construyan sobre las líneas divisorias internacionales.
- Los ya construidos o que se construyan sobre las vías generales de comunicación.
- La construcción de puentes será previo permiso de la secretaría de la defensa Nacional y de Obras Públicas.

Artículo segundo. Son parte integrante de las vías generales de comunicación:

- Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas.
- Los terrenos y aguas que sean necesarios para el derecho de vía y para el establecimiento de los servicios y obras a que se refiere la fracción anterior. La extensión de los terrenos y aguas y el volumen de éstas se fijará por la Secretaría de Obras Públicas". (SCT; 1974: 58).

1.8. Capacidad y nivel de servicio.

El nivel de servicio indica las condiciones de operación que un conductor experimentó durante un viaje, varía principalmente con el volumen de tránsito.

1.8.1. Capacidad de un camino.

Es el máximo número de vehículos que pueden transitar por un camino, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y del camino, en cierto periodo de tiempo. "El período de tiempo que se considera en las determinaciones de capacidad, debe ser perfectamente definido" (SCT; 1974: 59), así entonces en períodos cortos como de una hora o menos la capacidad es el máximo tránsito sostenido un periodo de tiempo especificado. En períodos largos, de un día o un año, la capacidad depende de los deseos de los conductores, quienes originan variaciones horarias, diarias y estacionarias de un promedio de volumen.

Los alineamientos horizontal y vertical, además del número y ancho de carriles, son condiciones prevalecientes del camino. Y estas características no cambian a menos de que se trate de una reconstrucción del camino.

Existen factores, que afectan a la capacidad, tales como: la claridad, frío, tormenta, calor, lluvia, nieve, smog y niebla.

1.8.2. El nivel de servicio.

Es una medida del efecto de una serie de factores como lo son: la velocidad, el tiempo de recorrido, interrupciones de tránsito, seguridad, comodidad y libertad de manejo, además de los costos de operación.

1.8.3. Volumen de servicio.

Los caminos tienen diferentes características geométricas, que son reflejadas principalmente en su sección transversal y en las pendientes, según sea el tipo terreno por donde cruza camino:

- Caminos en terreno plano: mantienen los vehículos pesados a una velocidad semejante a la de los ligeros.
- Caminos en lomerío: obliga a los vehículos pesados a reducir su velocidad por debajo de la de los ligeros, en algún tramo del camino.
- Caminos en montaña: los vehículos pesados o trabajo a velocidades muy bajas, en distantes importantes y con frecuencia.

1.8.4. La capacidad y sus objetivos.

Atiende la solución de los problemas básicos en ingeniería de caminos:

- Cuando se trata de una obra nueva, la capacidad influye en las características geométricas del nuevo camino, permitiendo a tener un volumen de servicio por lo menos igual al volumen horario de proyecto.
- Cuando se desea saber las condiciones operación de un camino existente, se determinó su nivel de servicio y la fecha probable en que se saturará.

1.8.5. Capacidad para condiciones de circulación continúa.

La capacidad de un camino varía en la medida en que sus características geométricas y de operación difieren de las condiciones ideales, dichas condiciones son:

- Circulación continúa.
- Únicamente vehículos ligeros.
- Carriles de 65 metros de ancho con acortamiento si sin obstáculos laterales en 1.80 metros a partir de la orilla de calzada.

- Los alineamientos horizontal y vertical, adecuados a velocidad de proyecto de 110 km/h o más, sin restricción en la distancia de visibilidad rebase.

1.8.6. Niveles de servicio.

Existen elementos a considerarse para la evaluación del nivel de servicio, entre las principales existen las siguientes:

- Velocidad de operación y tiempo empleado en el recorrido.
- Interrupciones del tránsito, paradas por kilómetro, demoras y frecuencia en magnitud de cambio de velocidad.
- Libertad de maniobrar a la velocidad deseada.
- Seguridad.
- Comodidad de manejo.
- Economía del costo de operación del vehículo.

Si se llega a rebasar un límite de servicio, cae a un siguiente nivel. Se emplea el siguiente criterio para determinar la relación de la capacidad de nivel de servicio:

- El volumen en la capacidad, indican el número de vehículos ligeros por hora.
- Un nivel de servicio bien definido, es aplicable a un tramo de camino de gran longitud, aunque pueden presentarse variaciones en las condiciones operación en diferentes puntos con subtramos de la longitud total.
- La determinación de volumen y la velocidad operación, se hace para cada punto o subtramo del camino.

- Los elementos usados para medir la capacidad y niveles de servicio son variables y sus valores suelen ser fácilmente obtenidos de los datos disponibles.
- Para un caso práctico se establecen los valores de capacidad y la relación volumen-capacidad, para definir cada uno de los siguientes tipos de camino:
 - a) Autopistas y otras vías rápidas.
 - b) Otras carreteras con carriles múltiples.
 - c) Carreteras de dos y tres carriles.
 - d) Arterias y calles urbanas.
 - e) Calles del centro de la ciudad.

Se han seleccionado seis niveles de servicio, designados con letras, según sea la importancia de estos.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Los factores que indican el nivel de servicio están determinados por la velocidad y tiempo de recorrido, la comodidad y la seguridad vial.

- Nivel A: Representa una circulación a flujo libre. (Óptimo).
- Nivel B: Flujo estables, aunque se observan otros vehículos integrantes en la circulación.
- Nivel C: Flujo estable. La facilidad de maniobra comienza a ser restringida y la velocidad se afecta por otros vehículos.
- Nivel D: La velocidad y facilidad de maniobra se ven seriamente restringidas.
- Nivel E: El funcionamiento se encuentra cerca del límite de la capacidad.

- Nivel F: Son condiciones de flujo forzado. (Congestión).

Los factores internos que afectan el nivel de servicio son las variaciones de velocidad, en el volumen, composición del tránsito, porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales. Los factores externos son características físicas como ancho de los carriles, distancia de obstáculos laterales, las pendientes, peraltes, visibilidad, etc. En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la vía a esto se le llama Flujo de servicio. Éste flujo va aumentando a medida que el nivel de servicio disminuye su calidad, hasta llegar al nivel E; Las variaciones en el flujo se originan por cierta cantidad de vehículos que entran y salen del tramo en estudio, en ciertos puntos a lo largo de él. Para el nivel del servicio se debe hallar la densidad, velocidad media de recorrido, demoras y relación flujo capacidad.

1.9. Distancia de visibilidad.

Todo conductor debe ser capaz de ver la carretera que está por transitar, con el fin de navegar, guiar y controlar su vehículo. Esta distancia de visibilidad frontal no debe ser menor que la distancia requerida para hacer alto, conocida como distancia de visibilidad de parada (DVP).

1.9.2. Distancia de visibilidad de parada (dvp).

Es la distancia necesaria para que conductor, viajando a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en la línea de circulación. "Para consideraciones de distancia de visibilidad de parada se supone que el ojo del conductor está a 1.15 metros sobre el pavimento y que el objeto tiene una altura de 15 cm.". (SCT; 1974: 93).

Se compone principalmente de los términos:

- Distancia recorrida desde que se percibe un objeto en la línea de acción, hasta que el conductor aplica el freno. (d_r), distancia de reacción.
- Distancia recorrida desde un momento que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene por completo. (d_f), distancia de frenado.

1.9.3. Distancia de visibilidad de rebase (D_r).

Es la distancia que necesita un vehículo para adelantarse a otro sobre su misma línea de circulación, sin peligro de colisionar con otro que aparezca en sentido contrario. Según lo señalado por la (SCT, 1974), en caminos de dos sentidos con dos carriles, los vehículos rápidos tienen que rebasar a los vehículos lentos, teniendo que ocupar durante cierto tiempo el carril que es usado normalmente por el tránsito de sentido contrario. "La distancia de visibilidad de rebase, se debe determinar sobre la base de una longitud necesaria para efectuar la maniobra con seguridad". (SCT; 1974: 94).

1.10. Mecánica de suelos.

La mecánica de suelos, es una parte muy importante en la construcción de caminos, principalmente para conocer las características de los materiales, haciéndole pruebas que consisten en realizar mediciones de diferentes clases a especímenes elaborados siguiendo procedimientos conocidos y estandarizados, estas pruebas para los materiales se dividen en pruebas de clasificación, de control y de proyecto.

1.10.1. Pruebas de clasificación para materiales pétreos.

Estas pruebas se aplican a los materiales pétreos y suelos en una vía terrestre y son: de granulometría, plasticidad, resistencia, expansión, valor cementante, densidad y adherencia con el asfalto.

- Granulometría: "la pruebas de granulometría de un material, sirve para determinar el porcentaje en peso de las partículas de diferentes tamaños que lo forman" (Fernando Olivera Bustamante; 2006: 98).
- Plasticidad: un material tiene plasticidad cuando se moldea con facilidad y sin cambiar su volumen, y su resistencia al corte es de 25 kg/cm². La plasticidad puede intervenir en la humedad, el peso volumétrico y la sensibilidad de las partículas material.
- Prueba de contracción lineal: es una medida de la plasticidad de la porción de los materiales que pasan por la malla 40. No se obtiene una maldad, sino una relación de longitudes.
- Expansión: consiste en un espécimen confinado, que se introduce en un tanque de saturación y se le coloca un extensómetro, con el que se hace una lectura inicial. Por la acción del agua, el material aumenta de volumen según su grado de plasticidad, se expande y se conserva hasta que en la expansión es imperceptible.
- Dureza: consiste en coloca el material, con una granulometría determinada, en un cilindro hueco de acero, junto con bolas de acero. Se hace girar el cilindro, en un determinado número de veces y finalmente se ven la cantidad de partículas finas que se produjeron.
- Prueba de destilación: esta prueba se realiza en asfaltos y emulsiones, se coloca el material en un recipiente conectado a un refrigerante. El

envase con producto asfáltico se calienta, y se evaporan los productos más volátiles, estos pasan por el refrigerante, se condensan y se reciben en una probeta. La parte superior del recipiente hay un termómetro que registra temperatura a la que cae la primera boca en la probeta, después registra el volumen obtenido a las diferentes temperaturas marcadas en los procedimientos de prueba.

- Prueba de penetración: se realiza en cementos asfálticos y en residuos de la destilación de rebajados y emulsiones asfálticas.

1.10.2. Pruebas de control.

Pueden ser las mismas pruebas de clasificación, además de pruebas de compactación, estas últimas pueden ser, de campo o de laboratorio. Las de laboratorio se clasifican en: estáticas y dinámicas.

1.10.3. Pruebas de proyecto.

Dentro de las pruebas de proyecto, se pueden tener las siguientes:

- Prueba Porter modificada.
- Pruebas de Hveem.
- Pruebas triaxiales.
- Aashto estándar y modificada.

Es muy importante, en la construcción de un camino, realizar las diferentes pruebas a los materiales, ya que estas, reflejan un buen control de calidad tanto los materiales, como en la infraestructura misma.

CAPÍTULO 2

PROYECTO GEOMETRICO.

En este capítulo se detallaran aspectos a tomar en cuenta para un proyecto geométrico como son: la selección de ruta del camino, la metodología del proyecto, los elementos que integran el señalamiento vertical, la sección transversal, se vera en que consiste el proyecto de subrasante, se estudiara el calculo de volúmenes y movimientos de terracerías, se mostrara el diseño de intersecciones y los dispositivos de señalamiento mas usuales.

2.1 Proceso para la selección de ruta.

Es muy importante en el proyecto Geométrico la selección de ruta, porque en base a la metodología de la ruta se obtiene una zona más ventajosa para la localización de un camino. La elección de la mejor ruta entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera.

2.1.1 Definición.

Se define como ruta, a la franja de terreno de un ancho variable entre dos puntos obligados, entendiéndose por puntos obligados a aquellos que el camino tiene que tocar de manera forzosa por factores técnicos, económicos, políticos, u otros, entre los cuales es posible localizar un camino.

La selección de ruta es un proceso en el que intervienen de manera conjunta estudios diversos, así como el acopio de datos y análisis de los mismos, así mismo

requiere de levantamientos de datos terrestres y aéreos, para buscar la solución más optima.

2.1.2 Acopio de datos.

De acuerdo con lo mencionado en el Manual de Proyecto Geométrico (SCT,1974); la topografía, la geología, la hidrología, el drenaje y el uso de la tierra, tiene un efecto muy importante en la localización y en la elección del tipo de carretera y conjunto con los datos de tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

Todo proyectista debe contar con cartas geográficas y geológicas, para poder ubicar esquemáticamente las diferentes rutas.

Para la zona de influencia de la obra en proyecto, se compilará la información sobre las obras existentes. Los datos de tránsito para carreteras existentes, se obtienen partiendo de los aforos que se realizan sistemáticamente en la red de carreteras, cuando es necesario se practican estudios de origen y destino. Para el caso específico de caminos nuevos, se calcula el tránsito, de acuerdo en las estimaciones pertinentes.

2.1.3 Reconocimientos.

Los reconocimientos del terreno se pueden ejecutar de diferentes maneras, como lo son: aérea, terrestre o una combinación de ambos, una vez constituidas las posibles rutas en los mapas geográficos.

2.1.3.1 Reconocimiento aéreo.

El reconocimiento aéreo tiene la ventaja de contar con la cualidad de observar el terreno desde una altura conveniente, abarcando grandes zonas. Se distinguen tres reconocimientos aéreos.

- El primer reconocimiento aéreo se lleva a cabo a bordo de una avioneta y su finalidad es distinguir o determinar las rutas más viables y deben realizarse las fotografías a escala 1: 50 000, para que tengan gran amplitud.
- 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 en el reconocimiento anterior. Al terminar, se delimita la zona que deberá cubrirse con fotografías a escala 1: 25 000.
- El tercer reconocimiento se lleva a cabo 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 es poco efectivo y solamente se efectúa cuando no es posible realizarlo de manera aérea. Su limitación principal es que el ingeniero localizador no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su línea.

Para poder ejecutarlo es muy importante contar con un guía que conozca la región, para que este reconocimiento que se haga sobre los mismos lugares que previamente se fijaron en la carta.

2.1.3.3 Reconocimiento combinado.

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

- Cuando no se cuenta con fotografías aéreas de la zona y se tiene la posibilidad de hacer el reconocimiento en helicóptero o avión.
- Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona pero no es posible continuar con el reconocimiento aéreo.

2.1.4 Fotogrametría.

De acuerdo con lo mencionado en el Manual de Proyecto Geométrico (SCT, 1974); el procedimiento para obtener planos de grandes extensiones por medio de fotografías, generalmente son realizadas desde una aeronave.

Así entonces el estudio de una ruta y su elección no es de la competencia de una sola persona, sino que deben trabajar en el problema un conjunto de especialistas que necesitan información cualitativa detallada y datos cuantitativos precisos.

Esta información se obtiene a través de los reconocimientos y de las fotografías aéreas, ya que éstas facilitan el estudio del terreno desde los puntos de vista topográfico, geológico y de uso de la tierra, permitiendo determinar la elección de una mejor ruta.

2.1.5 Evaluación de rutas posibles.

La elección de la mejor ruta entre varias posibles es un problema tal, que de su solución depende el futuro de la carretera.

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

2.2 Metodología del proyecto.

Es un conjunto de procedimientos que se siguen en una investigación de estudios y levantamientos topográficos. Estos se llevan a cabo con base en los datos previos, para situarlos en planos obtenidos de los levantamientos.

2.2.1 Generalidades.

Las inversiones hechas en obras públicas, en las que están incluidos los caminos, se deben producir los máximos beneficios a la colectividad con una mínima inversión posible.

Existen algunos principios de carácter universal en los que debe basarse el criterio del 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 las fallas.
- El empleo de una tecnología avanzada, debidamente probada permite una economía considerable en la construcción y operación de las obras.

- Los estudios hechos en la obra requieren del esfuerzo continuo, la observación profunda y el registro de todos los datos que intervienen, de alguna forma en el comportamiento de la estructura a proyectarse.
- Cada rama de proyecto debe contarse con ingenieros especialistas en esa materia. Esto se logra siempre que en cada disciplina se mantenga al personal al día, en relación con los avances en las distintas tecnologías que les correspondan.

2.2.2 Estudio Topográfico.

Los levantamientos topográficos se pueden realizar por métodos convencionales terrestres o con ayuda de la fotogrametría. Para poder elegir el procedimiento a emplear, se deben tomar en cuenta cuatro factores determinantes que son: la vegetación, la configuración topográfica, el plazo de ejecución y la accesibilidad a la zona. (SCT; 1974).

- a) Vegetación: La precisión en el procedimiento fotogramétrico electrónico depende de la altura, densidad y el tipo de vegetación existente.
- b) Configuración topográfica. En cuanto a la configuración el terreno, este se clasifica en: 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, este 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 económico, con la limitación de no poderse emplear en longitudes mayores a 10 km.
- c) Plazo de ejecución: Cuando el plazo de ejecución es corto, la toma de fotografías aéreas no puede realizarse de forma inmediata.
- d) Accesibilidad de la zona.- El acceso a la zona del camino en estudio es otro factor a considerar en la elección del procedimiento a seguir.

2.2.3 Anteproyecto.

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

El anteproyecto requiere de una evaluación exacta de la geometría de cada una de las opciones o posibilidades, así entonces 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, planimetría y altimétricamente y además que cumplan los requisitos establecidos buscando la economía con el menor movimiento de tierras posible.

2.2.3.1 Normas generales para el alineamiento horizontal.

Los diferentes elementos que intervienen para el cálculo del alineamiento horizontal, se discutirán con detalle posteriormente; sin embargo, existen normas generales que están reconocidas por la práctica y que son importantes para tener

una circulación cómoda y segura, entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

- a) La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
- b) La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
- c) La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta todos los casos, ya que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la visibilidad en sí.
- d) El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía.
- e) Para una velocidad de proyecto dada, se deberá evitar 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.
- f) Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
- g) En terraplenes altos y largos sólo son aceptables los alineamientos rectos o de muy suave curvatura, ya que es muy difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.
- h) En un camino abierto, debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas. Las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual o menor a 1.5.

- i) Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
- j) Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.
- k) Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
- l) 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.

2.2.3.2 Normas generales para el alineamiento vertical.

En el perfil longitudinal de una carretera, se le llama subrasante a la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de esta depende principalmente de la topografía de la zona atravesada, además de 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.

2.2.4 Proyecto definitivo.

En referencia a lo mencionado en el Manual de Proyecto Geométrico (SCT; 1974); El Proyecto definitivo el 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.

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

Con relación a las características geométricas, los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes de cortes y terraplenes y las elevaciones de subrasante.

Concerniente a las propiedades de los materiales que formarán, las terracerías, se dictan normas para su detección, explotación, manejo, tratamiento y compactación.

Las obras de drenaje quedarán definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruza el camino unidas a las características de los materiales en el cauce.

Buscando la máxima economía posible en la construcción de la carretera, se procede al cálculo de los movimientos de tierras por medio del diagrama denominado curva masa.

2.3 Elementos que integran el alineamiento horizontal.

2.3.1 Definición.

A una proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, se le llama alineamiento horizontal.

Los elementos que integran el alineamiento horizontal son:

- Las tangentes.
- Las curvas circulares.
- Las curvas de transición.

2.3.2 Tangentes.

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 Δ . La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas

son la mayor causa de accidentes debido a que llegan a provocar somnolencia a los conductores.

2.3.3 Curvas circulares.

De acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico; (SCT, 1974). Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, estas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo, de dos o más sucesivos de diferente radio.

2.3.3.1 Curvas circulares simples.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple.

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

De donde:

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.

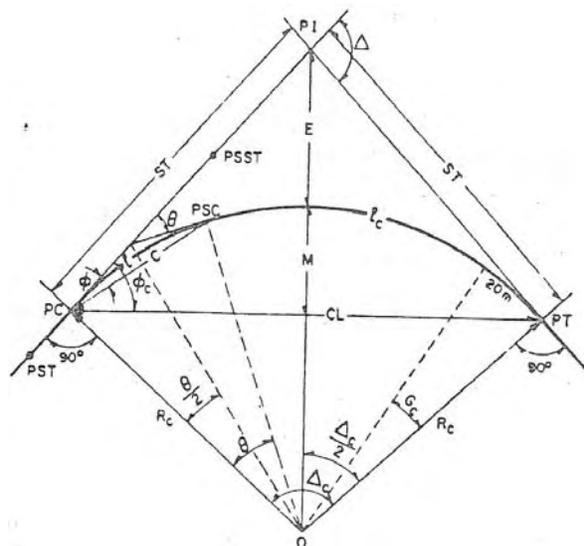


Figura 2.3.1. Curva circular simple.

- PST = Punta sobre tangente .
- PSST = Punto sobre subtangente.
- PSC = Punto sobre la curva circular.
- O = Centro de la curva circular.
- Δ = Angulo de deflexión de las tangentes.
- Δ_c = Angulo central de la curva circular.
- θ = Angulo de deflexión a un PSC.
- ϕ = Angulo de una cuerda cualquiera.
- ϕ_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.

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 sobre elevación 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 Δ_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 .

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

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:

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

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 θ . 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 ϕ . En el triángulo PC-O-PSC.

$$\phi = \frac{\theta}{2}$$

Sustituyendo θ

$$\phi = \frac{G_c l}{40}$$

Para la cuerda larga:

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

2.3.3.2 Curvas circulares compuestas.

Son aquellas que son formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se les llama compuestas directas y cuando son de sentido contrario, compuestas inversas.

Este tipo de curvas se deberán evitar, por que introducen cambios de curvaturas peligrosas.

Los principales elementos de la curva circular compuesta se ilustran con una curva de tres centros como se muestra en la figura. 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.

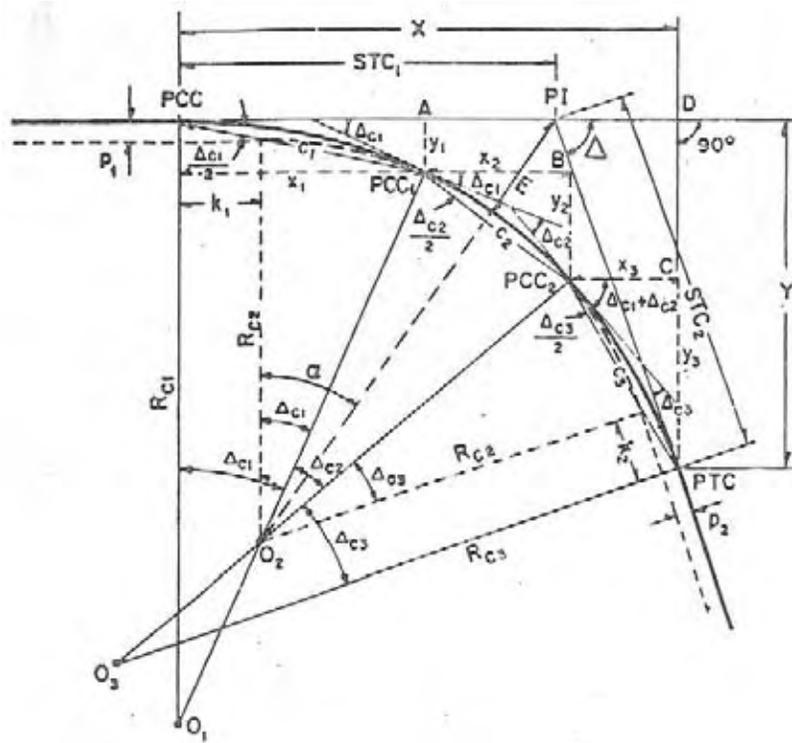


Figura 2.3.2. Curva circular compuesta.

De donde:

PCC = Punto donde se inicia la curva circular compuesta.

PTC = Punto donde termina la curva circular compuesta.

PCC_1, PCC_2 = Punto de curvatura compuesta, o sean los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra.

O_1, O_2, O_3 = Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta.

Δ = Angulo de deflexión entre las tangentes.

$\Delta_{c1}, \Delta_{c2}, \Delta_{c3}$ = Ángulos centrales de las curvas circulares simple

R_{c1}, R_{c2}, R_{c3} = Radios de cada una de las curvas circulares simple

STC_1, STC_2 = Subtangentes de la curva circular compuesta

P_1, P_2, k_1, k_2 = Desplazamiento de la curva central para curva compuesta de tres centros

La formula de la cuerda larga CL:

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

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

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

$$x_1 = R_{c1} \text{sen} \Delta_{c1} \quad x_2 = C_2 \cos \left(\Delta_{c1} + \frac{\Delta_{c2}}{2} \right) = 2R_{c2} \text{sen} \frac{\Delta_{c2}}{2} \cos \left(\Delta_{c1} + \frac{\Delta_{c2}}{2} \right)$$

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

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

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

Puede verse también que:

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

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

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

Entonces las subtangentes de la curva circular compuesta serán:

$$STC_1 = X - Y \cot \Delta$$

$$STC_2 = Y \operatorname{csc} \Delta$$

2.3.4 Curva de transición.

Cuando un pasa un vehículo 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. Para lograr este cambio gradual se usan las curvas de transición.

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

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.

$$R = \frac{K^2}{l} \qquad \theta = \frac{l^2}{2K^2}$$

Sustituyendo K^2

$$\theta = \frac{l^2}{2R_c l_c}$$

El valor de θ está expresada en radianes; si lo expresamos en grados.

$$\theta = \frac{G_c l^2}{40 l_c} \qquad x = l \left(1 - \frac{\theta^2}{5 \times 2} + \frac{\theta^4}{9 \times 4} - \frac{\theta^6}{13 \times 6} \right)$$

$$x = l \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{7 \times 3} + \frac{\theta^5}{11 \times 5} - \frac{\theta^7}{15 \times 7} \right) \qquad C = \sqrt{x^2 + y^2} = y \csc \phi' = x \sec \phi'$$

$$T_1 = x - y \cot \theta \qquad \phi' = \frac{\theta}{3} - Z$$

$$T_2 = y \csc \theta$$

En donde ϕ y θ están expresadas en grados y Z es una corrección dada por la expresión.

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

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

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

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

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

De donde:

ϕ'_{AD}, ϕ'_{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 ϕ'_{AD}, ϕ'_{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 θ de la espiral en el punto P. puede despreciarse para $\theta \leq 16^\circ$. En caso contrario se calcula con la formula de Z.

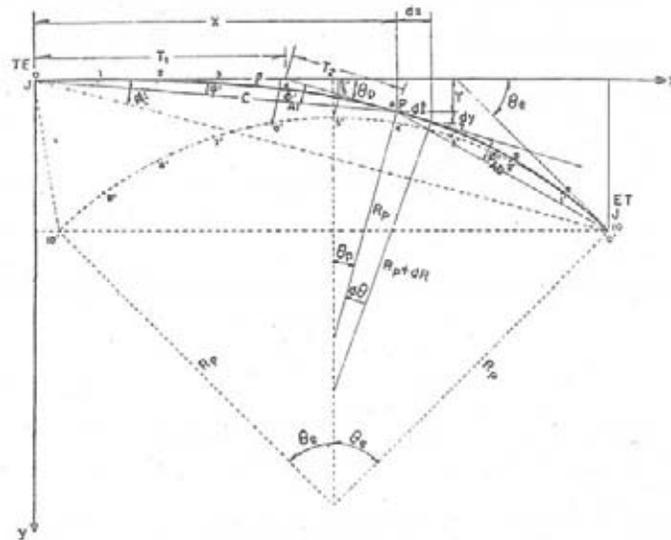


Figura 2.3.3 Espiral o Clotoide

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
- θ_e = Deflexión total de la espiral
- θ_p = Deflexión de la espiral en un punto p
- ϕ'_c = Angulo de la cuerda larga de la espiral
- ϕ' = Angulo de la cuerda a un punto P
- ϕ'_{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.

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 tiene 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 Δ .

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.

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

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:

$$L = 2l_c + l_c$$

$$L = \frac{400l_c + 20\Delta}{G_c}$$

$$L = l_c + \frac{20\Delta}{G}$$

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 ϕ_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.

$$TC = Y_C \csc \theta_C$$

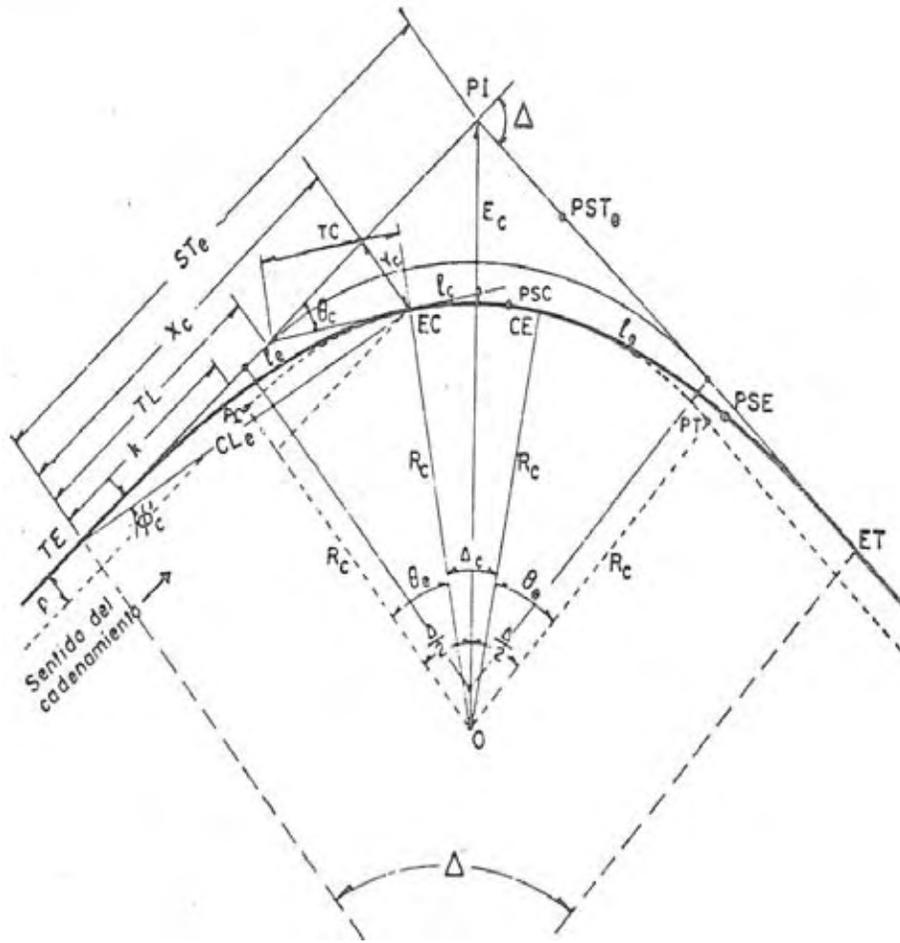


Figura 2.3.4. Curva circular con espiral

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 _e	= Punto sobre subtangente
Δ	= Angulo de deflexión de las tangentes
Δ_c	= Angulo central de la curva circular
θ_e	= Deflexión total de la espiral
ϕ'_c	= Angulo de la cuerda larga de la espiral
ST _e	= Subtangente
X_c, Y_c	= Coordenadas del EC o del CE
k,p	= Coordenadas del PC del PT (desplazamiento)
TL	= Tangente larga
TC	= Tangente corta
CL _e	= Cuerda larga de la espiral
E _c	= Externa
R _c	= Radio de la curva circular
l _c	= Longitud de la curva circular
l _e	= 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.

$$l_c = 8VS$$

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
	$l_c = 0.0214 \frac{V^2}{CR_c}$	$l_c = \frac{0.0214}{C} V \left(\frac{V^2}{R_c} - 127S \right)$	$m = 1.5625V + 75$ $l_c = maS$ a=2.75 a=3.05 a=3.35 a=3.65				$l_c = 8VS$
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 2.3.5 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.

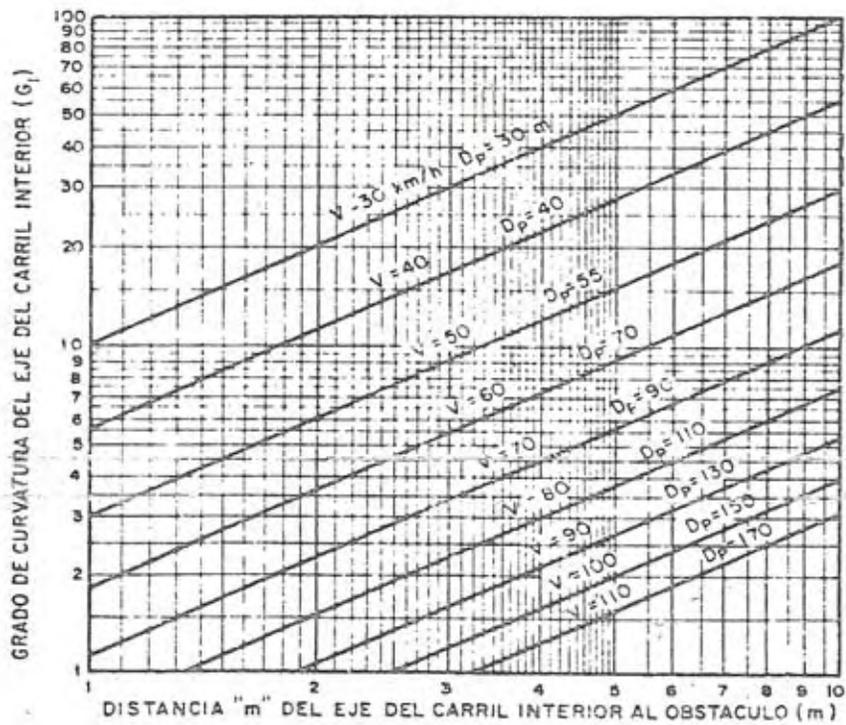
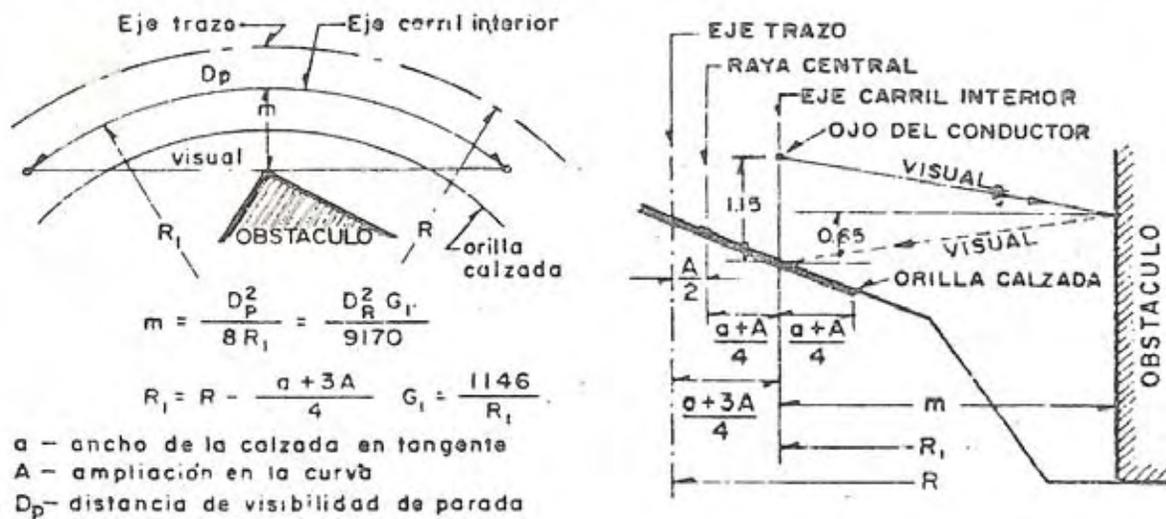


Figura 2.3.6. Distancia mínima necesaria a obstáculos en el interior de curvas circulares para dar la distancia de visibilidad de parada.

2.4 Alineamiento vertical. Elementos que lo integran.

2.4.1 Definición.

Se define como 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 compone 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 de 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.

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.

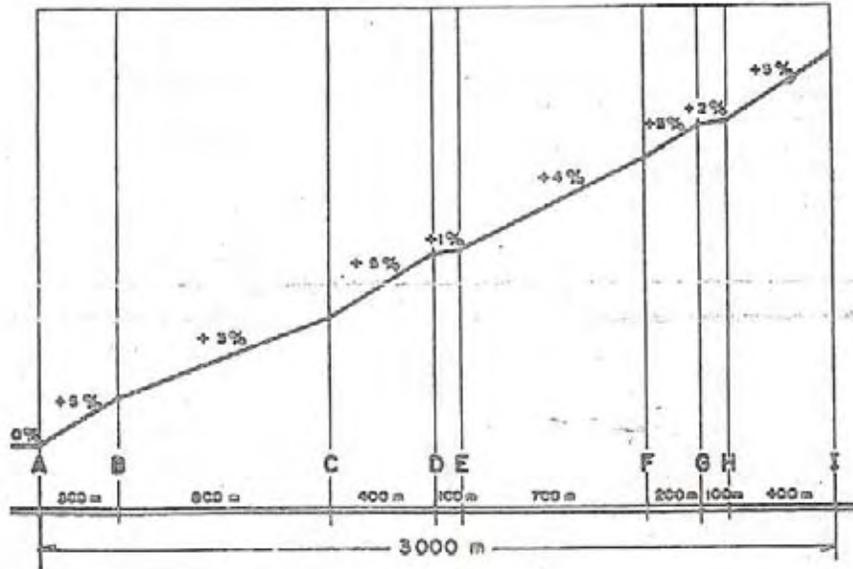


Figura. 2.4.1. Alineamiento vertical de un tramo de camino con tangentes de diferentes pendientes.

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.

- 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:

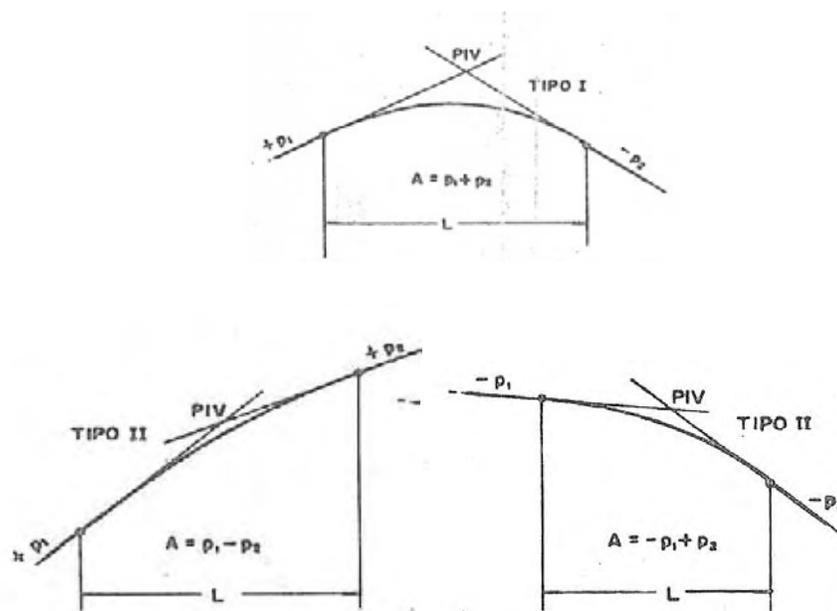
$$a_x = \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

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

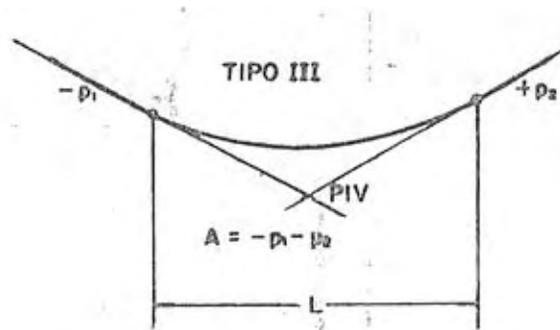
$$K = \frac{g}{2U_x^2} \quad \text{En donde K es una constante.}$$

$$y = Kx^2 + Px$$

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



Curvas verticales.



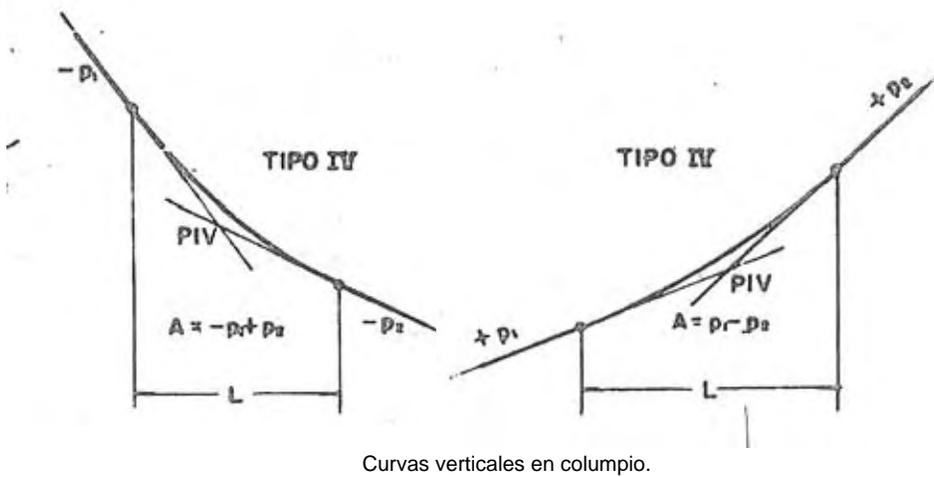


Figura 2.4.2. Tipos de curvas verticales.

- 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:

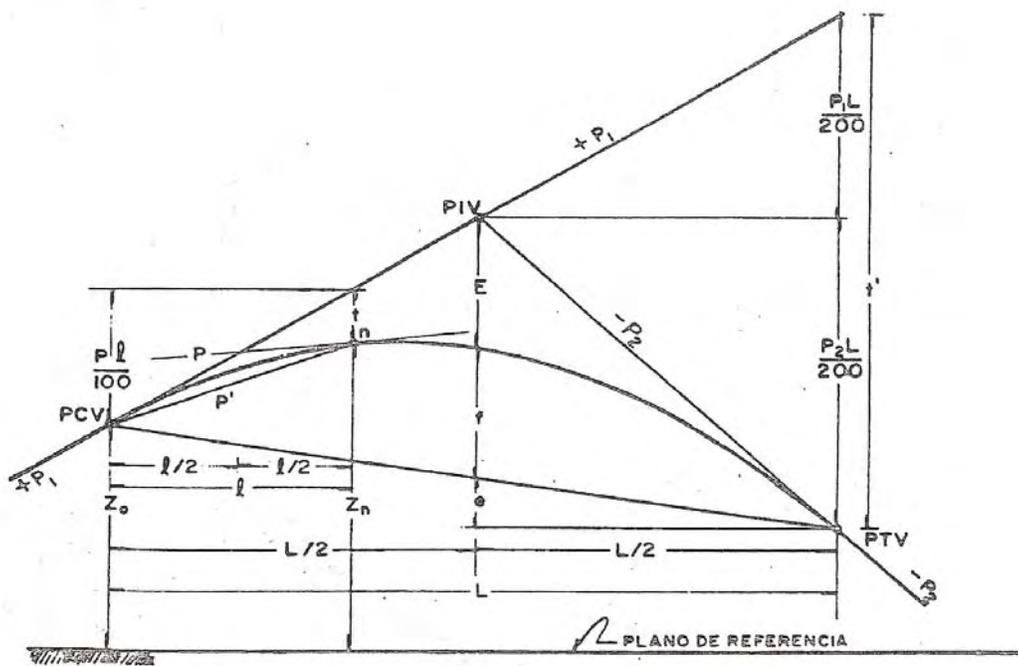


Figura 2.4.3. Elementos de las curvas verticales.

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.

ℓ = 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:

a) 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 m/seg^2 , o sea que:

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

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

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

b) 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:

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

c) 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:

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

d) 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:

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

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

Para curvas en columpio:

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

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

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.

C₁, C₂= 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.

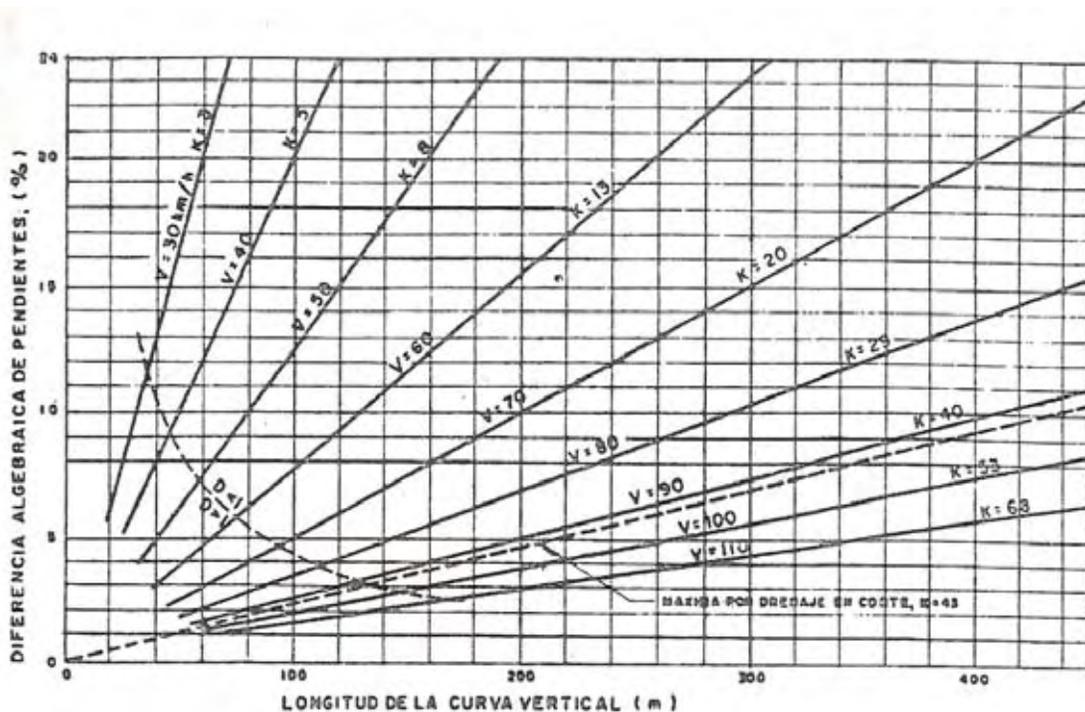


Figura 2.4.4. Longitud de curvas verticales en cresta para cumplir con la distancia de visibilidad de parada

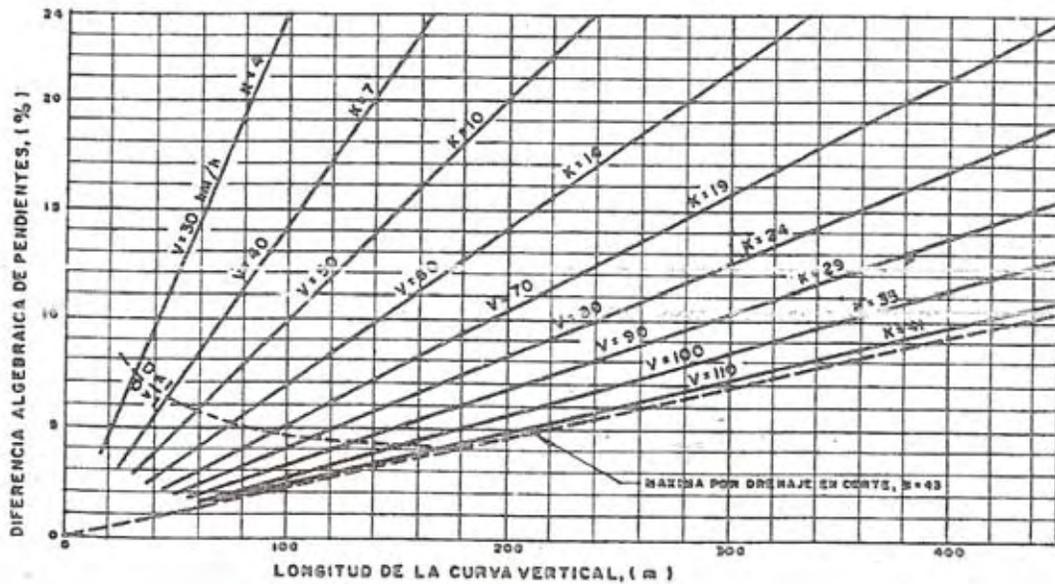


Figura 2.4.5. Longitud de curvas verticales en cumpio para cumplir con la distancia de visibilidad de parada.

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 simboliza 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.

$$f = \frac{P_2 L}{200} - E - c = \frac{P_2 L}{200} - \frac{AL}{800} - c$$

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 las Secciones Transversales.

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

2.5.1 Definiciones.

2.5.2 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:
 - a) Bombeo.
 - b) Sobreelevación.
 - c) Transición del bombeo a la sobreelevación.

a) 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.

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

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

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

S: Sobreelevación, en valor absoluto.

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

R: Radio de la curva, en m.

μ : 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 μ 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 esos grados máximos.

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	71.82	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	286.48	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 2.5.2. 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 sobreelevación máxima de 10 %.

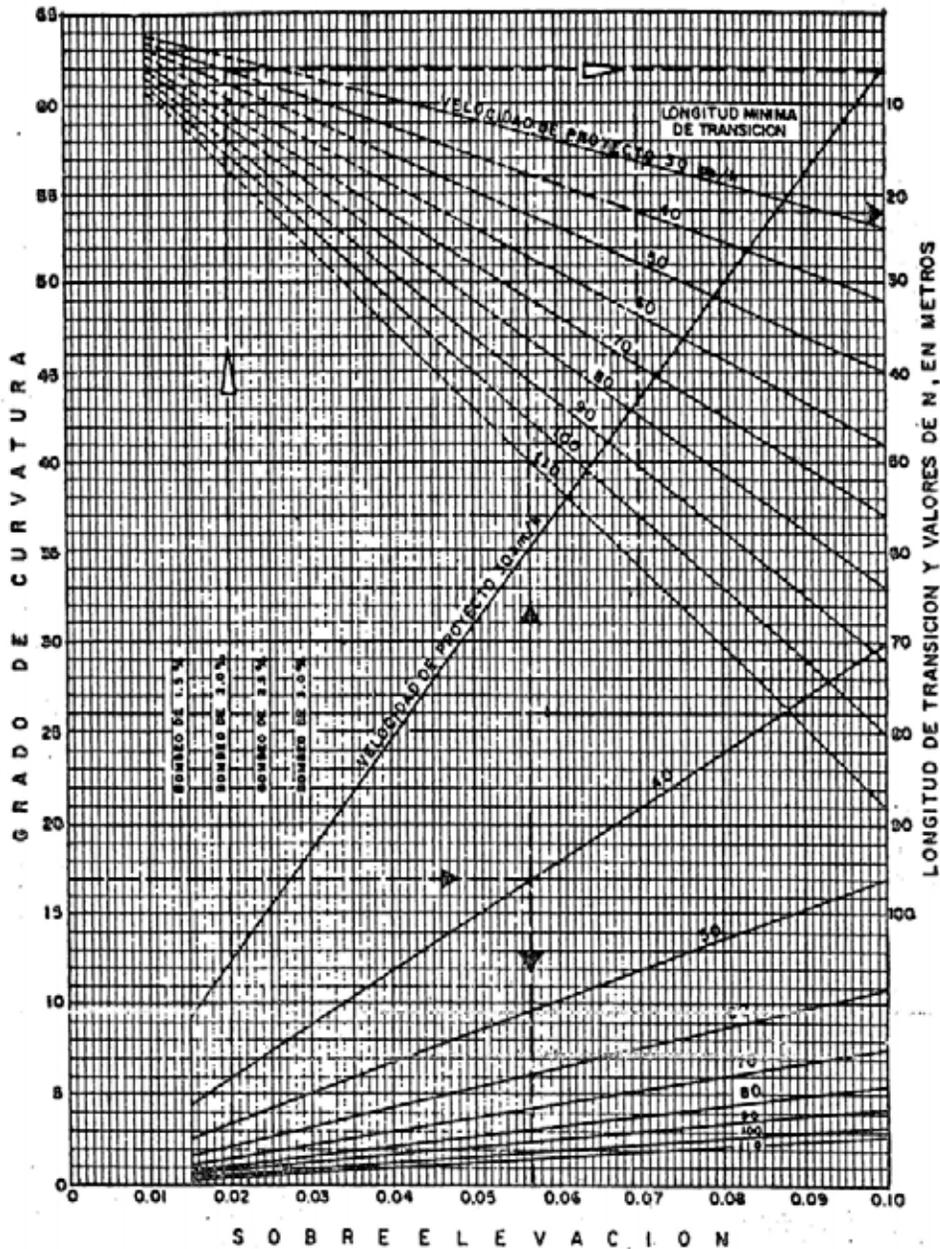


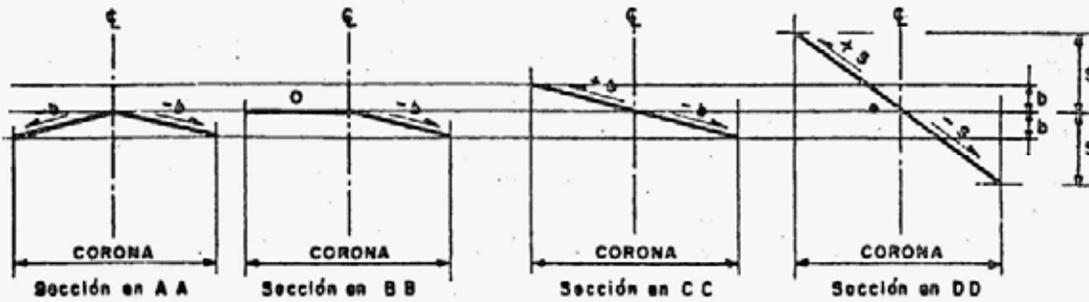
Figura 2.5.3. Sobre elevaciones y taludes de transición para sobre elevación máxima de 10 %.

c) Transición del bombeo a la sobre elevación.- 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 sobre elevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la

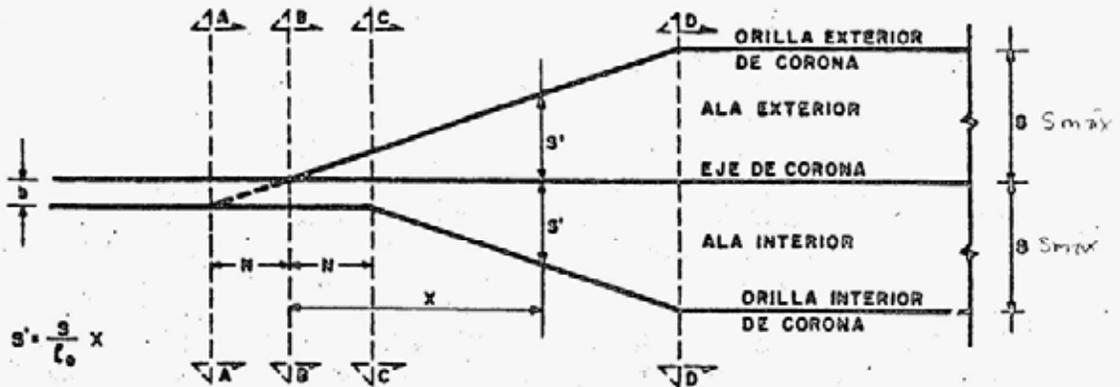
longitud de la espiral de transición. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor 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

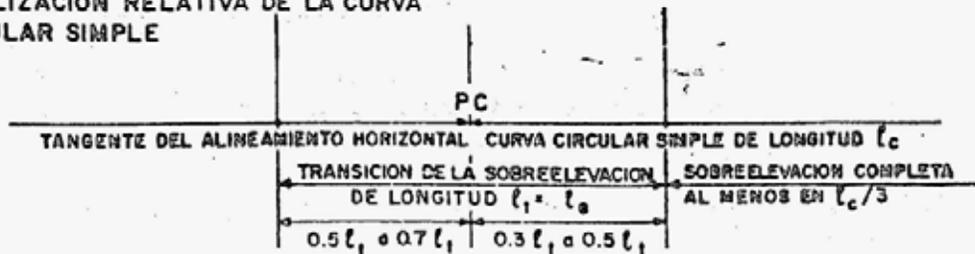


Figura 2.5.4. Transición de la sección de tangente a la sección en curva girando sobre el eje de corona.

- **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.

- 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.
- 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 sobreancho 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.

SÍMBOLOS

- a - Ancho de calzada en tangente
- a_c - Ancho de calzada en curva
- A - Ampliación en curva
- V_f - 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:

$$A = a_c - a$$

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

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

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

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

ANCHO CALZADA (a) en m	VALOR DE (c) en m
5.50	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:

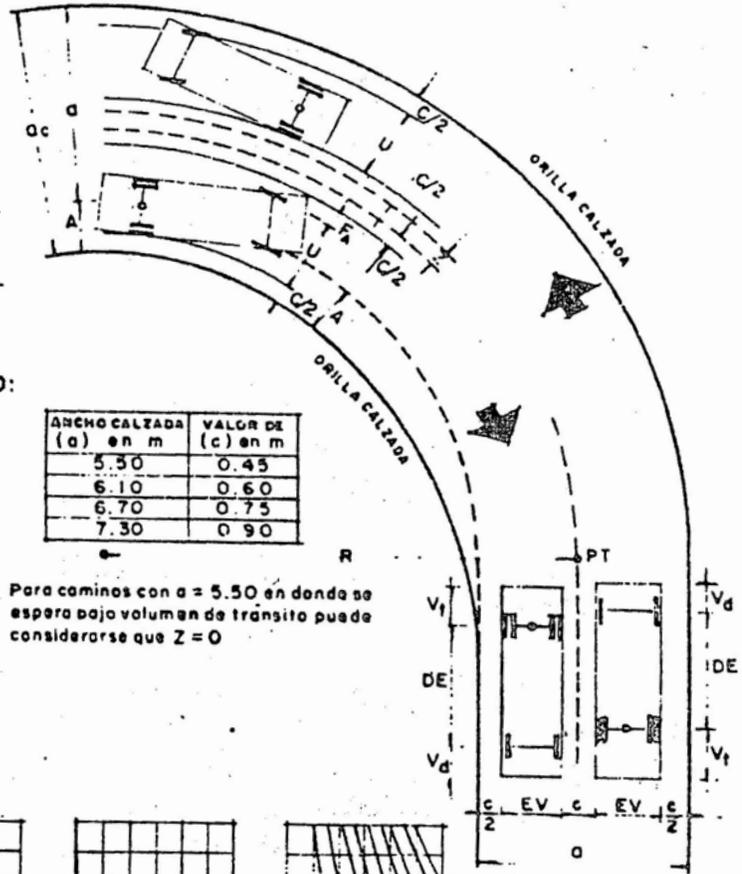
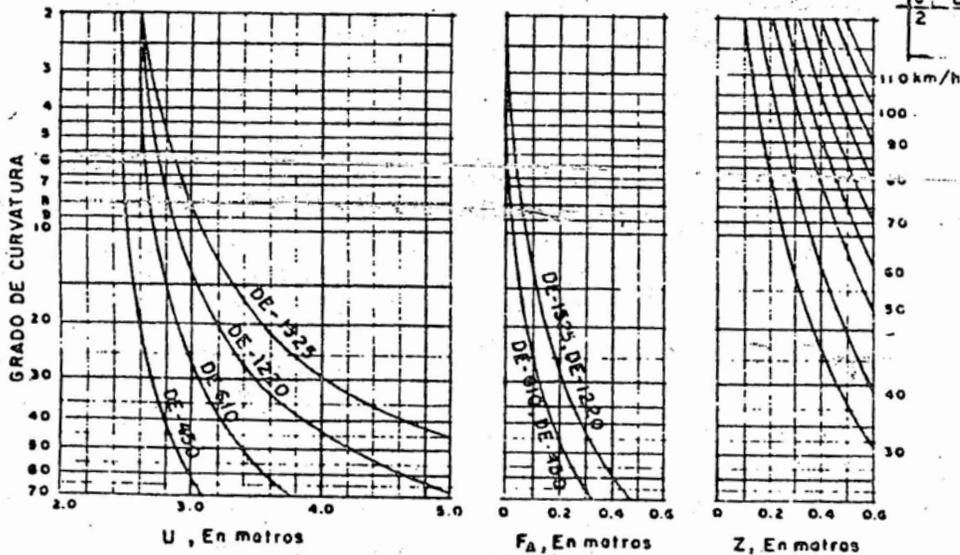


Figura 2.5.5. Ampliaciones en curvas del alineamiento horizontal.

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

2.5.3 Subcorona.

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.

Se define por terracerías, el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona. A los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan al terreno natural, se le llama ceros y a las líneas que los unen a lo largo del camino, líneas de ceros.

Pavimento, es la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente están formados por sub-base, la base y la carpeta definiendo esta última la calzada del camino.

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. La subrasante es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.
- 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 subcorona es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte. Este ancho está en función del ancho de corona y del ensanche. El ensanche es el sobreancho que se da a cada lado de la

subcorona para que, con los taludes de proyecto pueda obtenerse el ancho de corona después de construir las capas de base y sub-base; es función del espesor de base y sub-base, de la pendiente transversal y de los taludes.

2.5.4 Cunetas y contracunetas.

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

- **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.

2.5.5 Taludes.

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión en caminos, se le llama también talud a la superficie que en cortes queda comprendida

entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para éste es de 1.5. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio, por somero que sea, para definir los taludes en cada caso.

Se tiene como norma para los cortes de más de siete metros de altura, realizar estudios con el detalle suficiente, a fin de fijar de un modo racional, los taludes y los procedimientos de construcción.

2.5.6 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.

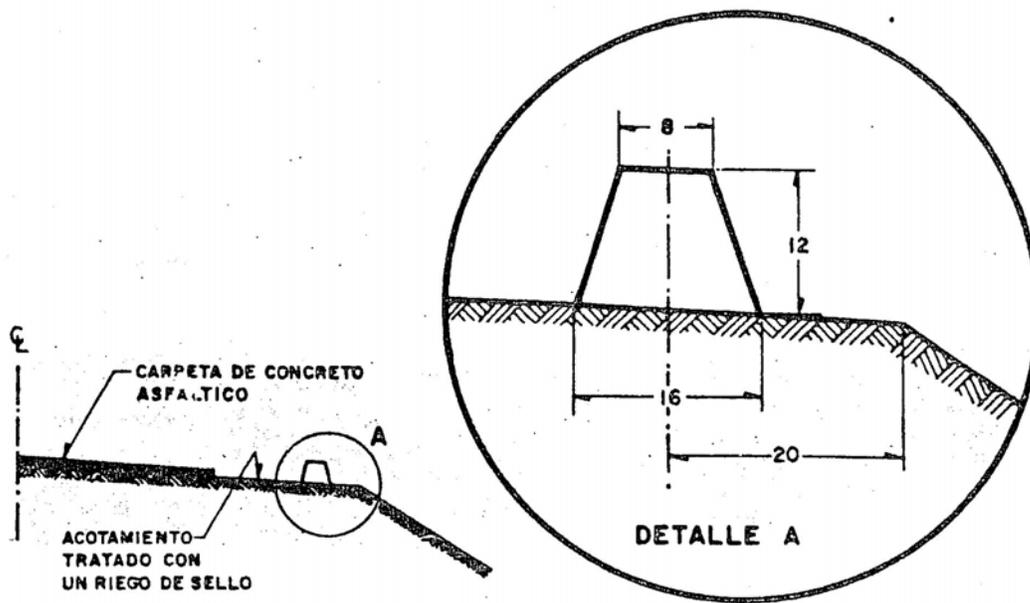


Figura 2.5.6. Bordillo.

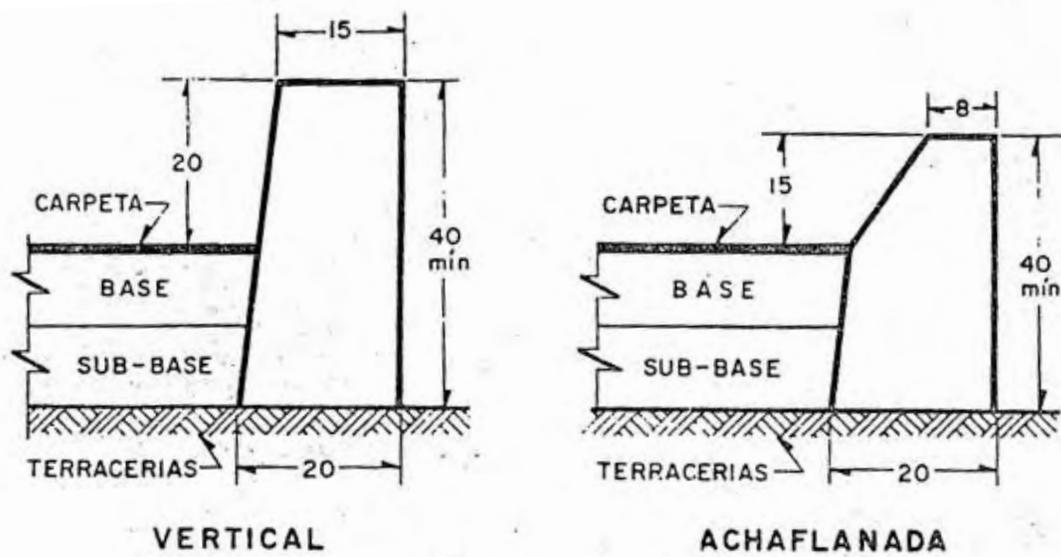


Figura 2.5.7. Tipos de guarniciones.

- **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.

2.5.7 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.

En general, conviene que el ancho de derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que para alojar intersecciones, bancos de materiales, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiere disponer de un mayor ancho.

2.6 Proyecto de subrasante.

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

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

- 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.

- Coeficientes de variabilidad volumétrica:

Del material de corte.

Del material de préstamo.

- 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.

- 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.

Pc= Precio unitario de la compactación en el terraplén del material producto del corte.

AL= Acarreo libre del material, cuyo costo está incluido en el precio de la excavación.

Pp= Costo unitario del terraplén formado con material producto de préstamo.

Psa= Precio unitario del sobreacarreo del material de corte.

2.7 Calculo de volúmenes y movimientos de terracerías.

Para lograr la aproximación debida en el cálculo de los volúmenes de tierra, es necesario obtener la elevación de la subrasante tanto en las estaciones cerradas como en las intermedias en que se acusan cambios en la pendiente del terreno. Asimismo, es conveniente calcular la elevación de los puntos principales de las curvas horizontales, en los que la sección transversal sufre un cambio motivado por la sobreelevación y la ampliación.

Obtenida la elevación de la subrasante, se determina el espesor correspondiente dado por la diferencia que existe entre las elevaciones del terreno y de la subrasante.

El cálculo de los volúmenes se hace con base en las áreas medidas en las secciones de construcción y los movimientos de los materiales se analizan mediante un diagrama llamado de curva masa.

2.7.1 Secciones de construcción.

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

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción se determinan en dos grupos que se mencionan a continuación.

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

Los elementos relativos al primer grupo se mencionan a continuación:

- Espesor de corte o terraplén.
- Ancho de corona.
- Ancho de calzada.
- Ancho de acotamiento.
- Pendiente transversal.
- Ampliación de curvas.
- Longitud de transición.
- Espesor de pavimento.
- Ancho de subcorona.
- Talud de corte o de terraplén.
- Dimensión de las cunetas.

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

- Despalme.
- Compactación del terreno natural.
- Escalón de liga.
- Cuerpo del terraplén.
- Capa subrasante.
- Cuña de afinamiento.
- Muro de retención.
- Berma.
- Estratos en corte.
- 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

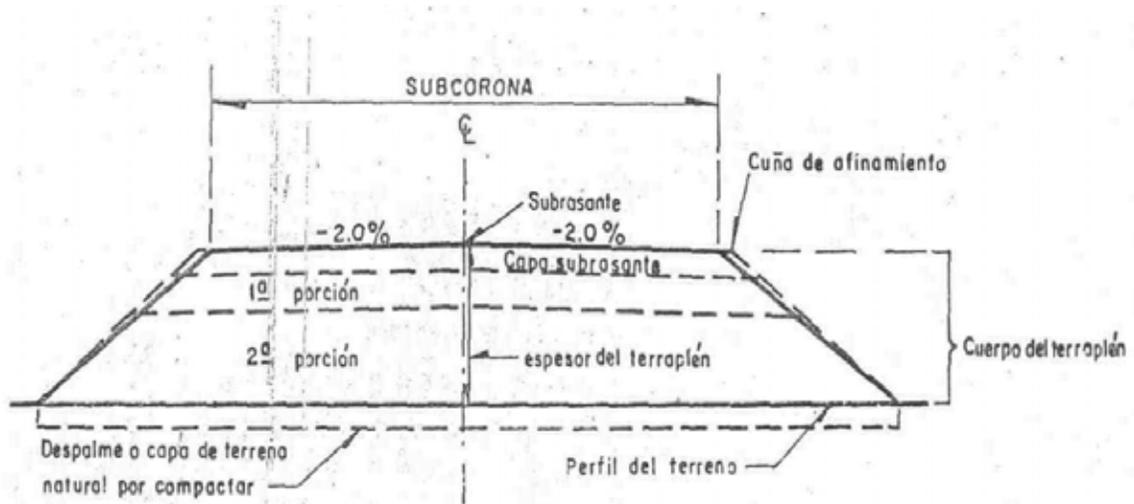


Figura 2.7.1. Sección de construcción de un terraplén en tangente.

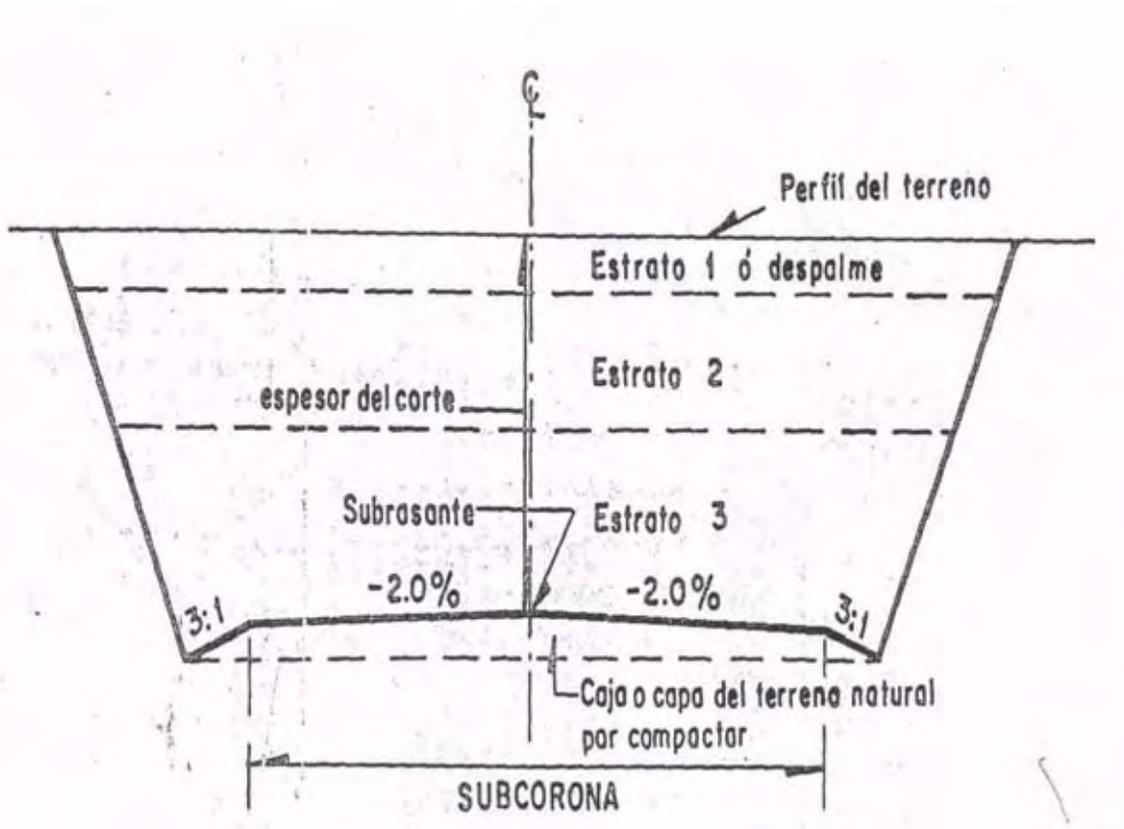


Figura 2.7.2. Sección de construcción de un corte en tangente.

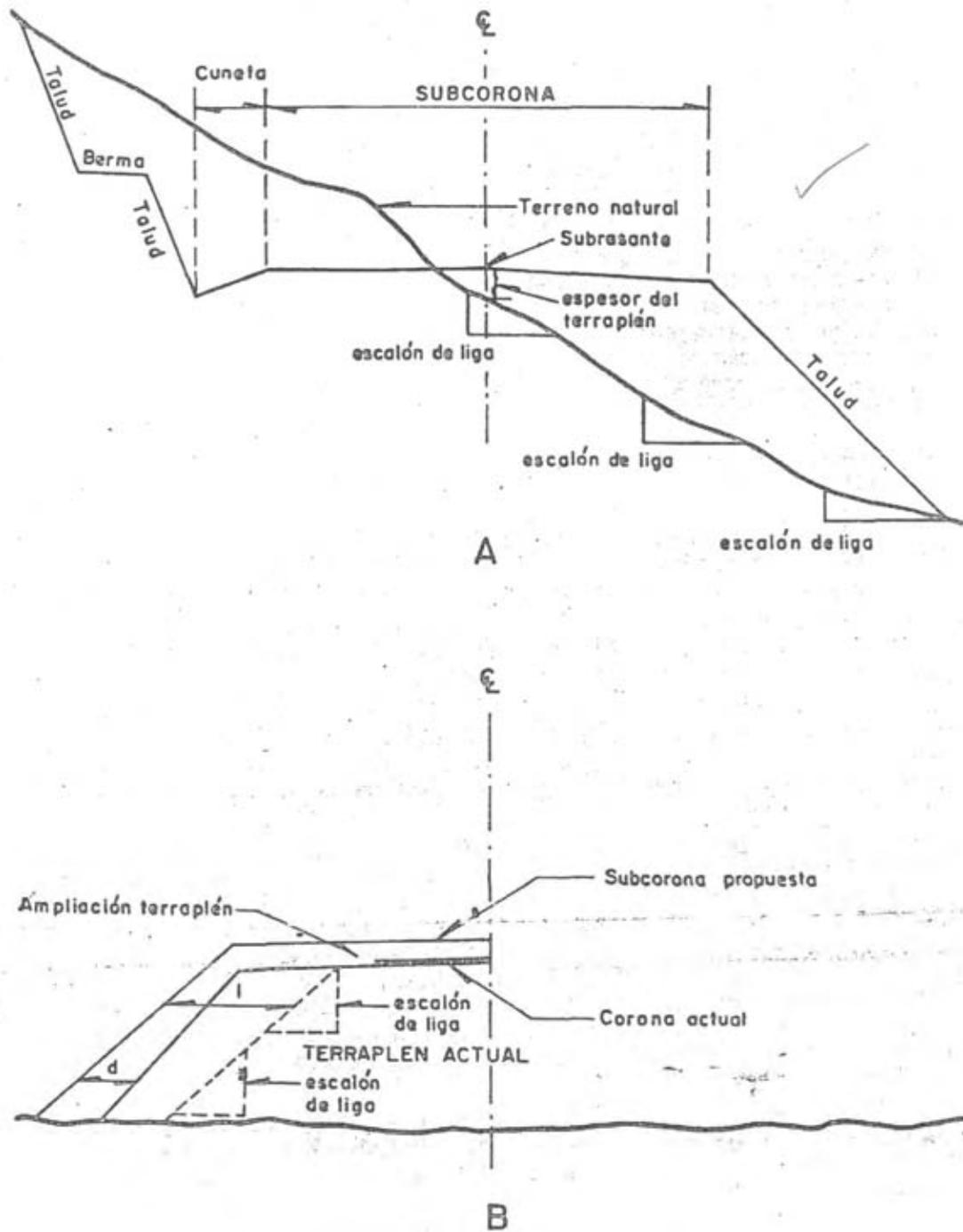


Figura 2.7.3. Escalón de liga.

2.7.2 Determinación de áreas.

Para fines de presupuesto y pago de la obra, es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplén.

Dentro de los distintos procedimientos empleados para este fin, los tres siguientes son los más comunes:

- Método analítico.
- Método gráfico.
- Método del planímetro.

Método analítico. Este método se basa en la descomposición de la sección, en figuras regulares obtenidas al trazar líneas verticales por los puntos de quiebre del terreno y de la sección de construcción.

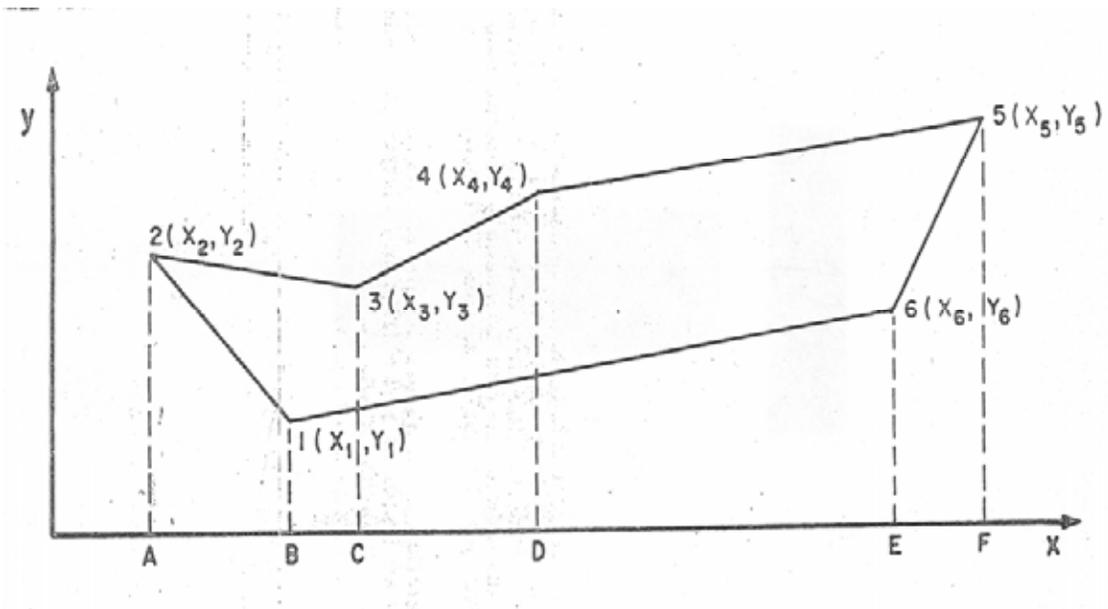
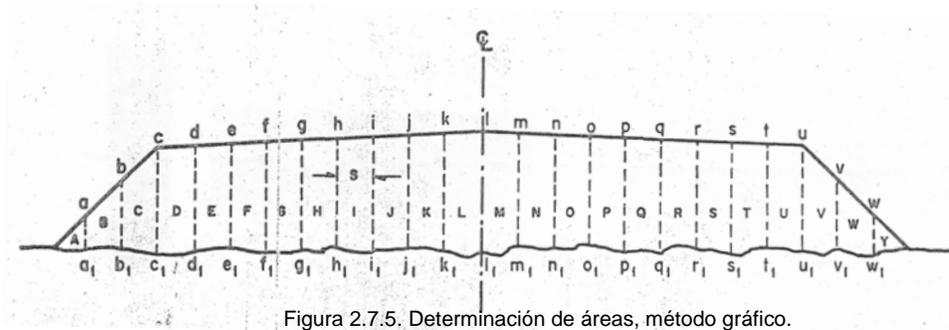


Figura 27.4. Determinación de áreas, método analítico

Método gráfico. En la figura, la sección en terraplén mostrada ha sido dividida en trapecios y dos triángulos extremos, mediante líneas verticales a una separación constante.



La aplicación del método gráfico, basada en esta expresión, consiste en acumular las distancias aa , bb , cc , dd , marcándolas en una tirilla de papel; una vez efectuada la operación en toda la sección, la distancia entre las marcas extremas en la tirilla, multiplicada por la equidistancia S , define el área total de la sección.

Método del planímetro. Por la rapidez en su operación y por la precisión que proporciona, el planímetro es el instrumento que más se presta para la determinación de las áreas. De los distintos tipos existentes, el polar de brazo ajustable es el más empleado.

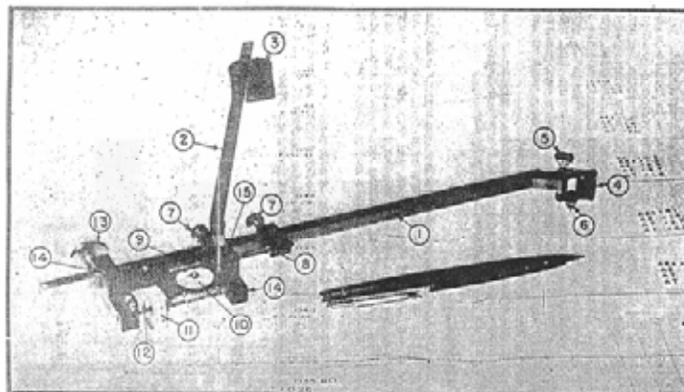


Figura 2.7.6. Planímetro polar.

2.7.3 Cálculo de volúmenes.

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de los volúmenes de tierras. Para ello es necesario suponer que el camino está formado por una serie de prismoides tanto en corte como en terraplén. Cada uno de estos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la subcorona y del terreno natural.

- Formula del prismoide. Para deducir la expresión para el cálculo del volumen de un prismoide, considérese uno de bases triangulares.
- 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 estado natural a formar parte del terraplén, siendo esencial el conocimiento de este cambio para la correcta determinación de los volúmenes y de los movimientos de tierra correspondientes. Se llama coeficiente de variabilidad volumétrica a 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.
- Ordenadas de curva masa. La ordenada de curva masa en una estación determinada es la suma algebraica de los volúmenes de terraplén y de corte, estos últimos afectados por su coeficiente de variabilidad volumétrica, considerados los volúmenes desde un origen hasta esa estación; se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos.

2.7.4 Coeficiente de variabilidad volumétrica.

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

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

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

2.7.5 Ordenadas de curva masa.

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

2.7.6 Movimiento de terracerías.

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

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

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

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

- Despalme. El pago se realiza midiendo el volumen geométrico de excavación, en metros cúbicos y multiplicándolo por su precio unitario.
- Corte o excavación. El pago se realiza obteniendo el volumen geométrico de excavación multiplicándolo por el precio unitario, éste se fija de acuerdo al tipo de material existente.

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

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

- Agua para compactación. Es el volumen de agua que se requiere incorporar a las terracerías, con el fin de lograr la compactación que nos solicita el proyecto. Este pago se hace con base a los volúmenes de agua medida en las pipas en el lugar de aplicación, multiplicándolo por el precio unitario correspondiente.
- Acarreos. Son el transporte de material producto de cortes o prestamos, a lugares fijados para construir un terraplén o depositar un desperdicio.
 - Acarreo libre. Este se efectúa dentro de una distancia de 20m-
 - Sobreacarreo en m³-estacion. Cuando la distancia entre los centros de gravedad esta comprendida entre 20 y 120 m.
 - Sobreacarreo en m³-kilómetro. Cuando la distancia entre los centros de gravedad excede de 520m.

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

2.8. Diseño de intersecciones.

En el presente 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.

2.8.1. Definiciones y clasificación.

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". (SCT; 1974: 447).

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 la (SCT, 1974), 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.

2.8.2. 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 cruzar trayectorias". (SCT; 1974: 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.

2.8.2.1. 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.

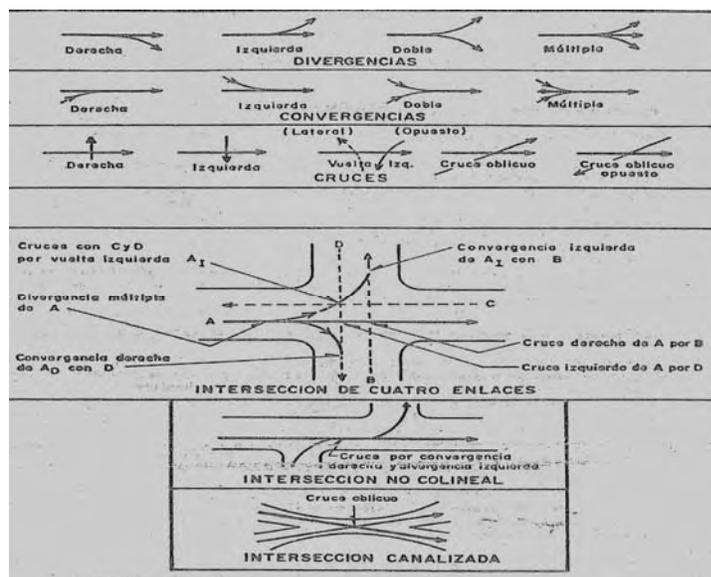


Fig. 2.8.1. Maniobras de los vehículos en las intersecciones.

2.8.2.2. 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.

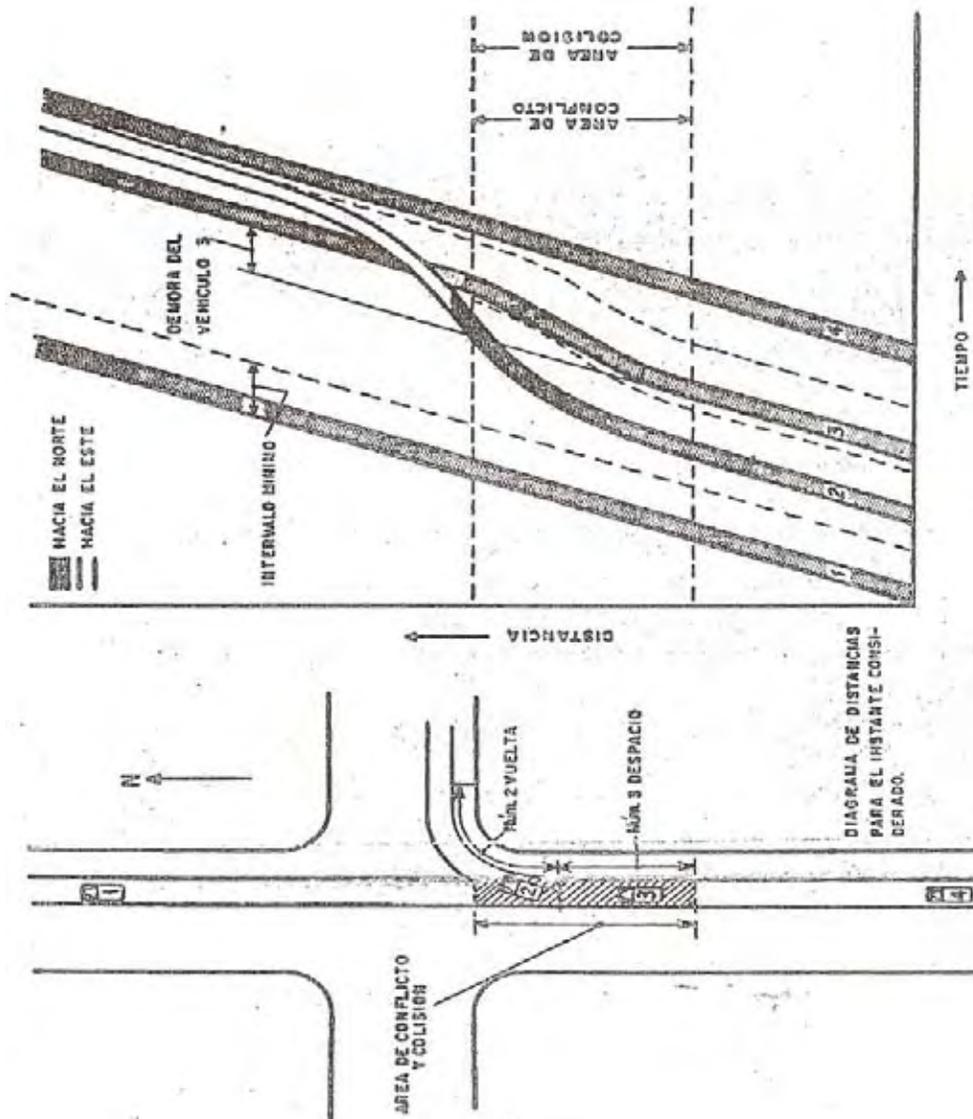


Fig. 2.8.2. Relación tiempo-distancia en las maniobras de divergencia.

2.8.2.3. 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.

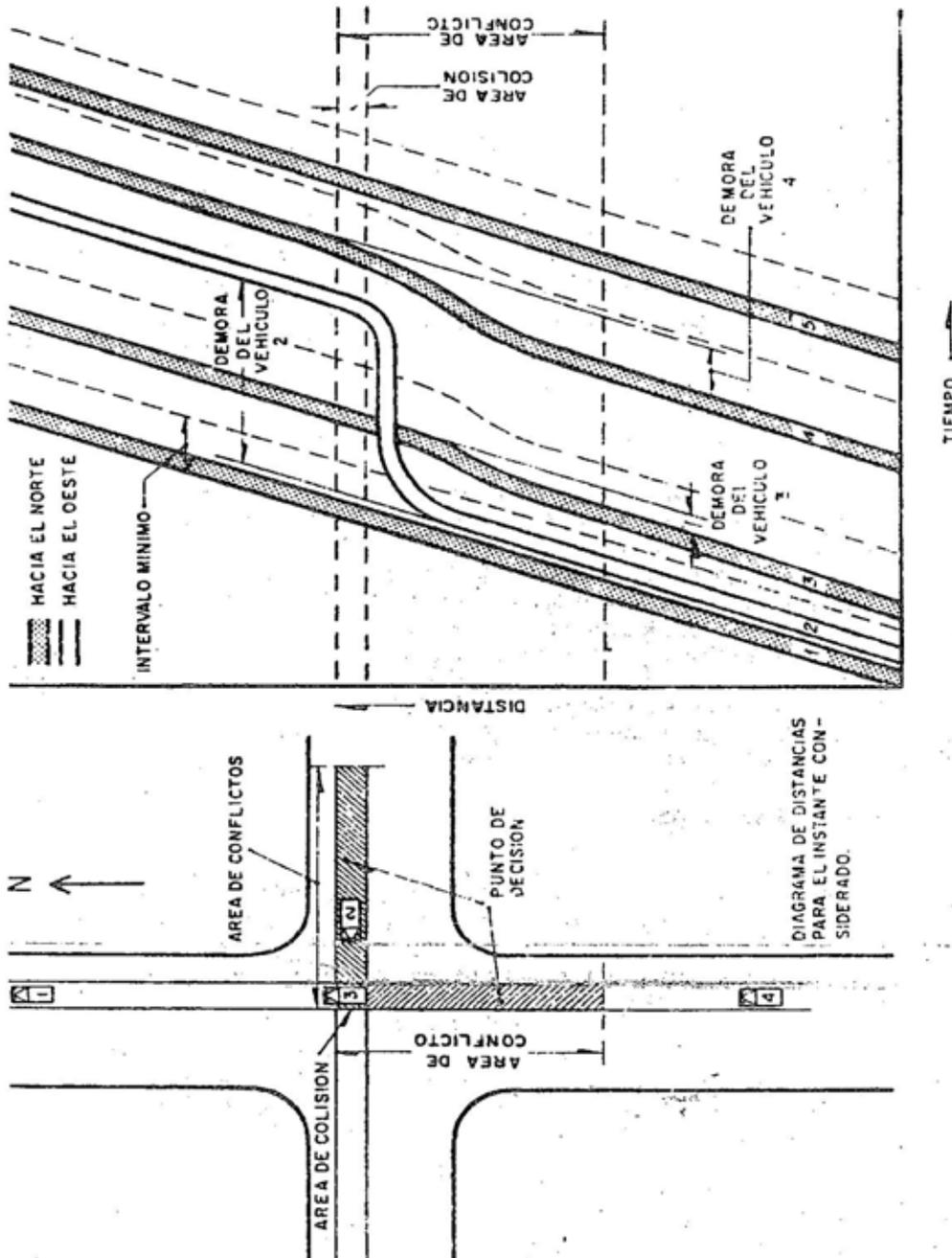


Fig. 2.8.3. Relación tiempo-distancia en las maniobras de cruces.

2.8.2.4. 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. 2.8.4. Relación del número de conflictos de la intersección al numero de ramas de doble circulación que la forman por tipo de maniobras.

2.8.2.5. 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% X. 200 vph X. 4 accesos	= 80 vph.
Volumen que voltea al izquierda 10% X. 200 vph X. 4 accesos	= 80 vph.
Tránsito de frente 80% X. 200 vph X. 4 accesos	= 640 vph.

Total:	800 vph.

2.8.3. Áreas de maniobras.

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

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

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.

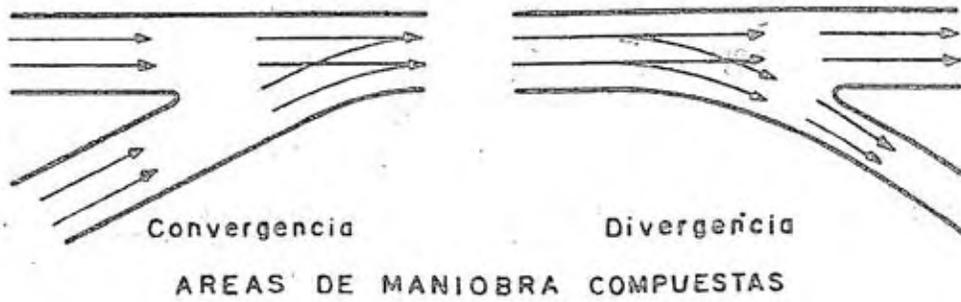
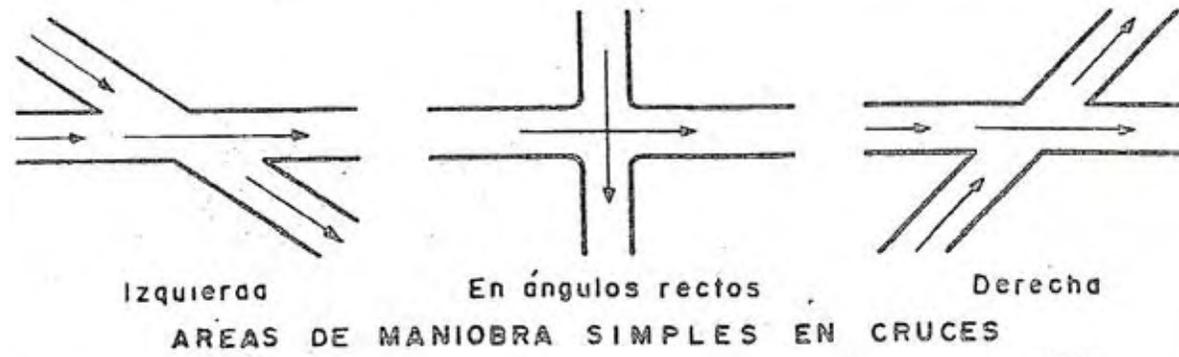
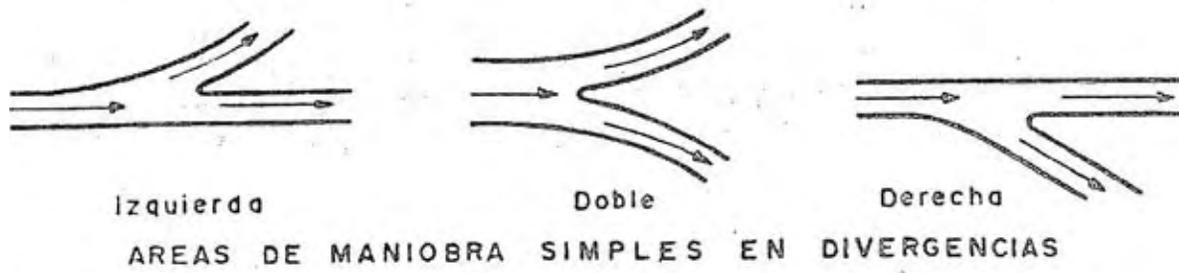
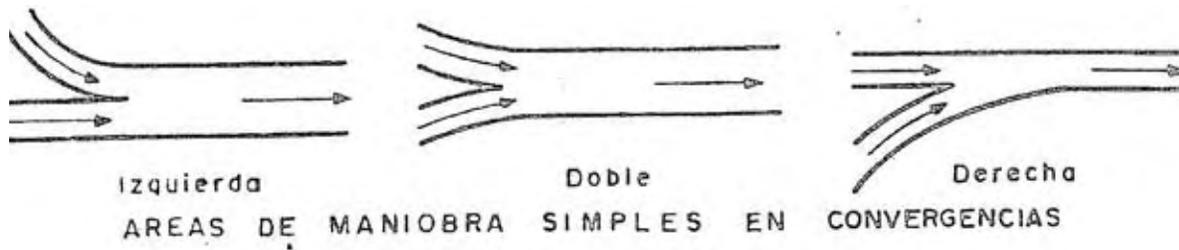


Fig. 2.8.5. Ejemplos de áreas de maniobra simple, múltiple y compuesta.

2.8.3.1. 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.

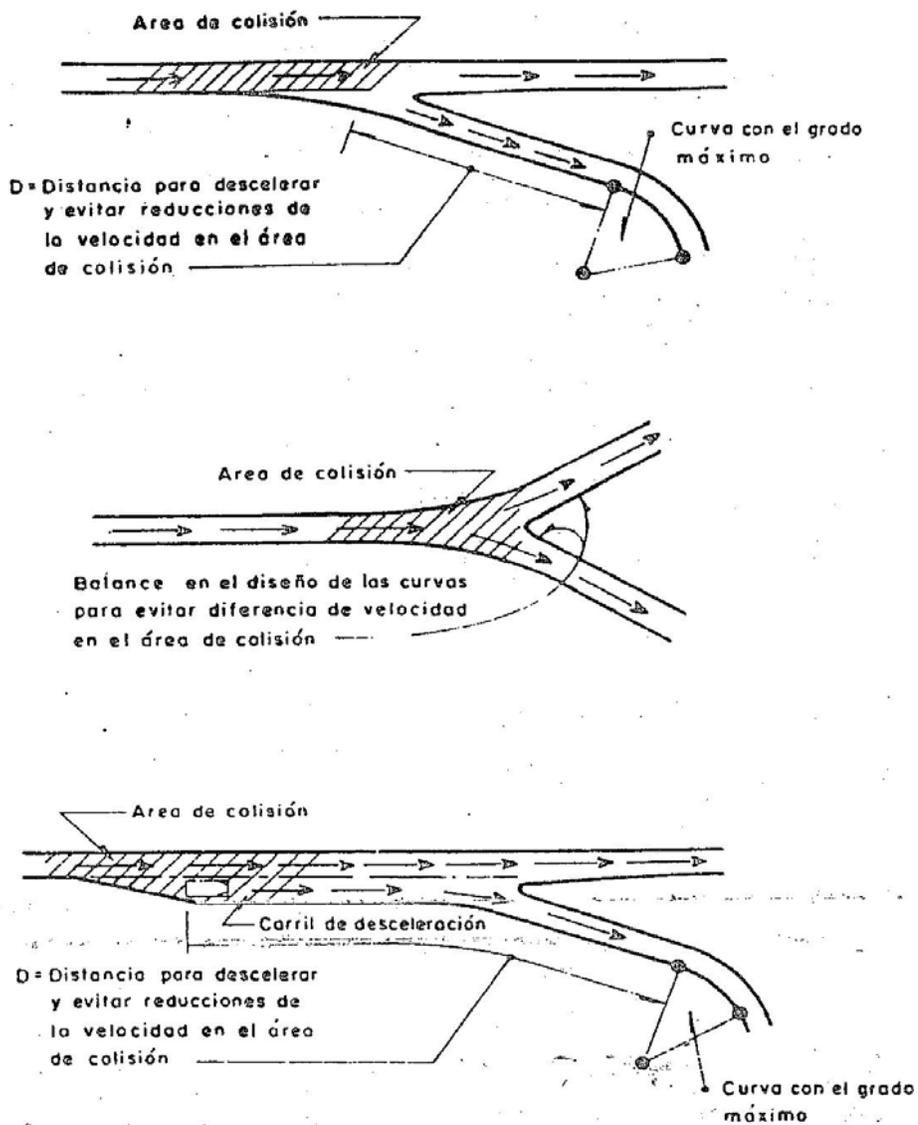


Fig. 2.8.6. Ejemplos de áreas de maniobra simples de divergencia, considerando una velocidad relativa baja.

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". (SCT; 1974: 459).

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.

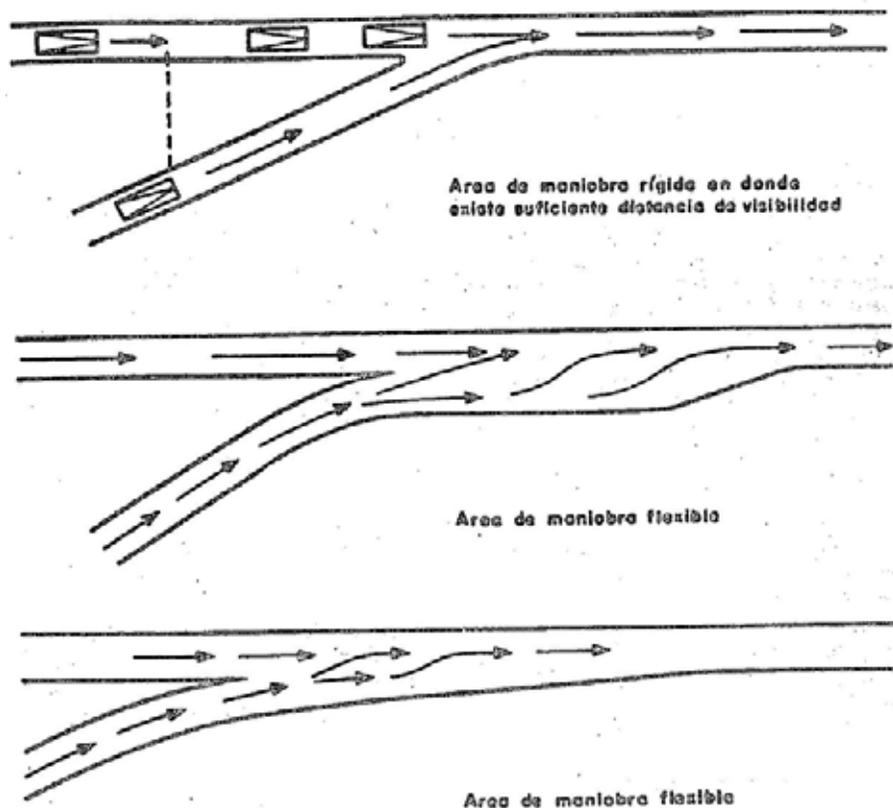


Fig. 2.8.7. Procedimiento para proporcionar el tiempo de maniobra.

2.8.3.2. 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.

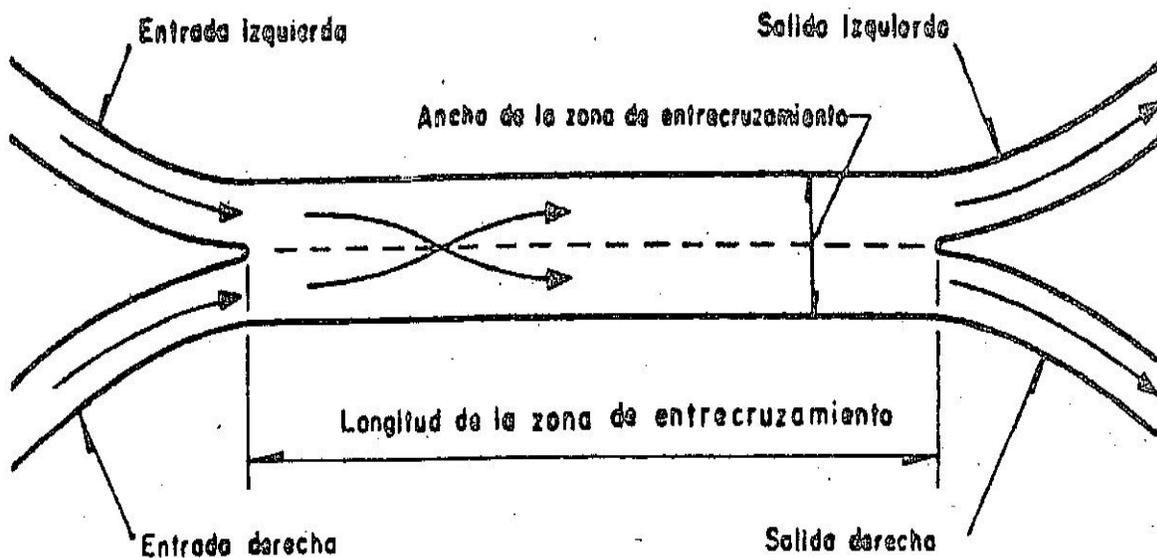


Fig. 2.8.8. Zona de entrecruzamiento.

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.

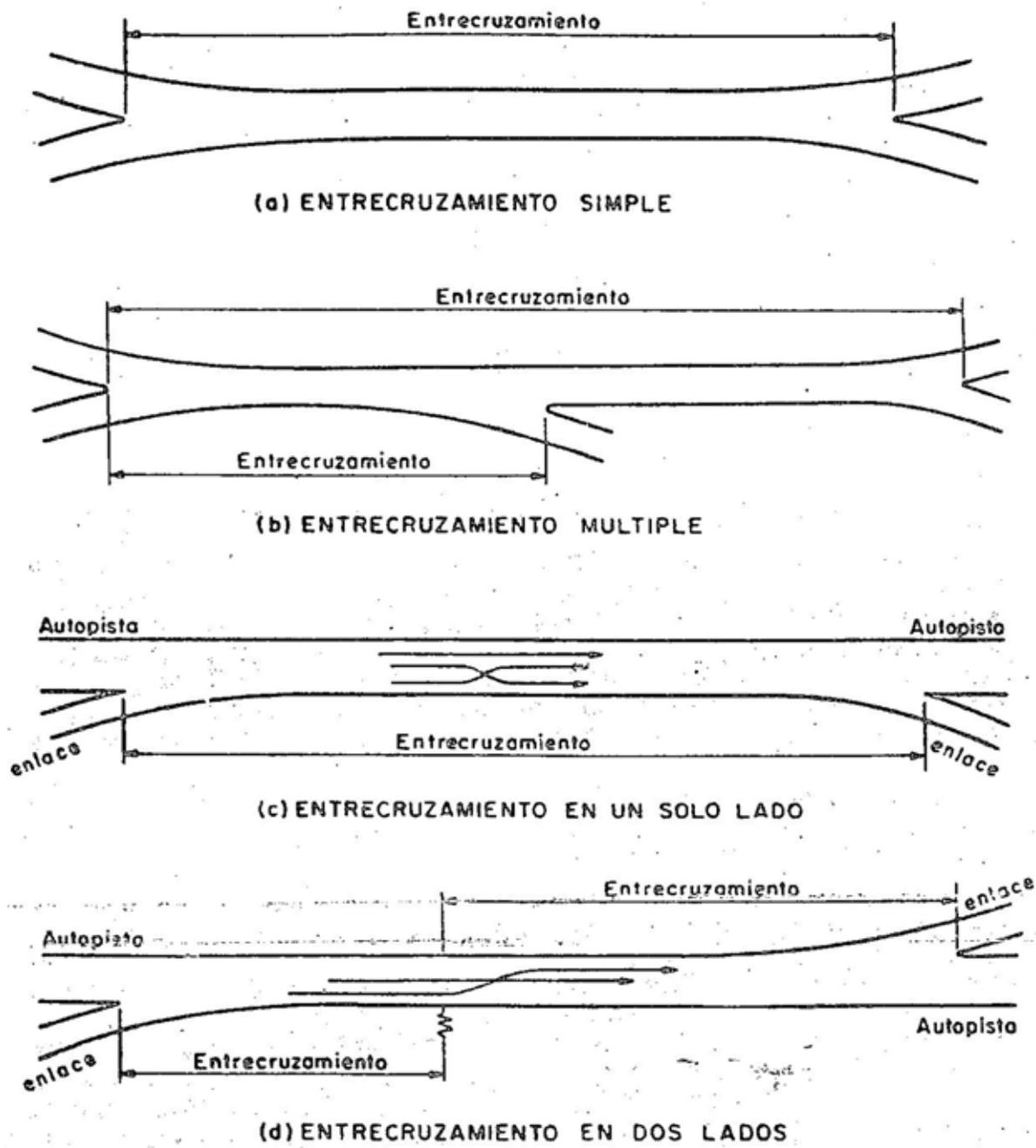


Fig. 2.8.9. Tipos de zonas de entrecruzamiento.

2.8.3.3. Áreas de maniobra compuestas.

Un área de maniobra se dice que es compuesta, cuando funciona de tal manera que acomoda corrientes paralelas de tránsito 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.

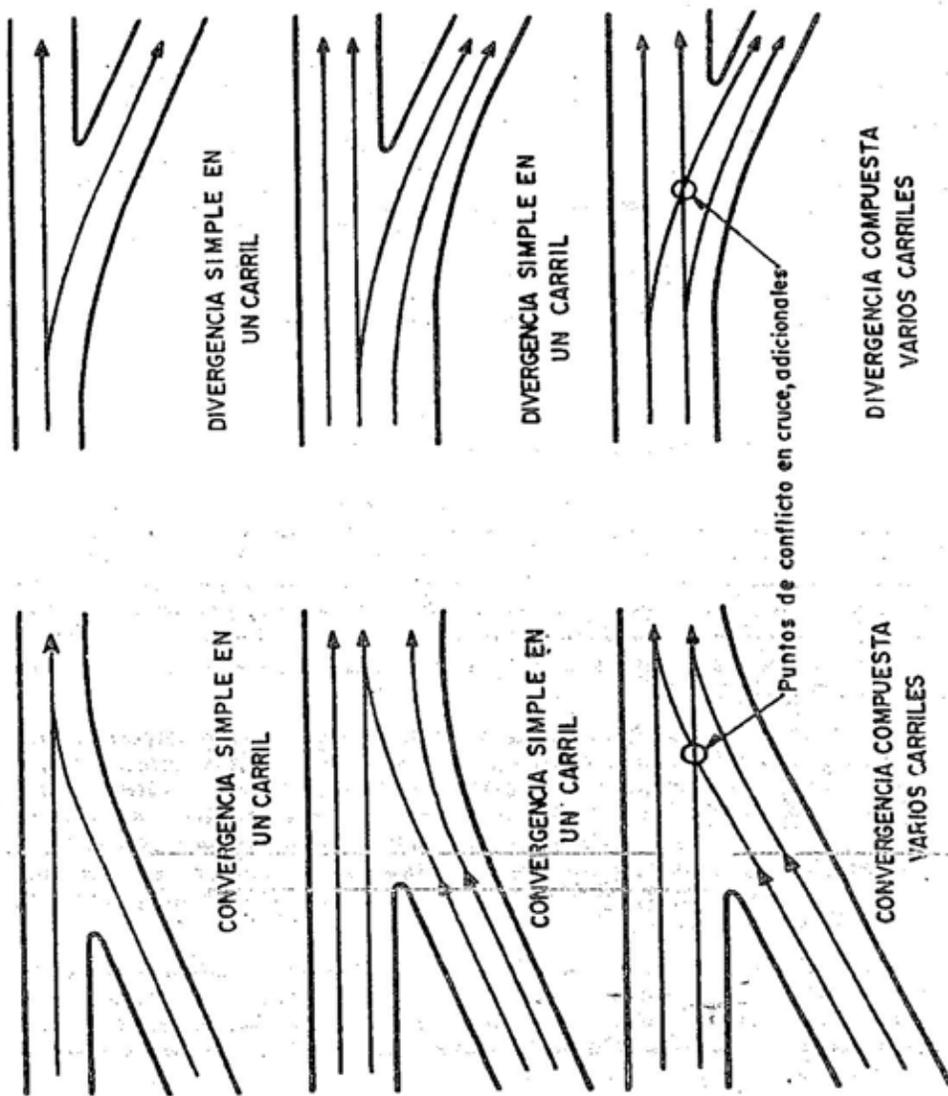


Fig. 2.8.10. Áreas de maniobras simples y compuestas, de convergencia y divergencia.

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

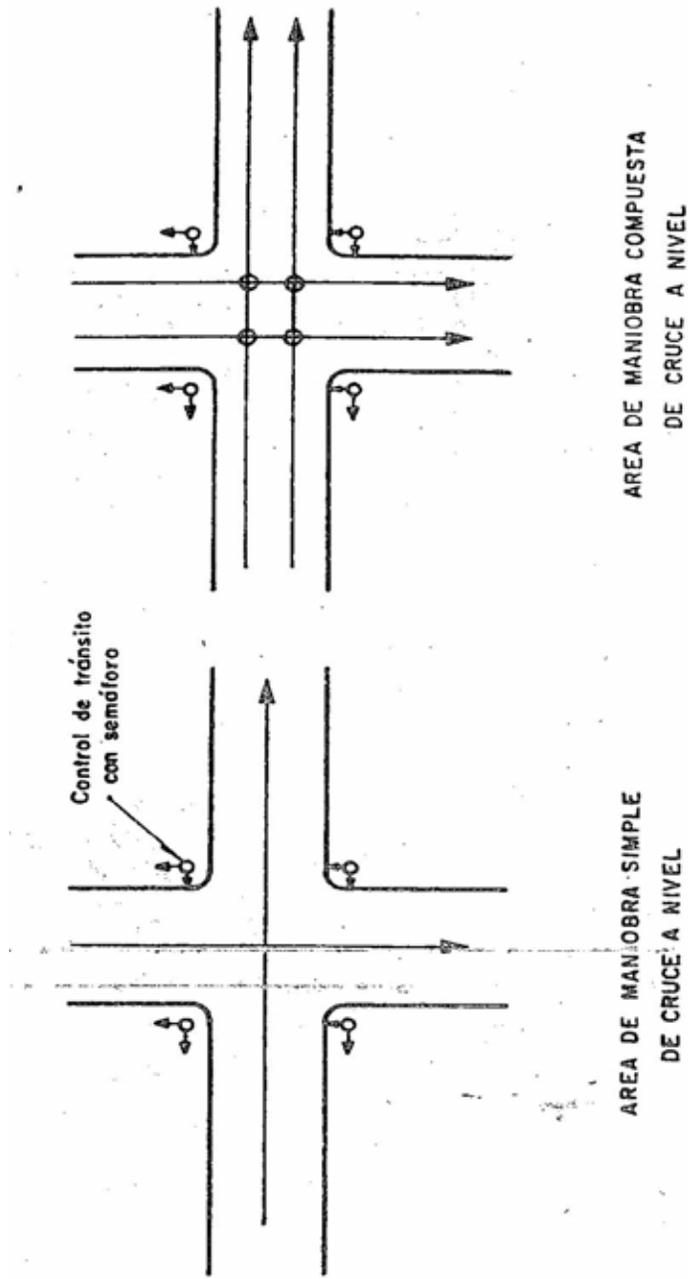


Fig. 2.8.11. Áreas de maniobras de cruce, simples y compuestas.

2.8.3.4. 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.

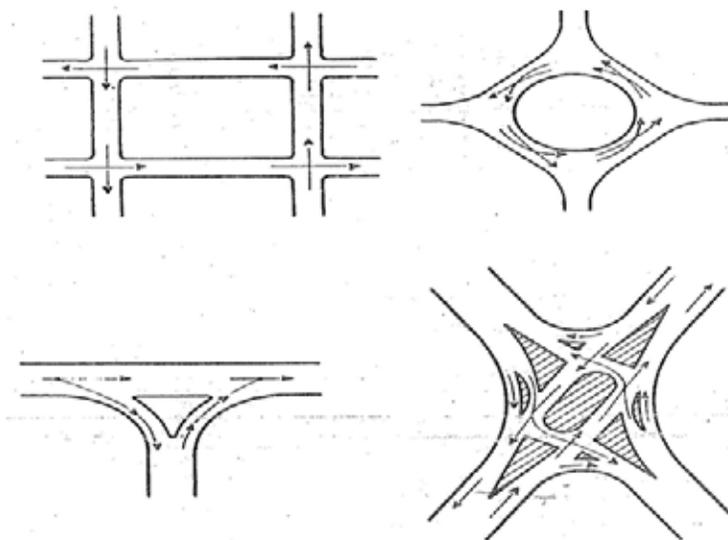


Fig. 2.8.12. Ejemplos de separación de áreas de maniobra.

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

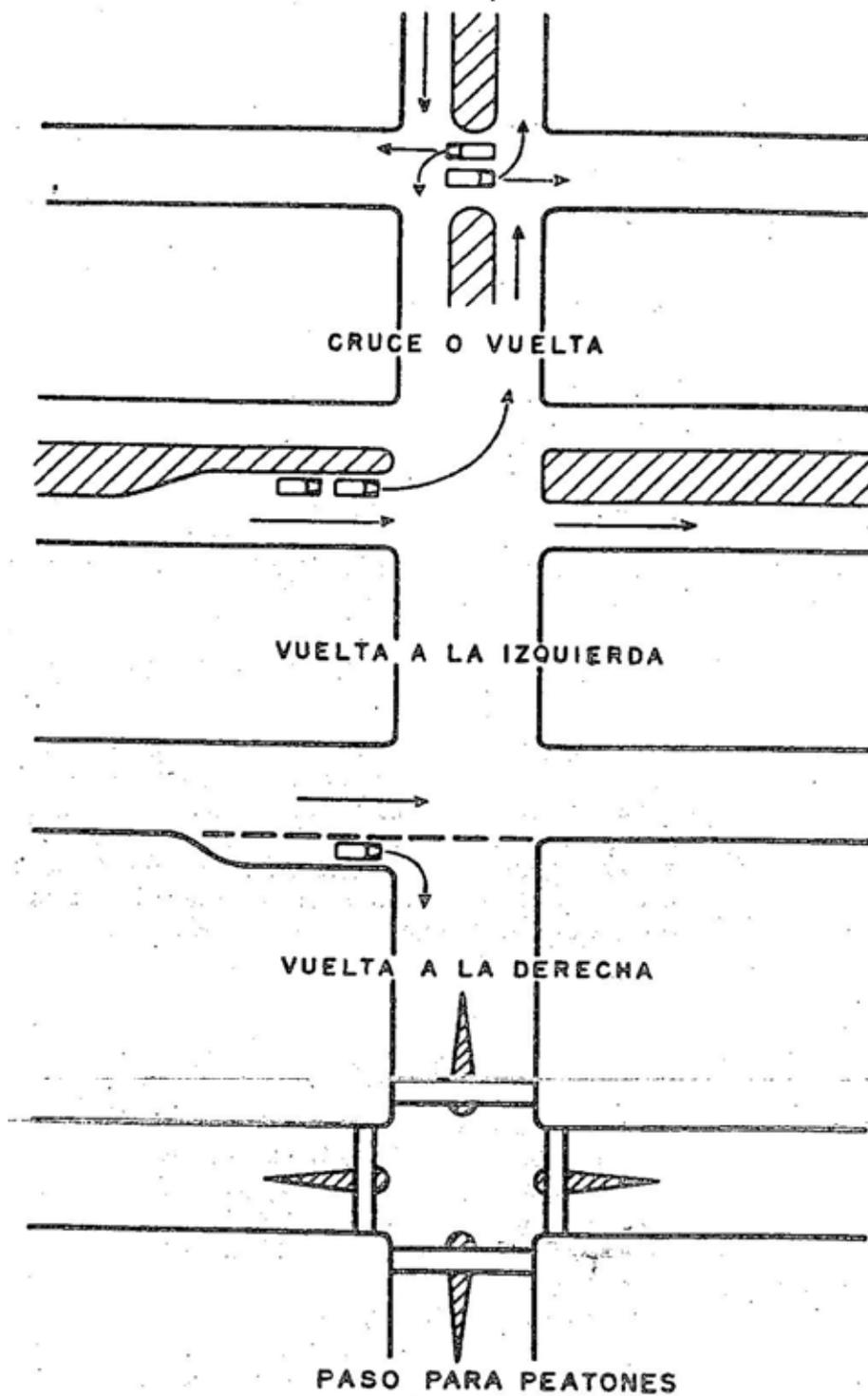


Fig. 2.8.13. Ejemplos de zonas de protección.

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.

2.8.3.5. 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.

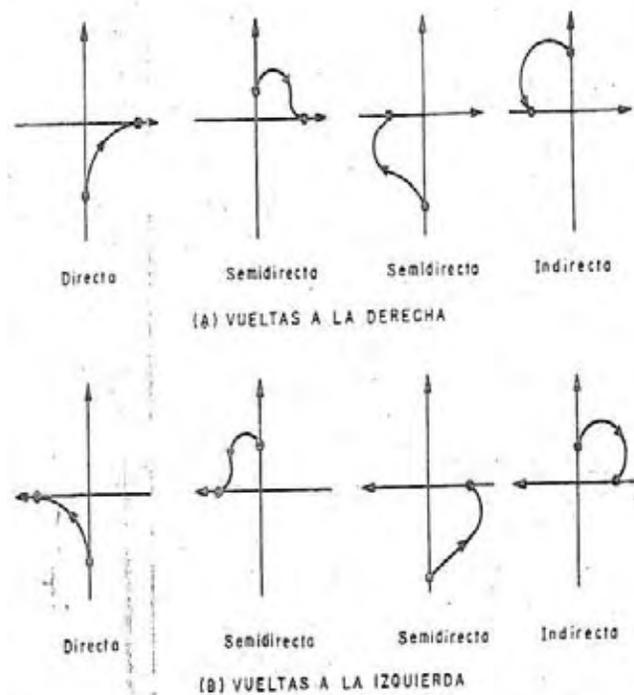
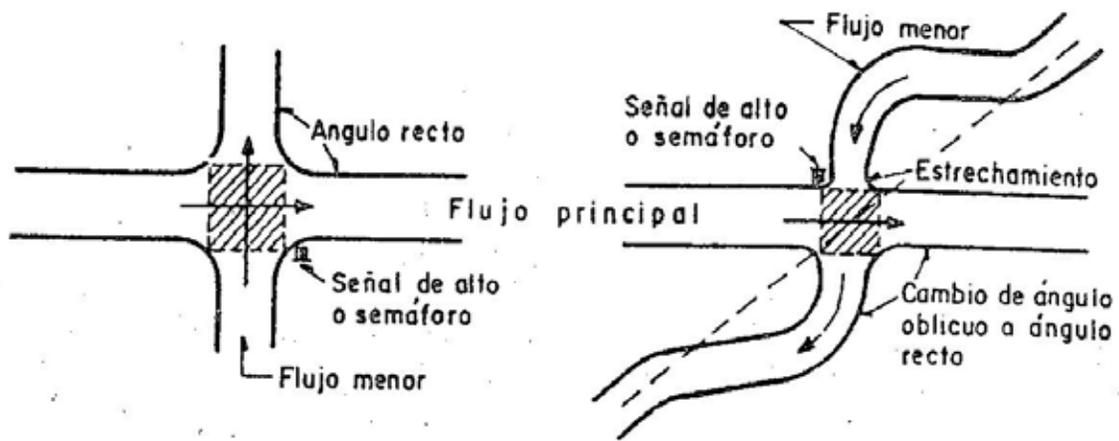


Fig. 2.8.14. Geometría de movimientos de vueltas a la derecha e izquierda.

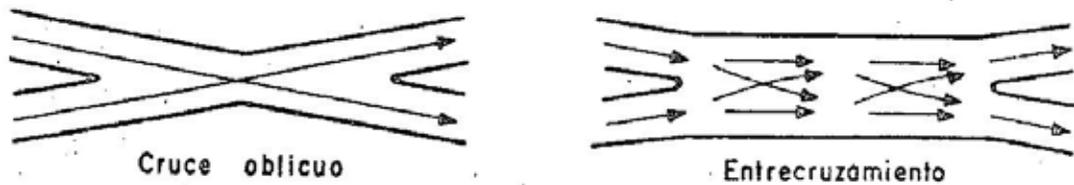
La vuelta directa a la derecha o de izquierda consta de "una maniobra simple de divergencia y le convergencia sin conflicto de cruce, lo que proporciona la distancia de recorrido más corte más fácil para los conductores, debido que se sigue la trayectoria de viaje deseada". (SCT; 1974: 468). Las vueltas semidirectas e indirectas, necesitan de distancias de recorrido mayores, se pueden emplear cuando las condiciones propias de lugar no permiten el uso de vueltas directas, o bien, si se quiere disponer los conflicto de cruce de tal manera que puedan controlarse de una manera más económica.

2.8.3.6. Disposición de las áreas de maniobra.

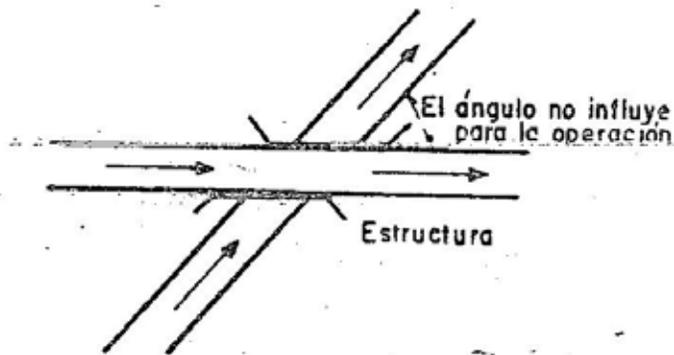
Los conflictos de cruce efectuados por los movimientos directos o de vuelta, son los aspectos críticos en un proyecto de intersecciones. La selección y disposición de las áreas de maniobra, determina la geometría de una intersección en particular y la disposición de las áreas para otros movimientos, se adaptan a este proyecto. De acuerdo a la mencionado por (SCT, 1974), 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. 2.8.15. Áreas de maniobra simples para cruces a nivel y desnivel.

2.8.4. Proyecto de intersección.

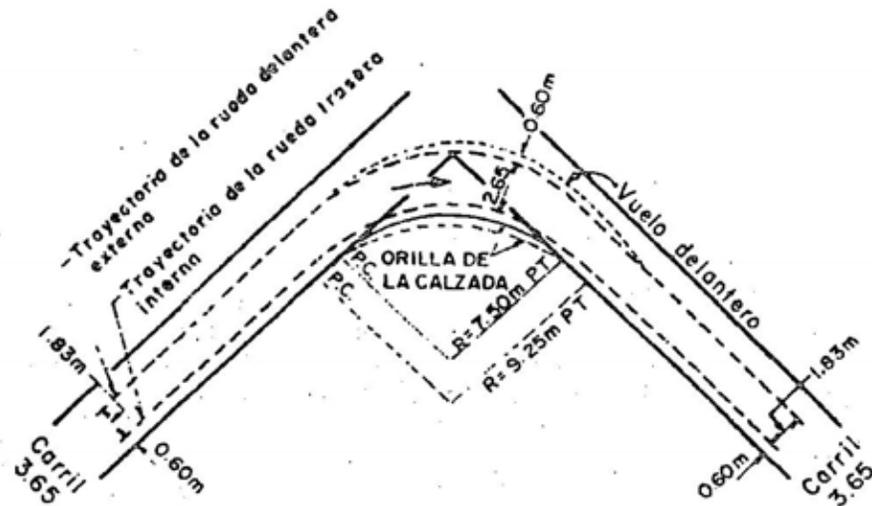
Si los elementos que se mencionan en éste apartado, se aplican a intersecciones tanto a nivel como desnivel, otros detalles y elementos de proyecto aplicables únicamente a un determinado tipo de intersecciones que tratarán en partes correspondientes para cada tipo particular.

2.8.4.1. Curvas en intersecciones.

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". (SCT; 1974: 471).

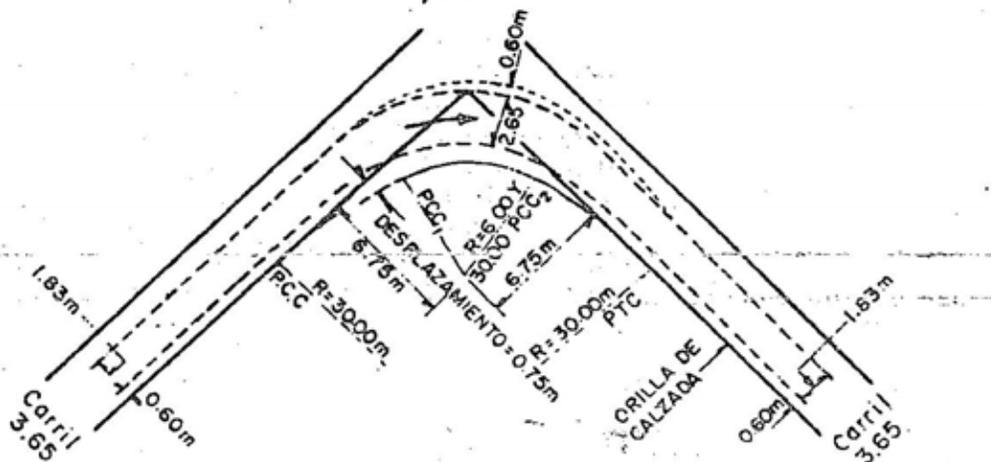
A) Diseño mínimo para vueltas forzadas. Para determinar los radios de la orilla interna de calzada, en curvas, se permitan alojar la trayectoria mínima del vehículo de proyecto, debe suponerse este vehículo transita adecuadamente sobre su carril, al entrar y al salir de la curva, esto es a 0.60m de la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



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

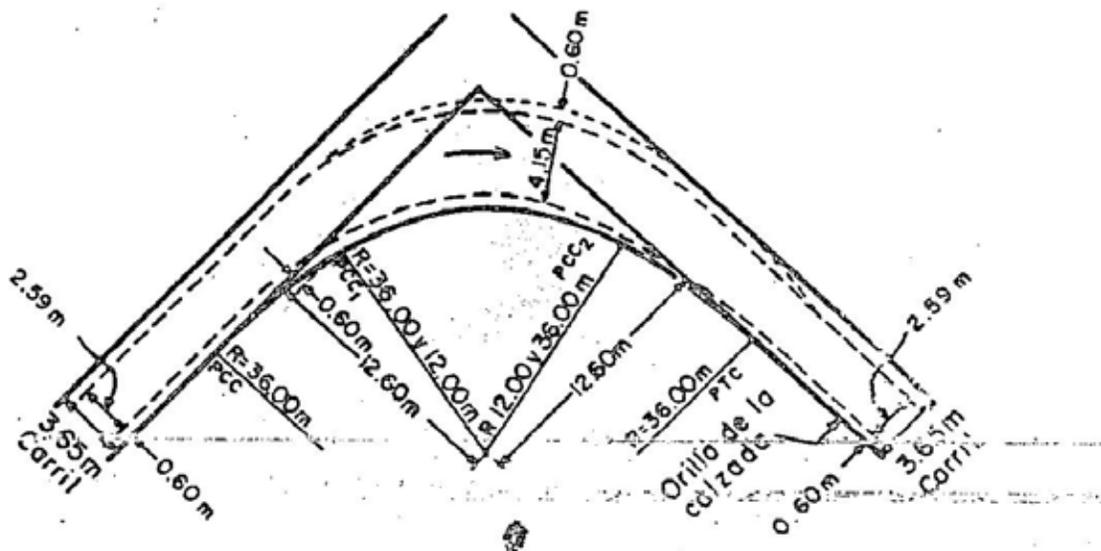
-B-

Fig. 2.8.16. Diseño mínimo para el vehículo DE-355 en una deflexión de 90°.



CURVA CIRCULAR SIMPLE MINIMA CON RADIOS DE 15.25 ó 16.75 m

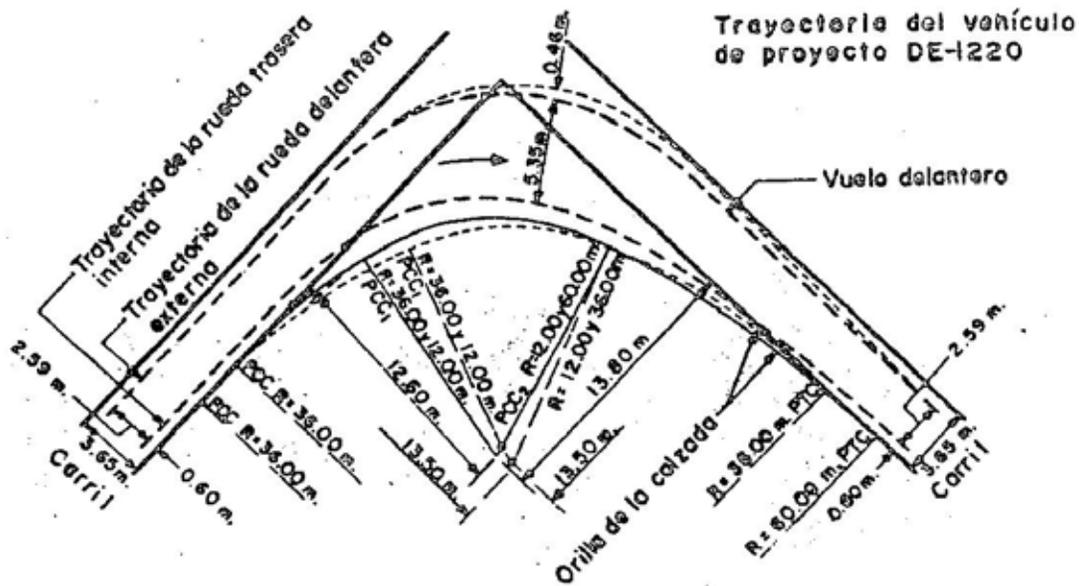
- A -



CURVA COMPUESTA DE RADIOS 36.00 - 12.00 y 36.00 CON DESPLAZAMIENTO DE 0.60m

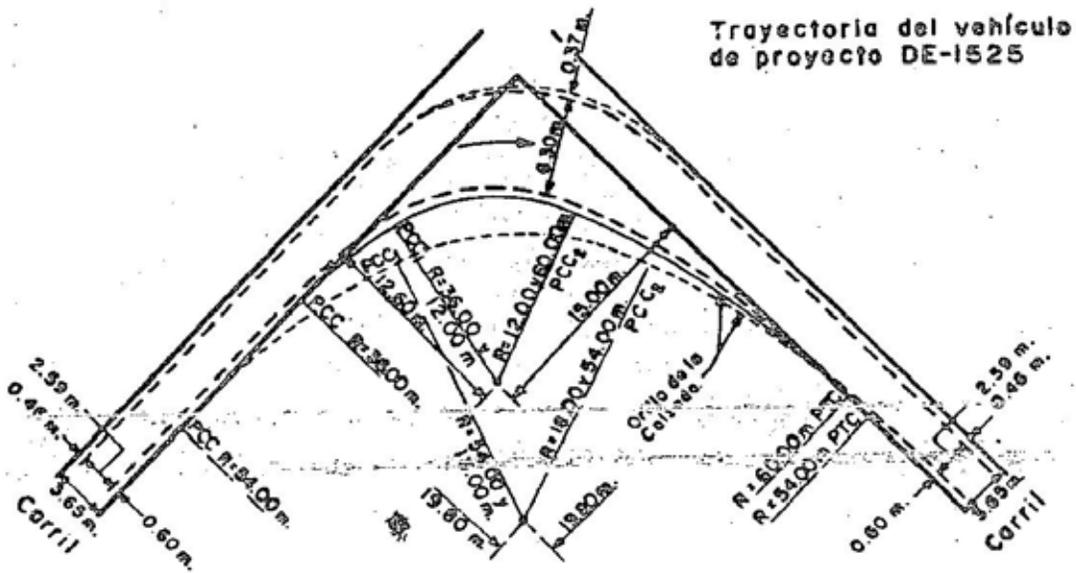
- B -

Fig. 2.8.17. Diseño mínimo para el vehículo DE-610 en una deflexión de 90°.



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. 2.8.18. Diseño mínimo para el vehículo DE-1220 y DE-1525 en una deflexión de 90°.

- Los automóviles, figura 2.8.16. Se muestran los radios mínimos para la orilla interior de la calzada, en una vuelta derecha de 90°, 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.
- Camiones unitarios y autobuses. De la figura 2.8.16. Se tiene que los radios mínimos para la orilla interior de calzada correspondiente a una vuelta derecha de 90°, 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.
- 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.

Elección del diseño mínimo. Las curvas de las figuras 2.8.16. a la 2.8.18, son las que ajustan a las trayectorias mínimas en los diferentes vehículos de proyecto.

2.8.4.2. 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, lograr 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).

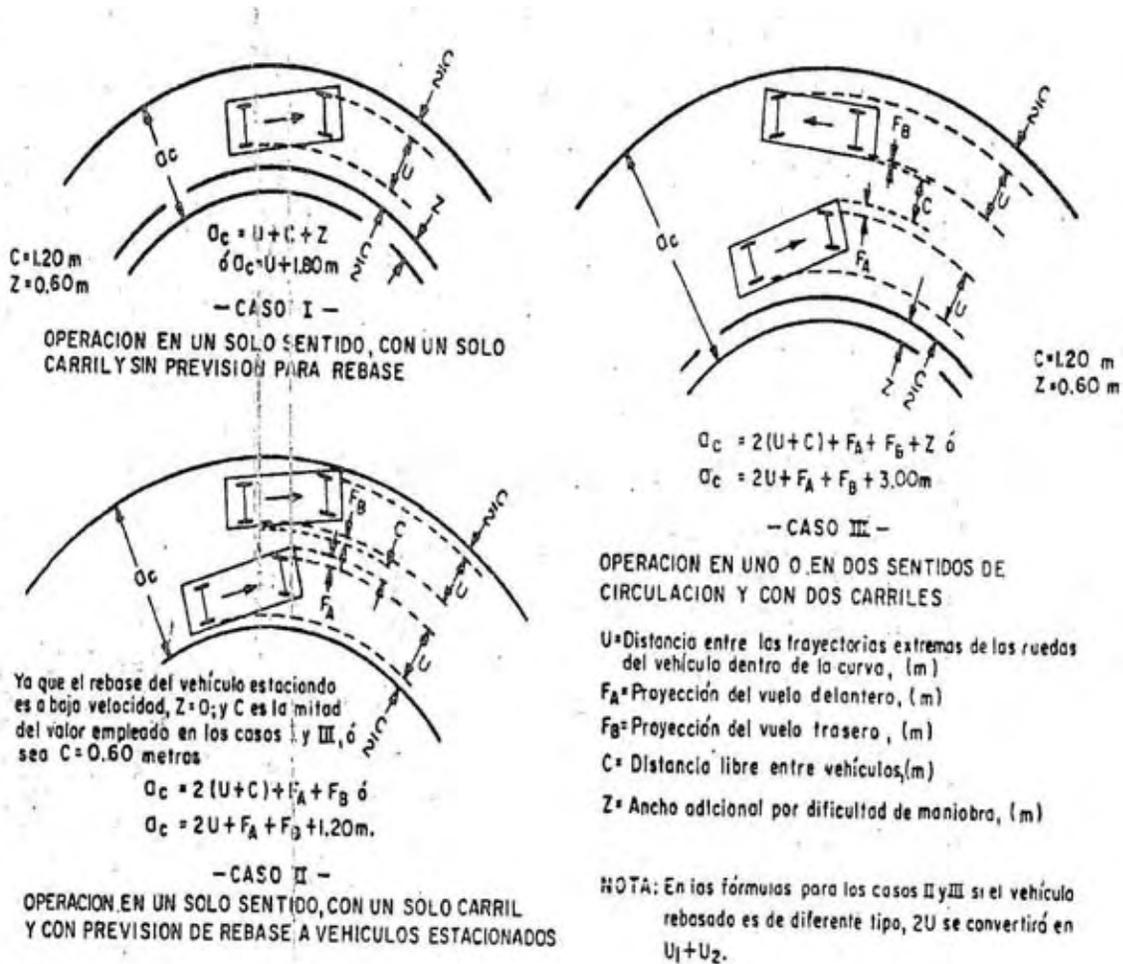


Fig. 2.8.19. Ancho de calzada en los enlaces.

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 circu- 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	6.25

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. 2.8.20. Ancho de calzada en los enlaces.

2.8.4.3. Carriles de cambio de velocidad.

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". (SCT; 1974: 529).

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.

2.8.4.4. Sobreelevación 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 2.8.21, 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 (μ)	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 2.8.21. Radios mínimos para curvas en intersecciones.

2.8.4.5. 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 diversos velocidad de proyecto, esos valores se tuvieron 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 conductor, desde una lectura del ojo de 1.14m, vea un objeto de 0.15m de altura.

2.8.4.6. 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 separa o la 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.

2.8.4.7. Aberturas en la faja separadora central.

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". (SCT; 1974: 436).

Cuando el tránsito de un camino alcanzar 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 efectuaron con poca o nula interferencia para el tránsito que sigue deferente. "El proyecto de las aberturas, de los anchos y remates de la faja separadora central, debe hacerse en base al tipo de los vehículos quedan vuelta, eligiendo un vehículo de proyecto para establecer el patrón de los movimientos de vuelta y cruce". (SCT; 1974: 486).

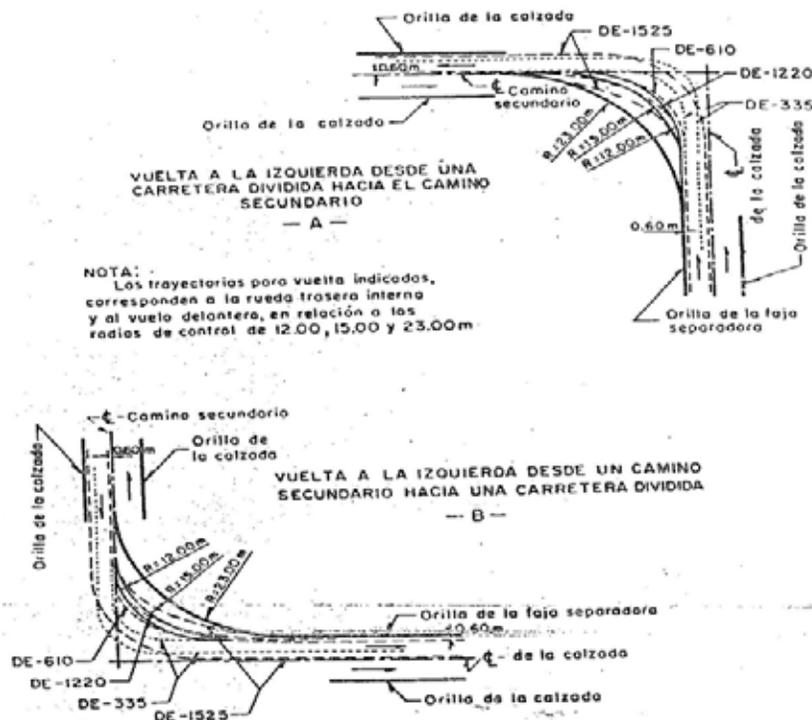
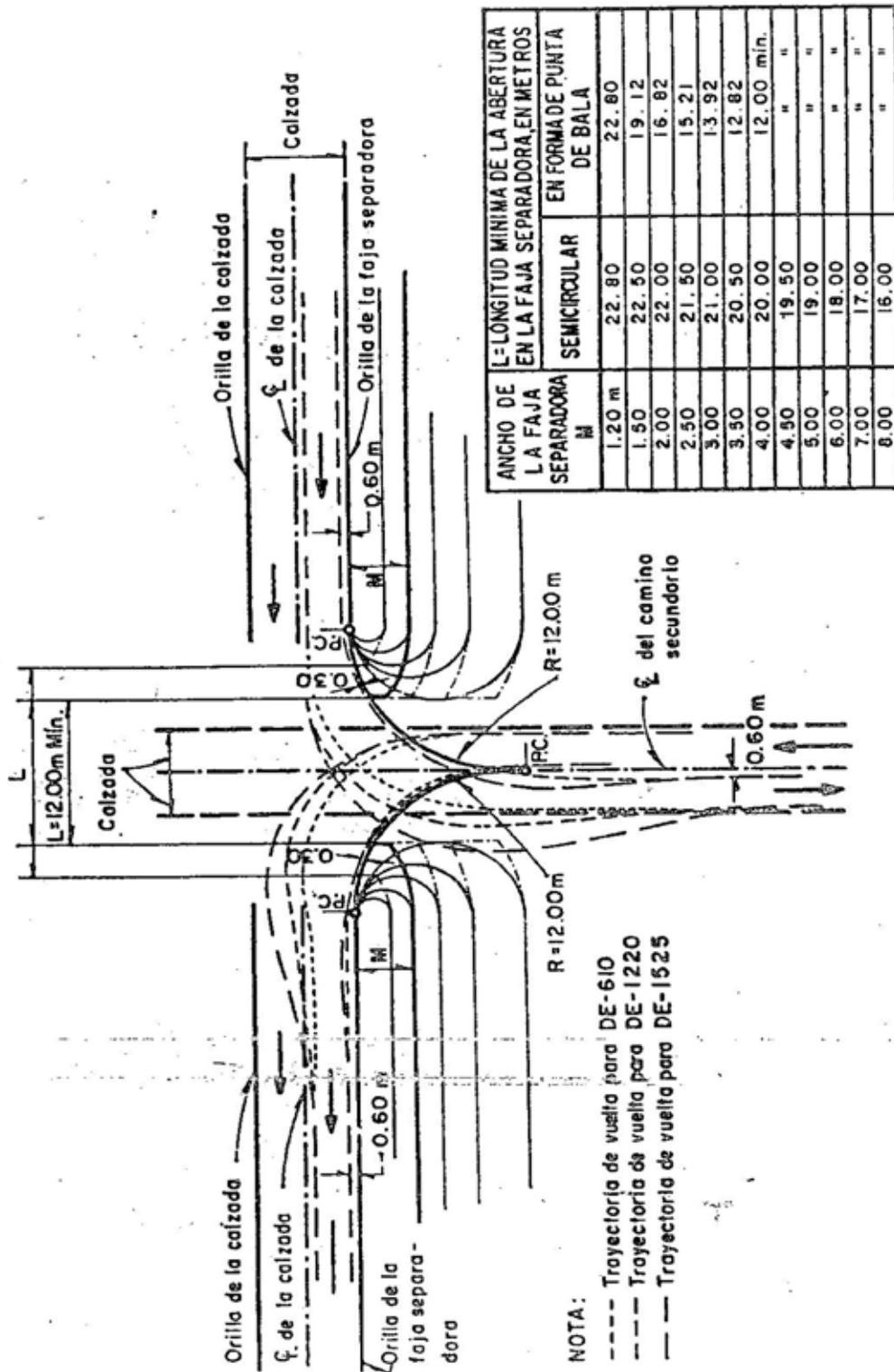


Fig. 2.8.22. Radios de control en intersecciones con vueltas a la izquierda a 90°.



ANCHO DE LA FAJA SEPARADORA M	L=LONGITUD MINIMA DE LA ABERTURA EN LA FAJA SEPARADORA, EN METROS	
	SEMICIRCULAR	EN FORMA DE PUNTA DE BALA
1.20 m	22.80	22.80
1.50	22.50	19.12
2.00	22.00	16.82
2.50	21.50	15.21
3.00	21.00	13.92
3.50	20.50	12.82
4.00	20.00	12.00 min.
4.50	19.50	"
5.00	19.00	"
6.00	18.00	"
7.00	17.00	"
8.00	16.00	"

Fig. 2.8.23. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-355 con radio de control de 12.00 m.

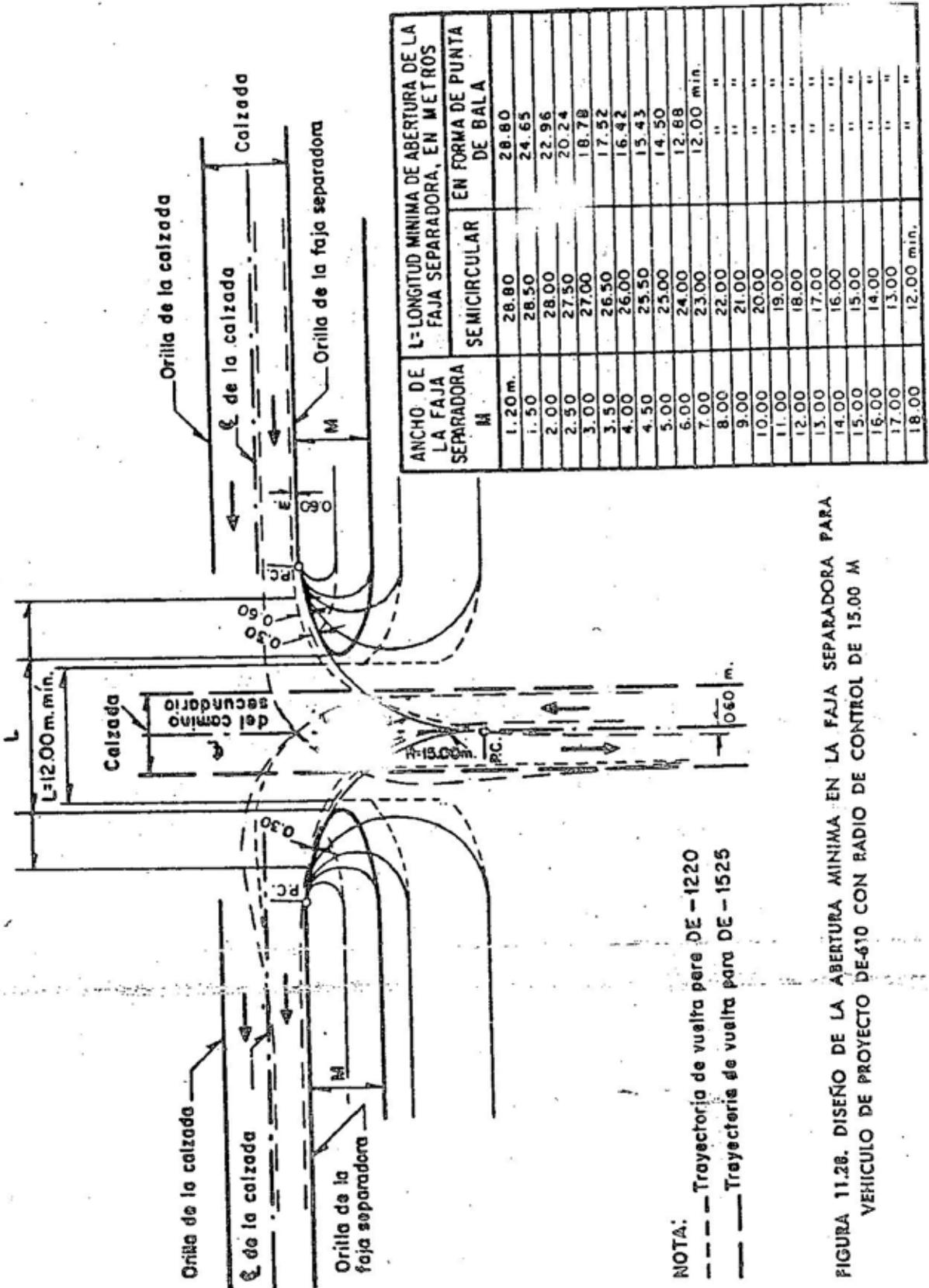


Fig. 2.8.24. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-610 con radio de control de 15.00 m.

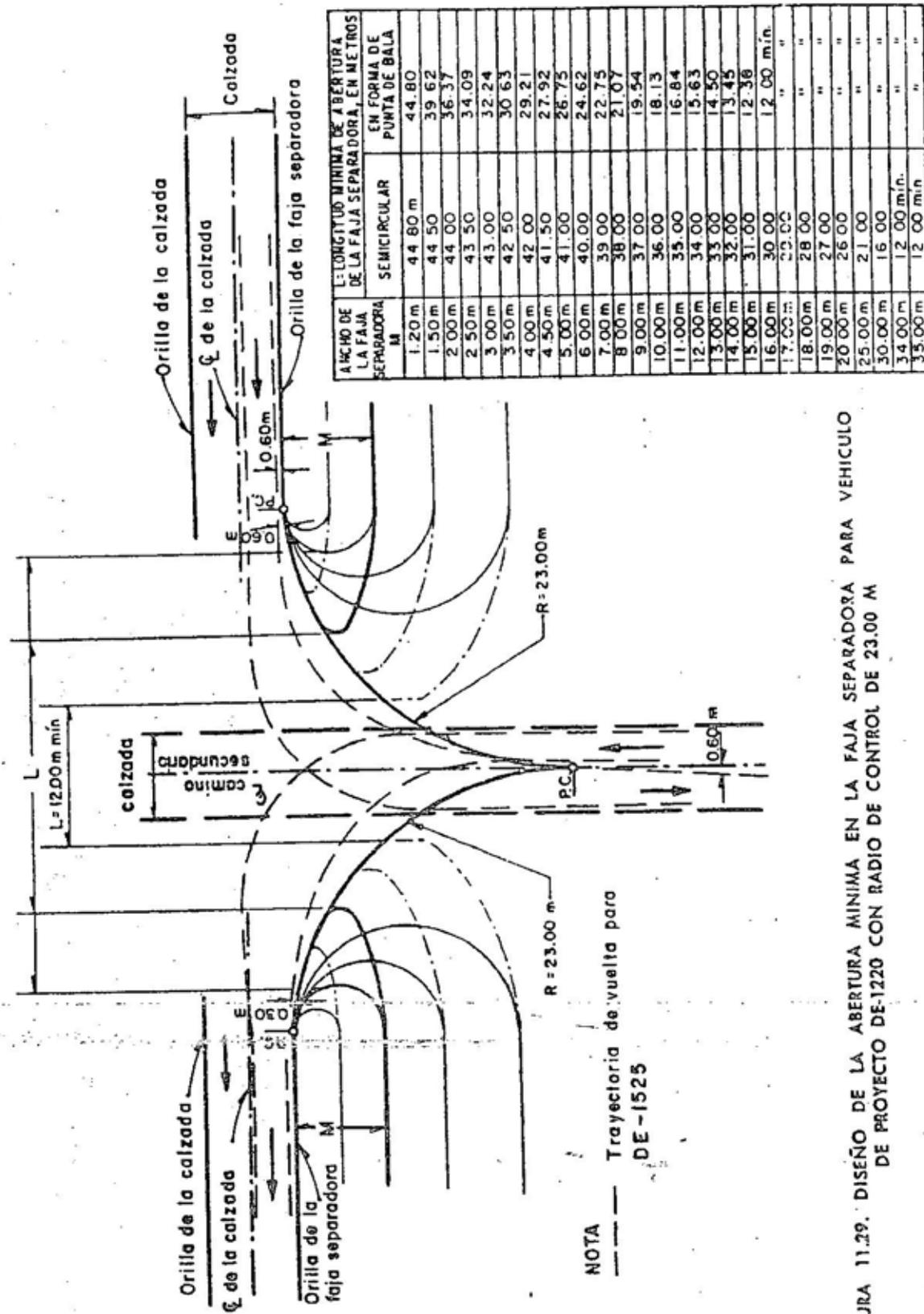


FIGURA 11.29. DISEÑO DE LA ABERTURA MÍNIMA EN LA FAJA SEPARADORA PARA VEHICULO DE PROYECTO DE-1220 CON RADIO DE CONTROL DE 23.00 M

Fig. 2.8.25. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-1220 con radio de control de 23.00 m.

2.8.5. Entronques a nivel.

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

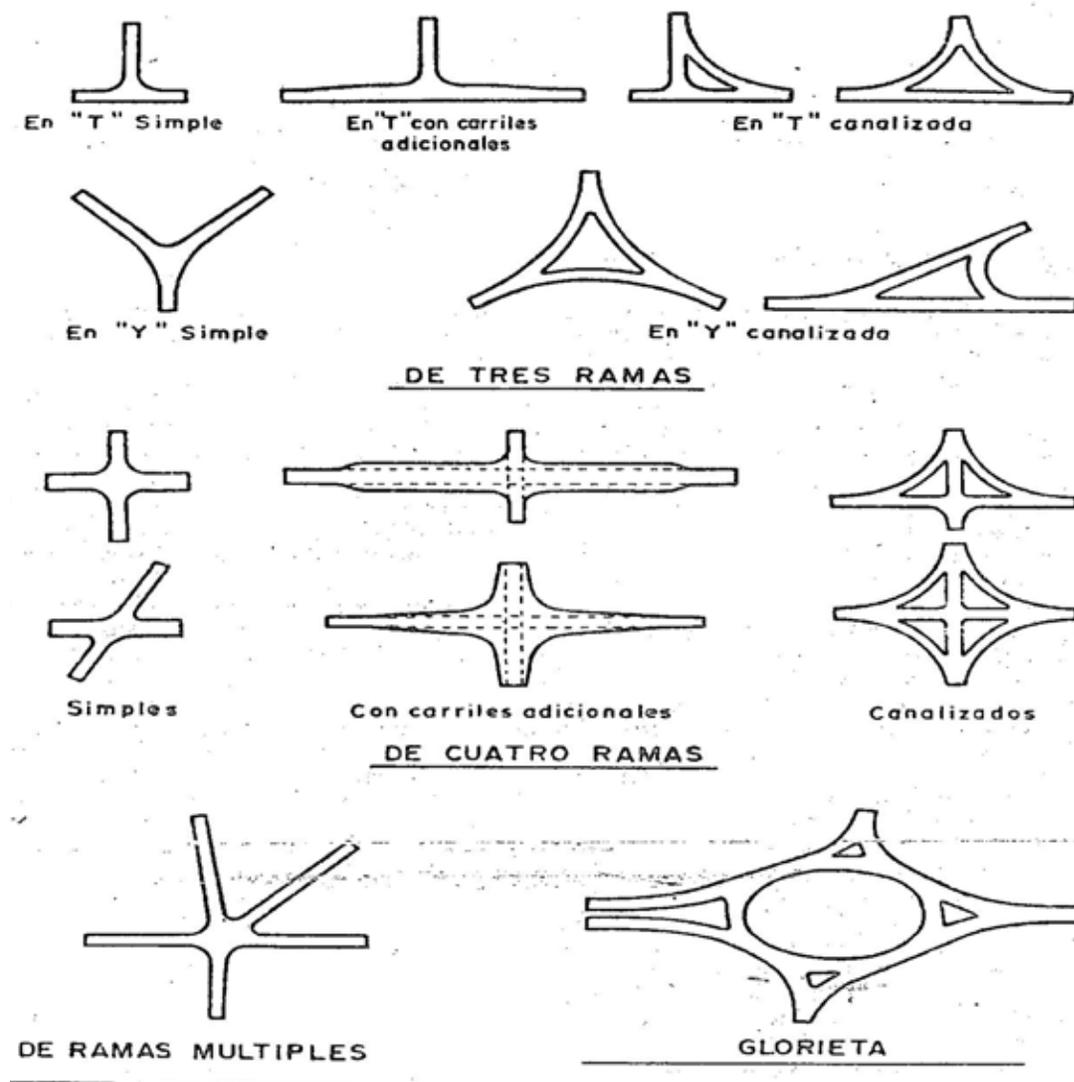


Fig. 2.8.26. Tipos generales de entronques a nivel.

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.

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"(SCT; 1974: 573). 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 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.

2.8.5.1 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 hacerlo en un solo trayecto.

2.8.5.2 Glorietas.

La glorieta es una la 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.

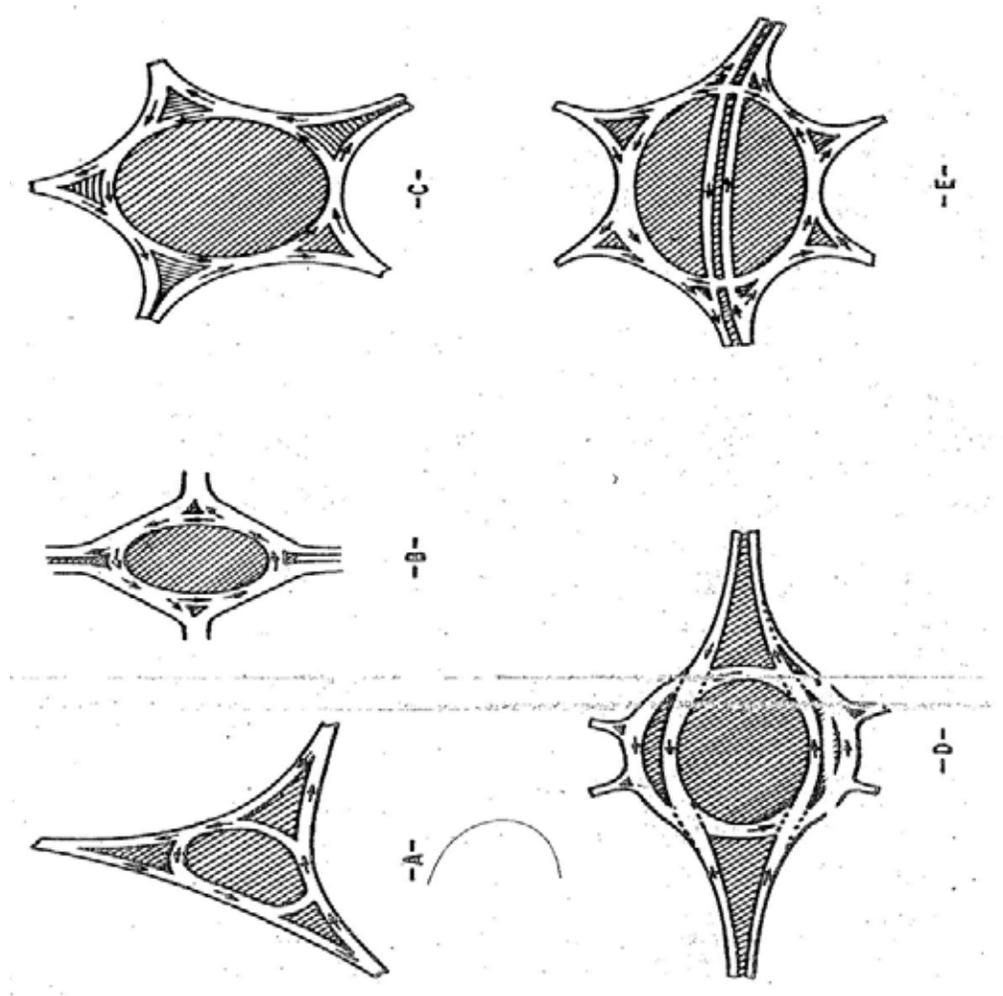


Fig. 2.8.27. Tipos de glorietas.

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 se 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.

2.8.6. 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.

2.9 Señalamiento.

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

2.9.1 Definición de señalamiento.

Un señalamiento en una vialidad o camino se considera como parte medular para un buen funcionamiento de ésta, ya que ofrece seguridad y confianza al usuario. A continuación se presentan los distintos tipos de señalamiento utilizados para una vía terrestre.

2.9.1.1 Señalamiento Horizontal.

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

Dicho señalamiento se clasifica de la siguiente manera.

Clasificación	Tipos de marcas
M-1	Raya separadora de sentidos de circulación
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)
M-2	Raya separadora de carriles
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
M-3	Raya en la orilla de la calzada
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
M-4	Raya guía en zonas de transición
M-5	Rayas canalizadoras
M-6	Raya de alto
M-7	Rayas para cruce de peatones
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías rápidas
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en calles secundarias
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril
M-9	Rayas con espaciamiento logarítmico
M-10	Marcas para estacionamiento
M-11	Símbolos para regular el uso de carriles
M-12	Marcas en guarniciones
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-12.2	Para delinear guarniciones
M-13	Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodamiento
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
DH-1	Violetas sobre el pavimento
DH-2	Violetas sobre estructuras
DH-3	Botones

Tabla. 2.9.1. Clasificación de los señalamientos.

2.9.1.2 Señalamiento vertical.

El señalamiento vertical es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas y/o símbolos que tienen por objeto regular el uso de

la vialidad, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo al camino.

Dicho señalamiento se clasifica de la siguiente manera.

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación De nomenclatura De ruta De kilometraje
SID	Señales informativas de destino Previas Diagramáticas Decisivas Confirmativas
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales diversas
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas

Tabla. 2.9.2. Señalamiento vertical.

De acuerdo a su estructura de soporte se clasifican en:

1. Señales bajas.

- En un poste.
- En dos postes.

2. Señales elevadas.

- Bandera.
- Bandera doble.
- Puente.

Existen varios tipos de señalamientos que se describen a continuación.

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



Figura. 2.9.3. Señales preventivas.

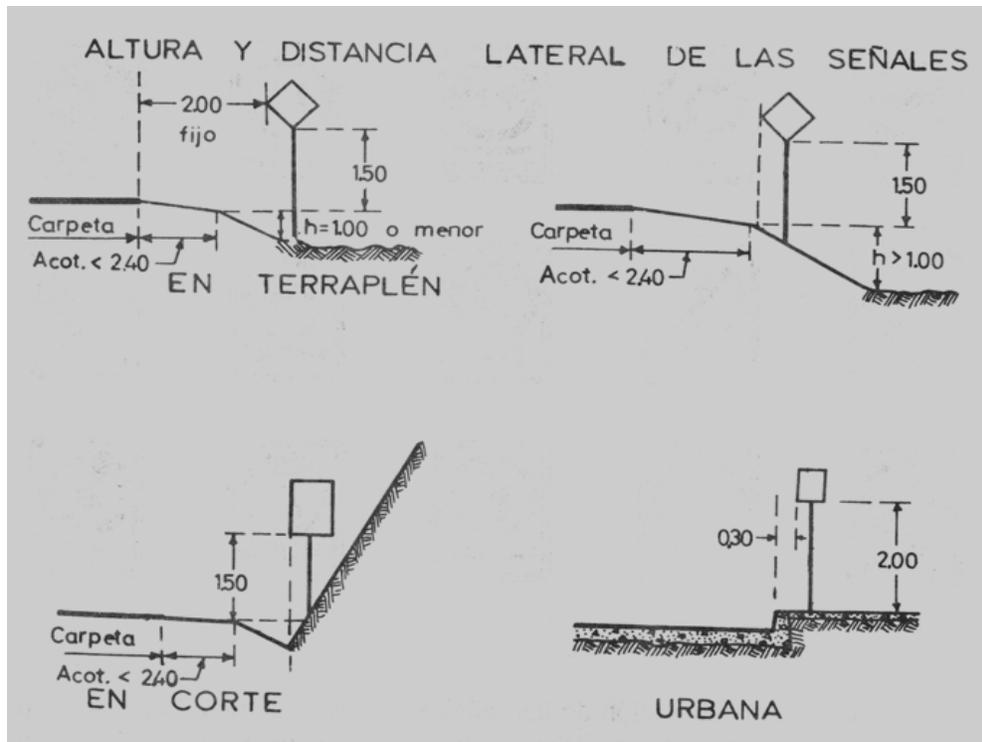


Figura. 2.9.4. Altura lateral de las señales.

- 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.

- 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. En el área de estudio existen los tres tipos de señales. Las condiciones de estas no son las adecuadas pues se encuentran deterioradas, mal colocadas o bien falta algún tipo de señalamiento.



Figura. 2.9.4. Distintos tipos de señalamiento restrictivo.



Figura. 2.9.4. Distintos tipos de señalamiento informativo.



Señales informativas.



Señales informativas de destino.



Señales informativas.

Figura. 2.9.5. Distintos tipos de señalamiento informativo.

CAPÍTULO 3

MARCO DE REFERENCIA.

En el presente capítulo se abordará el tema de marco de referencia, así como sus generalidades. Por otro lado se conceptualizarán los elementos que intervienen, como el resumen ejecutivo, entorno geográfico, informe geográfico, informe topográfico, el estudio de tránsito, así como las diferentes alternativas de solución.

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.

3.2 Resumen ejecutivo.

Los estudios y proyectos para solucionar puntos de conflicto tienen como finalidad ofrecer al usuario vías de comunicación más seguras y eficientes, permitiendo un flujo de vehículos más libre, rápido en cualquier dirección que se requiera y finalmente reduciendo al máximo los accidentes que por la situación del punto de conflicto se presenten. Por esta razón el punto de conflicto ubicado en la carretera Federal Zihuatanejo- La Mira KM 108+000 al 109+000, exactamente en la conjunción del libramiento Este con el acceso a la población denominada Las

Guacamayas, municipio de Lázaro Cárdenas, en el estado de Michoacán de Ocampo.

La situación primordial de este punto de conflicto esta enmarcada, en un cruce en "X", el cual se provoca por la reducción de dos hombros de dos carriles cada uno (Tramo L. Cárdenas – Las Guacamayas) a un solo hombro de doble sentido (Acceso a Las Guacamayas), y así mismo de los dos hombros con dos carriles cada hombro del libramiento de Las Guacamayas con el acceso a la población y la ya comentada carretera a L. Cárdenas, formando un cruce peligroso que no tiene señalización óptima para ofrecer preferencia a algún sentido de flujo en particular.

Las características del tránsito que circulan por la vía, son principalmente de tipo "A" en un 82% por ciento, de tipo "B" en un 6% y de tipo "C" en un 12%, de los cuales se presentaron porcentajes del 2% de T2S2 Y T2S3. Así mismo se pudo verificar el estado actual del pavimento, el cual se considera aceptable con algunos casos puntuales como el paso de una vía de FFCC que provoca frenado y aceleración de los vehículos, lastimando las colindancias de esta vía con el asfalto de la carretera.

Para encontrar las alternativas de solución, el criterio fue la aplicación de las normas que rigen al proyecto, en este caso las de la Normativa de la SCT, la lógica, además que se contó la ayuda de programas computacionales hechos en hojas de cálculo de Excel del paquete de office (Windows), resultados que posteriormente se plasmaron en planos con la ayuda de programas computacionales especialmente diseñados para el diseño asistido por

computadora, 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, fueron crear un retorno, así como isletas de dirección de flujo y reforzar el señalamiento horizontal y vertical, informando al usuario con mayor claridad, las restricciones a las que debe de ajustarse, así como indicarle por donde debe conducir para llegar a su destino.

Finalmente se sugirió una opción más ligera con menos señales, la creación del retorno y la modificación de un camellón, construyendo un carril de almacenamiento para realizar sus maniobras de espera. Así como la modificación del trazo de un carril para obtener una mejor vista del conductor hacia su destino, sea este cual fuera.

Finalmente la resolución de este punto de conflicto implica una mejora en el acceso a la población de Las Guacamayas, siendo de beneficio común para los conductores que evitara al máximo las situaciones de acercamiento extremo, siempre y cuando se respeten los señalamientos que este proyecto marca, así como los límites de velocidad de este tramo carretero.

3.3 Entorno geográfico.

El Estado de Michoacán se localiza en la parte Centro-Occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre las coordenadas 17°54'34" y 20°23'37" de latitud Norte y los 100°03'23" y 103°44'09" de longitud Oeste. Cuenta con una extensión territorial de 59,864 km²

representa el 3% de la superficie total del país. Al Norte colinda con Guanajuato; al Noroeste con Querétaro; al Oriente con el Estado de México; al Sur y Sureste con Guerrero y con el Océano Pacífico y, al Oeste con Colima y Jalisco.

El municipio de Guacamayas está ubicado a 300 kilómetros de la capital del estado, por la carreteras federales 14 y la autopista de cuota Pátzcuaro – Lázaro Cárdenas.



Figura 3.3.1. Localización del punto de conflicto en el estado de Michoacán.

Este punto de conflicto se ubica dentro del tramo del km 108+000 al 109+000 de la carretera Lázaro Cárdenas – La Mira, y es la unión de esta carretera con el Libramiento Este de Las Guacamayas, población que se ubicada

al Norte de la ciudad de Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán. Las coordenadas geográficas de la ubicación del punto de conflicto son: 18° 00' 38.73" N, Latitud Norte y 102° 12' 58.81" W, Longitud Oeste; como referencia, este punto de conflicto se encuentra al Norte de la cabecera No. 19, de la pista de aterrizaje del aeropuerto municipal "La Orilla" de la ciudad de Lázaro Cárdenas.

La población de Guacamayas vive de los comercios locales, ubicados en los costados de la avenida principal y libramiento de esta población, así mismo la industria existente en la ciudad de Lázaro Cárdenas; actividades secundarias son la pesca, la agricultura, el turismo y el aeropuerto localizado al sur de los límites de esta población. El crecimiento de esta población se marca hacia el norte y noroeste, se observa a continuación fotografías de la ubicación del punto de conflicto.

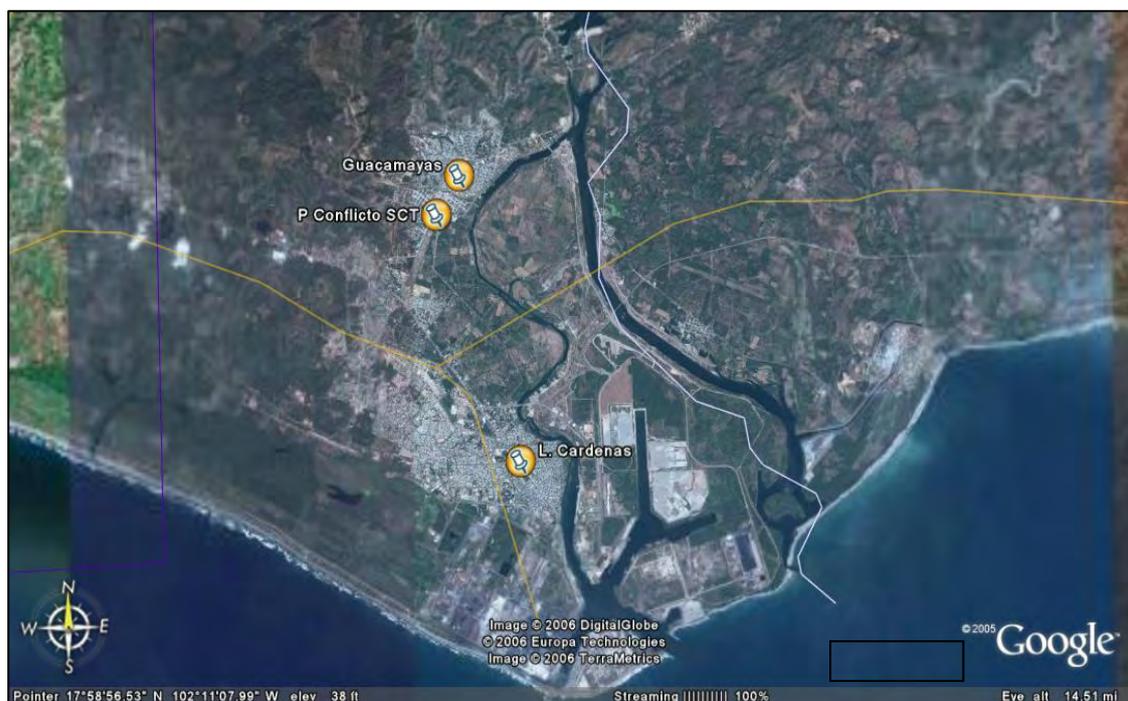


Figura 3.3.2. Localización del punto de conflicto mediante Google Earth.



Figura 3.3.3. Localización del punto de conflicto mediante Google Earth.

3.4 Topografía.

La topografía de la ciudad es plana con un ligero aumento hacia el norte, y cuenta con tramo recto de ferrocarril, lo cual es indicio de la planicie. La altitud del punto de conflicto es de 15 msnm (49 ft), los desniveles a lo largo del kilómetro estudiado, son de un metro máximo, el punto de conflicto se encuentra en los límites de la zona urbana, colinda con construcciones y terrenos agrícolas así también limita con el aeropuerto municipal de Lázaro Cárdenas; lo cual habla de la planicie con la que cuenta. En la foto de la derecha se puede ver la topografía del sitio, según carta del INEGI.

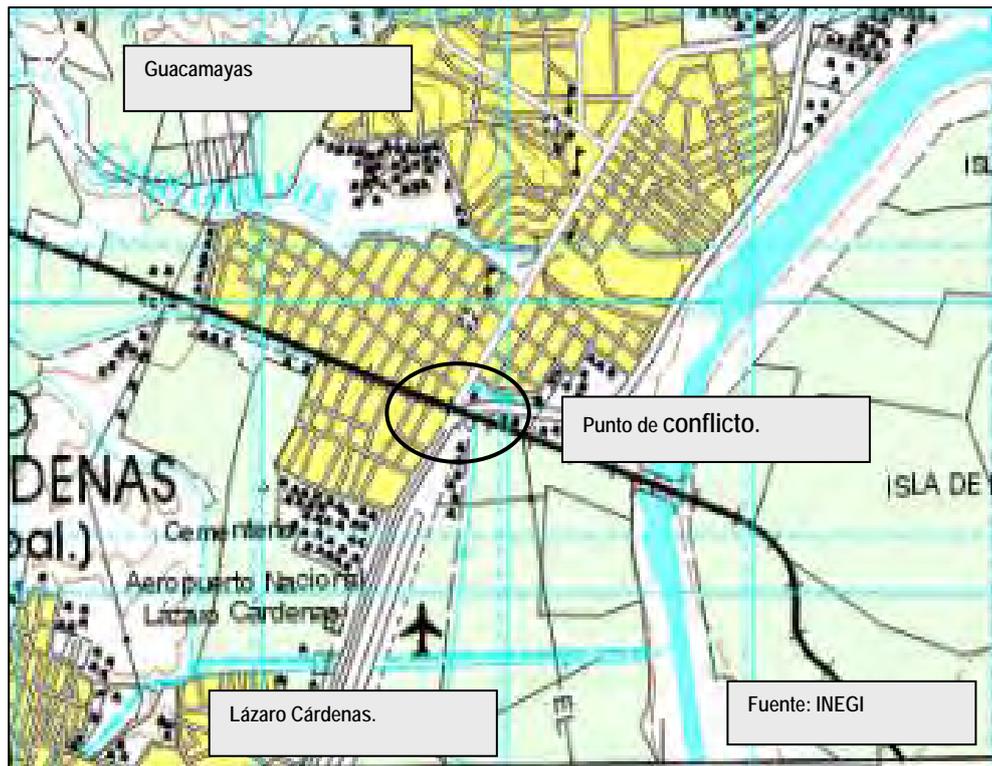


Figura 3.3.4. Topografía de las Guacamayas.

3.5 Geología.

La geología del sitio de los trabajos se considera de tipo Q(al), que son suelos del período Cuaternario y de tipo aluvial, según la carta de INEGI como: depósito de suelo aluvial y pluvial del área, constituidos por fragmentos líticos y de minerales, entre los líticos destacan las rocas intrusivas y volcánicas; entre los minerales, los fragmentos de plagioclasas, cuarzo y mica. Granulometría variable y con redondez que varía de subangulosos a subredondeados.

Hacia el norte y noreste del punto de conflicto a población tenemos geología denominada como Q(cg), que son conglomerados polimíticos color rojizo con una matriz limo arenosa, cementados por carbonatos; y al Noroeste T(Gr) que son Granitos y Granodioritas, emplazada en una secuencia cretácica, esta cubierta por rocas volcánicas terciarias, textura holocristalina y afectaciones de aplita.

El tramo en estudio esta construido sobre un terraplén, el cual se encuentra en buen estado sin problemas de erosión o inestabilidad, el mayor flujo de vehículos va en el sentido de Lázaro Cárdenas, hacia el centro de Guacamayas, el libramiento lleva una carga vehicular de aproximadamente el 30% del flujo total de vehículos, el tramo en cuestión es bueno, tiene algunos problemas de drenaje superficial y daños en la carpeta que se pueden considerar bajos, y que con la aplicación de conservación rutinaria se solventarían sin problema alguno.



Figura 3.5.1. Topografía de las Guacamayas.

3.6 Tipo de terreno y cobertura vegetal.

El punto de conflicto es una zona plana en todo su ancho, se puede ver en la foto, de sur a norte por el carril del Libramiento, la parte principal del punto de conflicto.



Figura 3.6.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.

Como parte de la cobertura general, se tienen pastizales no muy altos, así como huertas de coco, en la zona Este del punto de conflicto. En la parte sureste se tiene la planicie del aeropuerto municipal.



Figura 3.6.2. Tipo de terreno y cobertura vegetal.

3.7 Fallas superficiales y estado de las obras de drenaje.

En el km de proyecto, no se encontraron fallas de tipo estructural en el pavimento, además de que se aprecia que hace poco tiempo se aplicó en el pavimento una rehabilitación a base de riego de sello, sin notarse espesores de sobrecarpeta, lo cual reafirma la sanidad de la estructura de pavimento actual.

La única obra de drenaje es en un retorno pero éste se encuentra más allá del cadenamiento 109+000. Se puede observar que hace mucha falta la conservación rutinaria para mantener el tramo en mejor estado.

La otra obra de drenaje parece ser que existía antes de construir la carretera es el canal de agua de riego que pasa en forma transversal al camino, este canal está revestido con concreto hidráulico y no presenta problemas estructurales aparentes, ni el asfalto que pasa por encima de los puentes construidos para salvar este obstáculo.



Figura 3.7.1. Estado de las obras de drenaje.

3.8 Funcionamiento del drenaje superficial.

Con respecto a este punto, es claro ver que la falta de conservación del camino provoca los problemas que podemos ver en estas fotos. Exactamente en el punto de conflicto, tenemos lagunas después de una lluvia lo cual puede ser un factor importante en la creación de accidentes de tráfico.



Figura 3.8.1.Drenaje superficial deficiente.

Así también en la zona de entrada a la población de Guacamayas, se observa la creación de lagunas por la pendiente transversal de la carretera, el problema es la falta de obras de drenaje superficial para aliviar estos problemas.



Figura 3.8.2.Drenaje superficial.



Figura 3.8.3.Drenaje superficial.

3.9 Estado físico actual.

Dirección Lázaro Cárdenas – Guacamayas. Antes la vías férreas se encuentra en buen estado, sin problemas, aun así en la zona de la intersección tiene problemas por la forma del tirado de la carpeta.



Figura 3.9.1. Estado Físico Actual.

Dirección Lázaro Cárdenas – Guacamayas. Después de las vías férreas, se encuentra en buen estado, pero tiene y desintegración de la carpeta.



Figura 3.9.2. Estado Físico Actual.

La zona de carpeta más afectada es por donde pasa la vía del FFCC, donde los procesos de frenado aceleración deterioran la carpeta asfáltica, asociado además a la acumulación de agua de lluvia.



Figura 3.9.3. Estado Físico Actual.

3.10 Señalamientos y dispositivos de seguridad.

En esta dirección todos los señalamientos están bien conservados, no se encontró ningún problema con ellos, estas fotografías nos dan una idea clara de su estado actual.



Figura 3.10.1. Señalamientos y dispositivos de seguridad.



Figura 3.10.2. Señalamientos y dispositivos de seguridad.

3.10.1 Vehículos que circulan por la vía.

Los vehículos que normalmente transitan por este punto de conflicto, en su mayoría son vehículos ligeros, tipo A y B, los vehículos pesados C, y de la clasificación T2-S2 en adelante, son muy raros, y a la vez pocos como se puede constatar en el aforo realizado durante los días de trabajo en el sitio.



Figura 3.10.3. Tipo de vehículos que circulan.

3.11 Estudio del tránsito.

De manera general, y para los datos del tránsito, nos basaremos a los datos viales 2006, encontrados en la página Web de la SCT. El Aforo es en la carretera con número de ruta 44, Zihuatanejo - La Mira, y la estación de aforo se ubicó en el Km 107+000 de la población de Guacamayas Michoacán.

MICHOCAN																				
44 CARR : ZIHUATANEJO - LA MIRA				CLAVE : 00121				RUTA : MEX-200				AÑO : 2006								
L U G A R				E S T A C I O N				C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O												
				KM	TE	SC	TDPA	A	B	C1	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D
T. IZQ. EXTAPA ZIHUATANEJO				8.00	3	0	12065	84.2	4.6	6.6	1.2	1.0	0.9	0.2	1.3	84	5	11	0.084	0.512
T. DER. CD. ALTAMIRANO				16.30	1	0	4082	78.6	5.5	4.8	3.0	2.2	2.2	0.7	3.0	78	6	16	0.077	0.519
T. DER. CD. ALTAMIRANO				16.30	3	0	3924	80.0	4.9	4.7	2.5	2.2	2.0	0.7	3.0	80	5	15	0.081	0.526
T. DER. LA UNION				52.00	3	0	3477	81.2	5.1	4.6	2.7	1.8	1.6	0.5	2.5	81	5	14	0.093	0.504
ZACATULA				93.50	1	0	3443	82.6	5.3	3.3	1.9	1.7	1.9	0.6	2.7	83	5	12	0.090	0.511
LIM. EDOS. TERM. GRO. PPIA. MICH.				98.50			0													
LA VILLITA				103.80	3	0	3813	80.2	8.5	4.3	2.5	1.2	1.9	0.0	1.4	80	9	11	0.110	0.507
GUACAMAYAS				107.00	1	1	10930	82.4	5.7	5.7	1.3	1.8	2.0	0.1	1.0	82	6	12	0.139	0.509
GUACAMAYAS				107.00	1	2	12365	82.3	6.0	5.5	1.5	1.7	2.0	0.1	0.9	82	6	12	0.093	0.509
T. IZQ. LAZARO CARDENAS				110.90	1	1	5213	84.4	4.8	5.3	2.1	1.1	0.9	0.3	1.1	84	5	11	0.093	0.500
T. IZQ. LAZARO CARDENAS				110.90	1	2	4842	83.3	4.8	5.7	2.1	1.4	1.8	0.0	0.9	83	5	12	0.104	0.500
LA MIRA				119.50	1	1	5367	84.8	3.1	4.8	3.1	1.2	1.4	0.2	1.4	85	3	12	0.109	0.505
LA MIRA				119.50	1	2	5175	84.5	2.8	4.9	2.3	1.6	1.9	0.1	1.9	84	3	13	0.083	0.505

Tabla 3.11.1 Aforo de la carretera 44. Tomada de la página de Servicios técnicos de la SCT.

Como podemos ver en esta tabla, se encuentran dos estaciones en la población de Las Guacamayas, teniendo un TPDA de 10930 y 12365, y la siguiente clasificación de vehículos.

CLASIFICACIÓN VEHICULAR EN PORCIENTO.										
A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C
82.4	5.7	5.7	1.3	1.8	2.0	0.1	1.0	82	6	12
82.3	6.0	5.5	1.5	1.7	2.0	0.1	0.9	82	6	12

Por lo cual concluimos que el TPDA = 10930.

MICHOACAN

44 CARR: ZIHUATANEJO - LA MIRA

CLAVE: 00121

RUTA: MEX-200

AÑO: 2006

L U G A R	E S T A C I O N			CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO .																
	KM	TE	SC	TPDA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D			
T. IZQ. IXTAPA ZIHUATANEJO	8.00	3	0	12065	84.2	4.6	6.6	1.2	1.0	0.9	0.2	1.3	84	5	11	0.084	0.512			
T. DER. CD. ALTAMIRANO	16.30	1	0	4082	78.6	5.5	4.8	3.0	2.2	2.2	0.7	3.0	78	6	16	0.077	0.519			
T. DER. CD. ALTAMIRANO	16.30	3	0	3924	80.0	4.9	4.7	2.5	2.2	2.0	0.7	3.0	80	5	15	0.081	0.526			
T. DER. LA UNION	52.00	3	0	3477	81.2	5.1	4.6	2.7	1.8	1.6	0.5	2.5	81	5	14	0.093	0.504			
ZACATULA	93.50	1	0	3443	82.6	5.3	3.3	1.9	1.7	1.9	0.6	2.7	83	5	12	0.090	0.511			
LIM. EDOS. TERM. GRO. PPIA. MICH.	98.50	0	0																	
LA VILLITA	103.80	3	0	3813	80.2	8.5	4.3	2.5	1.2	1.9	0.0	1.4	80	9	11	0.110	0.507			
GUACAMAYAS	107.00	1	1	10930	82.4	5.7	5.7	1.3	1.8	2.0	0.1	1.0	82	6	12	0.139	0.509			
GUACAMAYAS	107.00	1	2	12365	82.3	6.0	5.5	1.5	1.7	2.0	0.1	0.9	82	6	12	0.093	0.509			
T. IZQ. LAZARO CARDENAS	110.90	1	1	5213	84.4	4.8	5.3	2.1	1.1	0.9	0.3	1.1	84	5	11	0.093	0.500			
T. IZQ. LAZARO CARDENAS	110.90	1	2	4842	83.3	4.8	5.7	2.1	1.4	1.8	0.0	0.9	83	5	12	0.104	0.500			
LA MIRA	119.50	1	1	5367	84.8	3.1	4.8	3.1	1.2	1.4	0.2	1.4	85	3	12	0.109	0.505			
LA MIRA	119.50	1	2	5175	84.5	2.8	4.9	2.3	1.6	1.9	0.1	1.9	84	3	13	0.083	0.505			

Tabla 3.11.2 Aforo de la carretera 44. Tomada de la pagina de Servicios técnicos de la SCT.

3.12 Alternativas de solución.

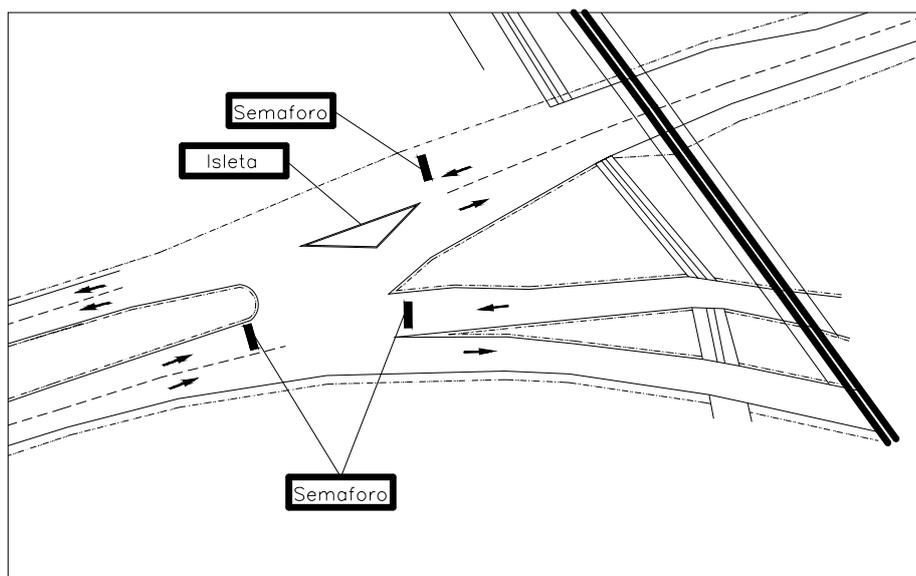
3.12.1 Planteamiento de las alternativas.

Se realizará un resumen de las tres alternativas de solución propuestas para el punto de conflicto es estudio. Iniciando con las dos alternativas que no fueron seleccionadas, y posteriormente con la alternativas de solución seleccionada.

- **Alternativa 1**

El planteamiento de esta solución fue se basó en tener una mejor alternativa para la canalización del flujo del tránsito. Esto sería con una correcta semaforización permitiendo por medio de control de tiempos, los movimientos de los vehículos en las diferentes direcciones, reteniendo así el flujo de los carriles con mayor conflicto que pudieran causar accidentes por falta de cortesía o precaución.

El gráfico de la siguiente página muestra la manera de donde serían colocados estos semáforos, además de la colocación de una isleta para evitar que los vehículos realicen maniobras no permitidas.



- **Alternativa 2**

Proponer un diseño geométrico en un área mayor de terreno que nos permita tener mayor libertad de trazos. Solamente que en este caso estamos limitados en cuanto a la ampliación de un área, por razones de que se tienen diferentes obstáculos como son:

- El canal de riego.
- Las vías férreas.
- La mancha urbana.

Es por estas razones que hacen que la alternativa 2, sea la menos viable en cuanto a su dificultad y disponibilidad del terreno.

- **Alternativa 3**

1. Esta alternativa se basa en la construcción de un retorno, para que los vehículos provenientes del centro de Guacamayas, que viajan en dirección del libramiento, no entren en la zona de conflicto sino que sigan de paso, y retornen para así dirigirse a su destino.
2. Creación de las islas de tráfico que permitirán obligar a los vehículos a seguir una ruta específica, conservando los topes existentes que permiten facilitar el paso de los vehículos del libramiento hacia la carretera a Lázaro Cárdenas.
3. construcción de un carril de almacenamiento, para que los vehículos provenientes de Lázaro Cárdenas, con dirección al centro de Guacamayas, puedan esperar su turno, sin entorpecer el tránsito.

4. modificación del trazo de la curva que tiene la dirección sobre el libramiento, hacia Lázaro Cárdenas, esto con la finalidad de canalizar adecuadamente el flujo del tránsito y evitar accidentes.
5. Revisión de la señalización existente, retirando las señales obsoletas o deterioradas y colocando señales nuevas, reubicadas y actualizadas.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA.

En el presente capítulo, se definirá el método empleado para el proyecto de investigación, así como, el enfoque que se dio para la misma. Además del alcance, diseño de la investigación, instrumentos usados para la recopilación de datos y la descripción del proceso de la investigación.

Sin embargo, será necesario hacer diferentes cálculos matemáticos, los cuales se presentaran en el siguiente capítulo.

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 los siguientes puntos:

- 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:

- 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).
- 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 ampliamente, da el control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Así mismo, brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

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 realizarán 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.

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:

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

4.4 Instrumentos de recopilación de datos.

Para la investigación la recopilación de datos se realizo 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:

- 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.
- Aplicar los instrumentos.
- 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 Guacamayas, 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 Guacamayas, 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 diseño asistido por computadora, 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 Guacamayas.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

5.1 Normas generales para el alineamiento horizontal.

Para realizar un trazo óptimo es necesario se conozcan bien las especificaciones que regirán el diseño geométrico, así como encontrar una armonía entre las normas para el alineamiento horizontal y vertical. Estas últimas se verán afectadas por factores como el derecho de vía, la división de propiedades, el efecto de la vía proyectada sobre otras existentes, los cruces con otras carreteras o ferrocarriles y las provisiones para lograr un buen drenaje entre otros, ya que cabe la posibilidad de que se tenga que forzar el trazo de la vialidad.

Los datos con que se cuenta son:

- Tipo de camino "B".
- Velocidad de proyecto = 70 km/h.
- Distancia de visibilidad = 115 m.
- Distancia de visibilidad de rebase = 360 – 480 m.
- Grado de curvatura = $5^{\circ}0'00''$.
- Pendiente máxima = 3 %.

5.2 Cálculo de curvas horizontales.

El cálculo de las curvas horizontales que se requieren en el proyecto geométrico realizado para este camino, se calcularon en base al Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras y en base a las Normas de Servicios Técnicos para Proyecto Geométrico ambos títulos editados por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Para la curva C2, se tiene que:

- Velocidad de proyecto = 70 km/h.
- $\Delta = 26^\circ 43' 26,25'' = 26.7249^\circ$.

1. Grado de curvatura. De la tabla 002-1, de las normas de servicios técnicos se tiene que, para esa velocidad de proyecto G_c esta entre 5.5 y 2.75, por lo que se propone que $G_c = 5^\circ$.

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	MONTAÑOSO	-	[Shaded cells]																													
	LOMERIO		[Shaded cells]																													
	PLANO		[Shaded cells]																													
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	180	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495
GRADO MAXIMO 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	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75
CURVAS	K	CRESTA	[Values]																													
		COLUMPIO	[Values]																													
	LONGITUD MINIMA	[Values]																														
PENDIENTE GOBERNADORA		%	9	7	-	-	-	8	6	-	-	-	6	5	-	-	-	5	4	-	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-		
PENDIENTE MAXIMA		%	13	10	7	-	-	12	9	6	-	-	8	7	5	-	-	7	6	4	-	-	-	-	6	5	4	-	-	-		
ANCHO DE CALZADA		m	5.5				6.1				6.7				7.3				A2 7.3 (2carriles)				A4 2x7.3 (4carriles)				A4s 2x11.0 (cuerpos separados)					
ANCHO DE CORONA		m	5.5				6.1				7.7				9.3				(un cuerpo)				3.0 Ed 0.5 inf >>1.0									
ANCHO DE ACOTAMIENTOS		m	-				-				0.5				1				2.5				1.0 inf									
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL		m	-				-				-				-				-				>>1.0									
BOMBEO		%	3				3				2				2				2													
SOBREELEVACION MAXIMA		%	10				10				10				10				10													

Figura 5.2.1. Clasificación y características de las carreteras.

2. Radio de la curva.

$$R_c = \frac{1145.92}{G_c} \qquad R_c = \frac{1145.92}{5} = 229.1840.$$

3. Angulo central.

$$I_c = 20 \frac{\Delta_c}{G_c} \qquad I_c = 20 \frac{26.7240}{5} = 106.8960$$

4. Subtangente.

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta_c}{2} \qquad ST = 229.1840 \tan \frac{26.7240}{2}$$

$$ST = 229.1840 \tan (13.3620) = 54.4387$$

5. Externa.

$$E = R_c \left(\sec \frac{\Delta_c}{2} - 1 \right) \qquad E = 229.1840 \left(\sec \frac{26.7240}{2} - 1 \right)$$

$$E = 229.1840 (1.0278 - 1) = 6.3768$$

6. Ordenada media.

$$M = R_c - R_c \cos \frac{\Delta_c}{2} \qquad M = 229.184 - 229.184 \cos \frac{26.724}{2}$$

$$M = 229.184 - 229.1510 = 6.204$$

7. Deflexión en un punto cualquiera de la curva.

$$\theta = \frac{G_c I_c}{20} \qquad \theta = \frac{5(106.8960)}{20} = 26.7240$$

8. Cuerda larga.

$$CL = 2R_c \sin \frac{\Delta_c}{2} \qquad CL = 2(229.1840) \sin \left(\frac{26.7240}{2} \right) = 105.9301$$

9. Angulo de la cuerda.

$$\phi = \frac{G_c I_c}{40} \qquad \phi = \frac{5(106.8960)}{40} = 13.3620$$

5.3 Diseño de la intersección.

Curvas C3, C4 y carril de almacenamiento:

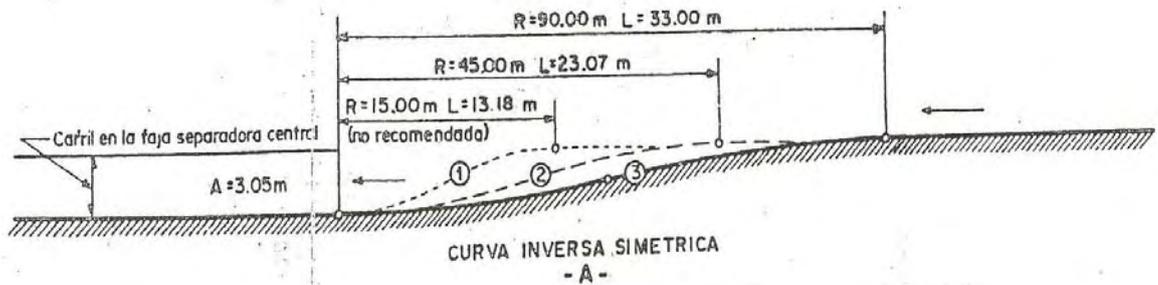
Primeramente se selecciono el tipo de vehículo basándose en el manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT. Tabla 5e. pág. 88.

C A R A C T E R I S T I C A S			VEHICULO DE PROYECTO				
			DE-335	DE-450	DE - 610	DE-1220	DE-1525
DIMENSIONES EN CM.	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	—	—	—	397	915
	Distancia entre ejes del semiremolque	DES	—	—	—	762	610
	Vuelo delantero	Vd	92	100	122	122	92
	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61
	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	—	—	—	—	122
	Distancia entre ejes tándem semiremolque	Ts	—	—	—	122	122
	Distancia entre ejes interiores tractor	Dt	—	—	—	397	488
	Dist.entre ejes interiores tractor y semiremolque	Ds	—	—	—	701	793
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259
	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412
	Altura de los ojos del conductor	Hc	114	114	114	114	114
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61
Altura de los faros traseros	Ht	61	61	61	61	61	
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	α	1°	1°	1°	1°	1°	
Radio de giro mínimo (cm)	Re	732	1040	1281	1220*	1372*	
Peso total (Kg)	Vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000
	Vehículo cargado	Wc	5000	10000	17000	25000	30000
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)	Wc/P	45	90	120	180	180	
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO		A _p y A _c	C2	B.-C3	T2 - S1 T2 - S2	T3 - S2 OTROS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A _p y A _c	99	100	100	100	100	
	C2	30	90	99	100	100	
	C3	10	75	99	100	100	
	T2 - S1	0	0	1	80	99	
	T2 - S2	0	0	1	93	78	
T3 - S2	0	0	1	18	100		
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	A _p y A _c	98	100	100	100	100	
	C2	62	98	100	100	100	
	C3	20	82	100	100	100	
	T2 - S1	6	85	100	100	100	
	T2 - S2	6	42	98	98	98	
T3 - S2	2	35	80	80	80		

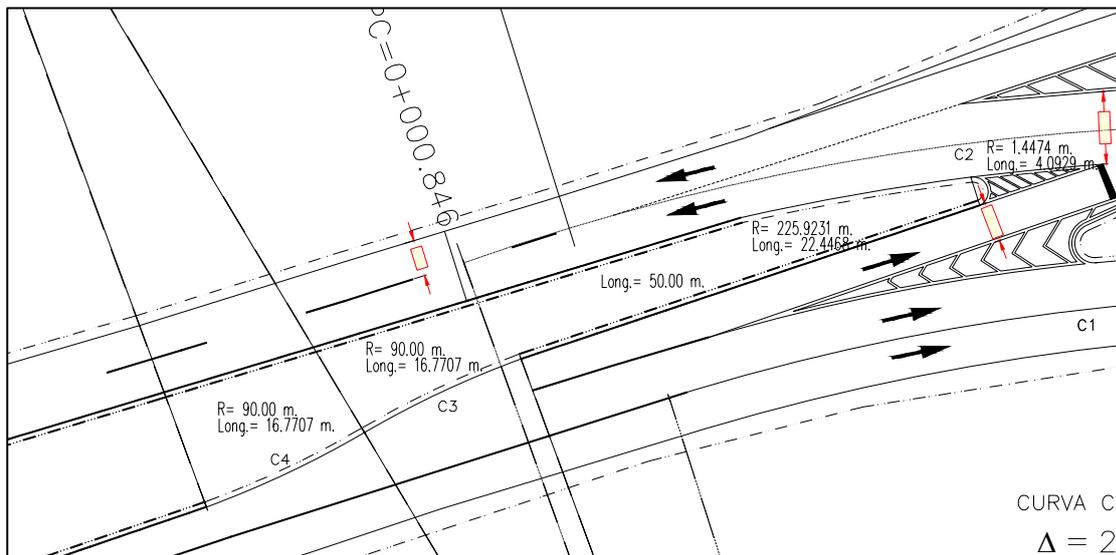
Para este caso en particular se eligió el tipo de vehículo denominado DE-1220, y de la pagina 510 del manual en cuestión se obtiene la longitud del carril de almacenamiento. Para este caso se eligió una longitud de 50 m.

Vehículos dando vuelta por hora N	30	60	100	200	300
Longitud de almacenamiento requerida. En metros	7.50	15.00	25.00	50.00	75.00

Para el trazo de las curvas C3 y C4, se obtuvieron datos de la figura 11.36a, de la pagina 507. Quedando las curvas de la siguiente manera:



$R = 90\text{m.}$ $L = 33\text{ m.}$ $A = 3.50\text{m.}$



Curvas C5, C6 y carril de almacenamiento:

Con el mismo vehículo de proyecto DE-1220, obtenido del manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT. Tabla 5e. pág. 88. Y de la pagina 510, se obtiene la longitud del carril de almacenamiento. Para este caso fue conveniente elegir una longitud de 60m.

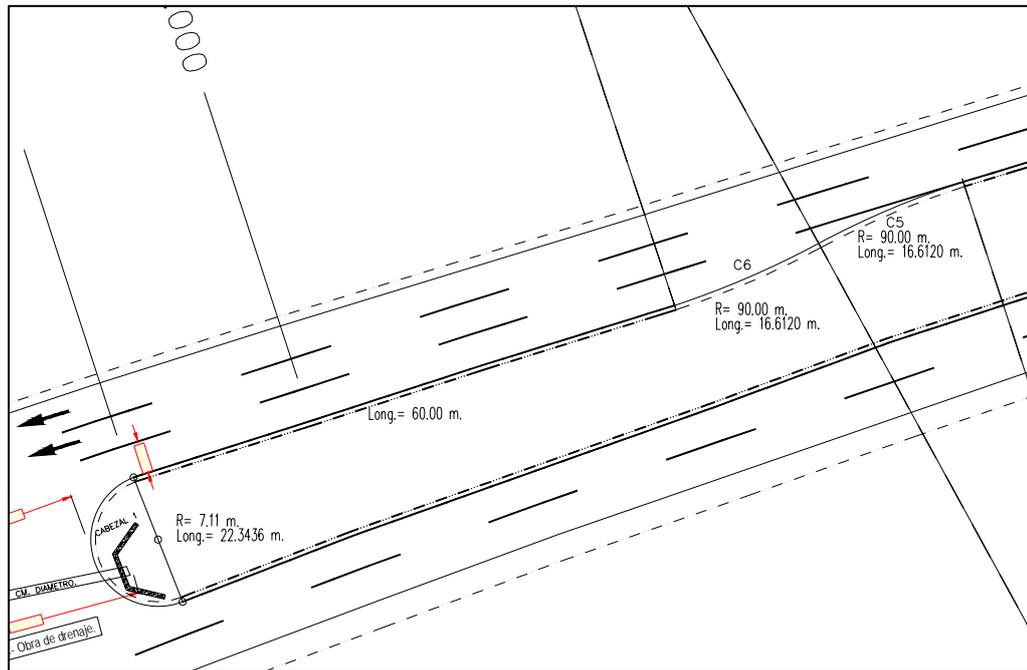
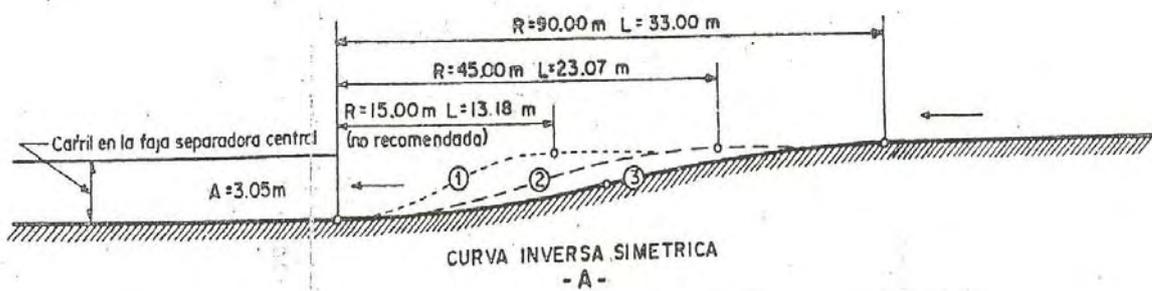
Vehículos dando vuelta por hora N	30	60	100	200	300
Longitud de almacenamiento requerida. En metros	7.50	15.00	25.00	50.00	75.00

Para el trazo de las curvas C5 y C6, se obtuvieron datos de la figura 11.36a, de la pagina 507. Quedando las curvas de la siguiente manera:

$$R = 90\text{m.}$$

$$L = 33\text{ m.}$$

$$A = 3.50\text{m.}$$



Curvas C7, C8 y carril de almacenamiento.

Con el mismo vehículo de proyecto DE-1220, obtenido del manual de proyecto geométrico de carreteras de la SCT. Tabla 5e. pág. 88. Y de la pagina

510, se obtiene la longitud del carril de almacenamiento. Para este caso fue conveniente elegir una longitud de 60m.

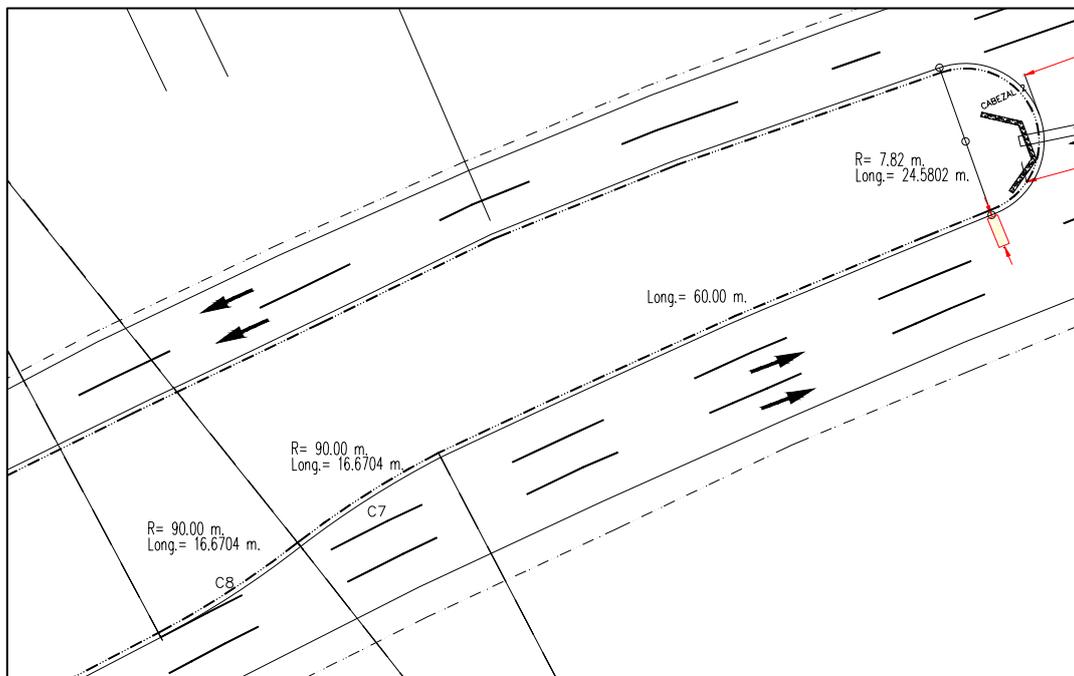
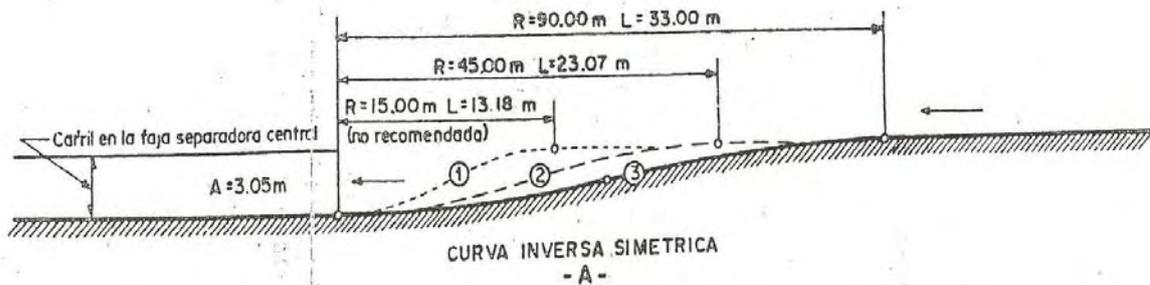
Vehículos dando vuelta por hora N	30	60	100	200	300
Longitud de almacenamiento requerida. En metros	7.50	15.00	25.00	50.00	75.00

Para el trazo de las curvas C7 y C8, se obtuvieron datos de la figura 11.36a, de la pagina 507. Quedando las curvas de la siguiente manera:

$R = 90\text{m.}$

$L = 33\text{ m.}$

$A = 3.50\text{m.}$



Con estas modificaciones, hechas al proyecto geométrico de la intersección en el libramiento “Guacamayas”, de la carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas.

Se puede concluir que son suficientes para un mejor funcionamiento del entronque, ya que se canaliza de una forma más directa el tráfico vehicular que va del libramiento a Guacamayas, con destino a Lázaro Cárdenas, los vehículos que van sobre el libramiento, no tienen nada que les interfiera en su destino y los que van a tomar la intersección, cuentan con carriles de almacenamiento, además de una correcta señalización horizontal y vertical.

Se mantiene informado al usuario con una debida señalización, la cual se verifico, retirando las señales obsoletas y colocando señalización nueva y actualizada tanto en sentido vertical, como horizontal.

CONCLUSIONES.

Luego de realizarse el análisis e interpretación de resultados, se puede concluir que en el presente proyecto se lograron cumplir los objetivos de una forma satisfactoria. Y como objetivo principal se tiene: realizar una alternativa del proyecto geométrico de la intersección en el libramiento Guacamayas, sobre la carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas. Y para poder hacer estas revisiones y modificaciones al proyecto geométrico, cabe señalar que se basó completamente en los lineamientos marcados en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, editado por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Todas las modificaciones geométricas que se realizaron al proyecto, fueron principalmente con la finalidad de poder ofrecer una mayor seguridad al usuario al conducir por esta intersección, cuyos cambios fueron en base a los estudios realizados, que definieron el tipo de camino, para poder hacer la clasificación y las diferentes especificaciones, además del tipo de vehículo de proyecto según la SCT.

Para poder dar solución a las preguntas de investigación: Geométricamente ¿Cuál deberá ser el diseño para la realización de una intersección en el libramiento Guacamayas, carretera Zihuatanejo – Lázaro Cárdenas?, ¿Qué se entiende por Proyecto Geométrico?, ¿Cuáles son los tipos de intersecciones que existen?, ¿Qué elementos debe tener una intersección? y ¿Qué factores intervienen en el diseño de una intersección?, se tuvo la necesidad de recurrir a diferentes paquetes de software especializado en diseño asistido por computadora (CAD), como lo son: Autocad y CivilCad, este ultimo utiliza como

base para sus cálculos y trazos, las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, por consecuencia todas las correcciones hechas con este programa coinciden completamente con la normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Para el trazo de la intersección en el libramiento Guacamayas, se realizó un estudio topográfico, para poder hacer el diseño en planta y obtener el perfil de la rasante, además de las secciones transversales, todo esto con la finalidad de poder ver en detalle los cortes, terraplenes, pendientes y elevaciones. Con esto se tiene una mejor ubicación de la corona y subcorona, así como de las obras complementarias.

En referencia a la revisión al proyecto geométrico de la intersección del libramiento Guacamayas, se demostró que se puede lograr una mejor conducción del camino, más rápido y seguro para los usuarios, tomando en cuenta una velocidad de proyecto de 70 km/h, y un tipo de camino "B". La visibilidad se tomó en cuenta en todos los casos, para así poder dar los radios adecuados a las curvas calculadas.

Las ventajas de contar con un proyecto geométrico consisten, en que se puede tener una mejor conducción del camino, más rápido, además de seguro, esto se logró con la revisión previa, y modificando la curva denominada C2, para evitar la colisión de los vehículos que circulan por este punto de conflicto, así también, se realizaron 3 en el camellón derecho, con el fin de almacenar el tráfico, para que no interfiera en las demás maniobras que realizan los vehículos que llevan una ruta diferente a los almacenados. Se tomó en cuenta el tipo de vehículo y sus dimensiones, para un adecuado diseño de los carriles.

Una parte muy importante en el proyecto geométrico de la intersección, fue la señalización, para esto se baso principalmente en las normas de señalamiento horizontal y vertical de la SCT. Haciendo una evaluación del señalamiento existente, se tuvo la necesidad de retirar algunas señales existentes que estaban colocadas en un lugar inadecuado, en relación a algunas otras señales, se hizo la observación de retirarlas por su mal estado. También se colocó señalamiento nuevo, que a continuación de detalla.

Señalamiento Horizontal.

- M-1.1 Raya continua sencilla separadora de sentidos de circulación 15 cm, amarillo retroreflejante.
- M-2.1 Raya separadora de carriles, continua sencilla 15 cm, blanco retroreflejante.
- M-2.3 Raya separadora de carriles, discontinua. 15 cm, blanco retroreflejante.
- M-3.1 Raya en la orilla derecha, continua 15 cm, blanco retroreflejante.
- M-3.3 Raya en la orilla izquierda, continua 15 cm, amarillo retroreflejante.
- M-D.5.1 Raya canalizadora limita la zona neutral 15 cm, amarillo retroreflejante.
- M-D.5.2 Raya de galon para zona neutral 15 cm, amarillo retroreflejante.

- M-6 Raya de alto, continua sencilla, 30 cm para cruce con vialidad, blanco retroreflejante.
- M-6 Raya de alto, continua sencilla, 40 cm cruce con ffcc, blanco retroreflejante.
- M-7.1 Raya para cruce de peatones, continuas 40x110, alternadas a 40 cm, amarillo retroreflejante.
- M-8 Marcas para cruce de ferrocarril, según norma, blanco retroreflejante.
- M-11 Símbolos para regular el uso de carriles (flechas), blanco retroreflejante.
- M-9 Raya en espaciamiento logarítmico espesor 60 cm, blanco retroreflejante.

Señales preventivas.

El tamaño general de esta señal para nuestro tipo de caminos será de 86 X 86 CM, ubicadas de tal forma que cumplan la normativa SCT.

- SP-35 suministro y col. de señal cruce de ferrocarril.

Señales restrictivas.

El tamaño general de esta señal para nuestro tipo de caminos será de 86 X 86 cm, y la distancia de colocación es sobre la restricción eliminando cualquier obstáculo que impida su visibilidad.

- SR-9 Suministro y colocación de señal velocidad máxima.
- SR-18 Suministro y colocación de prohibido rebasar.
- SR-25 Suministro y colocación de prohibido vuelta en “u” .

Señales informativas.

Son dos señales que serán reglamentadas por el Manual de Dispositivos de Tránsito ya comentado, teniendo que la diagramática de bandera será señal alta mientras que la señal de topes a XXX metros será baja, de ambas señales existen algunas, se deberá de revisar en plano cuales son las existentes y las nuevas.

- SIR Señal topes a xxx mts.
- SIR Señal retorno a xxx mts.
- SII-15 Señal de kilometraje (km 108+000 y km 109+000).

Señales o dispositivos diversos.

Todo este tipo de señales son de piso y se colocarán donde el plano de señalamiento lo marque, las defensas metálicas se colocarán sólo en el paso del canal de riego, los indicadores de alineamiento son de PVC retroáctil, para evitar daños a vehículos; las boyas no están normadas todavía por la SCT, sin embargo serán usadas para la conducción del flujo en esta intersección.

- DH-1.1 Vialitas sobre líneas m-1.1.
- DH-1.7 Vialitas sobre líneas m-2.1.
- DH-1.9 Vialitas sobre líneas m-2.3.
- DH-1.10 Vialitas sobre líneas m-3.1.
- DH-1.14 Vialitas sobre líneas m-3.3.
- DH-1.16 Vialitas sobre líneas m-5
- OD-4 Suministro y colocación defensa metálica od-4 viga ipr 2 crestas.
- OD-5 Suministro y colocación de indicadores de obstáculos 30x122.
- OD-6 Suministro y colocación de indicadores de alineamiento de pvc retroactil.

- S-508 Suministro y colocación boyas metálicas 20cm x 20 cm c/reflejante dos caras.

El proyecto geométrico involucra varias actividades como lo son: el acopio de datos, análisis y examen de estos, levantamientos topográficos, alineamiento horizontal y vertical, seccionamiento, además de cálculo de volúmenes y movimiento de tierras.

Es importante esta modificación al proyecto geométrico de la intersección en el libramiento Guacamayas, ya se obtienen beneficios varios, como son: en primer lugar, la reducción de accidentes, mejor conducción por parte de los usuarios, evitar el entorpecimiento del tránsito, además de que la población de Guacamayas tiende crecer económicamente, ya que sus vías de comunicación con el puerto de Lázaro Cárdenas son mas rápidas y seguras.

BIBLIOGRAFIA.

G. Carlos Arias Rivera.

Cuaderno de comportamiento de suelos.

Fac. Ing. UNAM.

Hernández S., Roberto y Cols. (2004).

Metodología de la investigación.

Ed.Mc.Graw Hill. México.

José Alfonso Mier S. (1987).

Introducción a la Ingeniería de Caminos.

U.M.S.N.H.

Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

Técnicas de investigación documental.

Ed. Thompson, México.

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. (1974).

Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

México.

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

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION.

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

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/navegacion/carrera_lic.html.

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

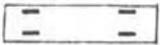
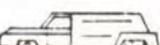
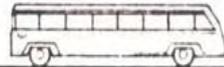
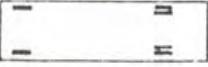
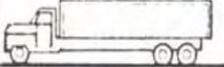
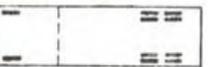
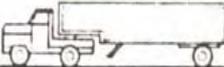
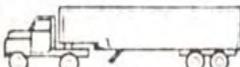
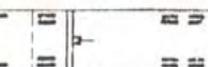
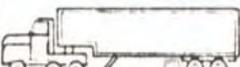
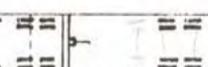
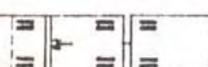
<http://dgst.sct.gob.mx/index.php?id=459>.

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

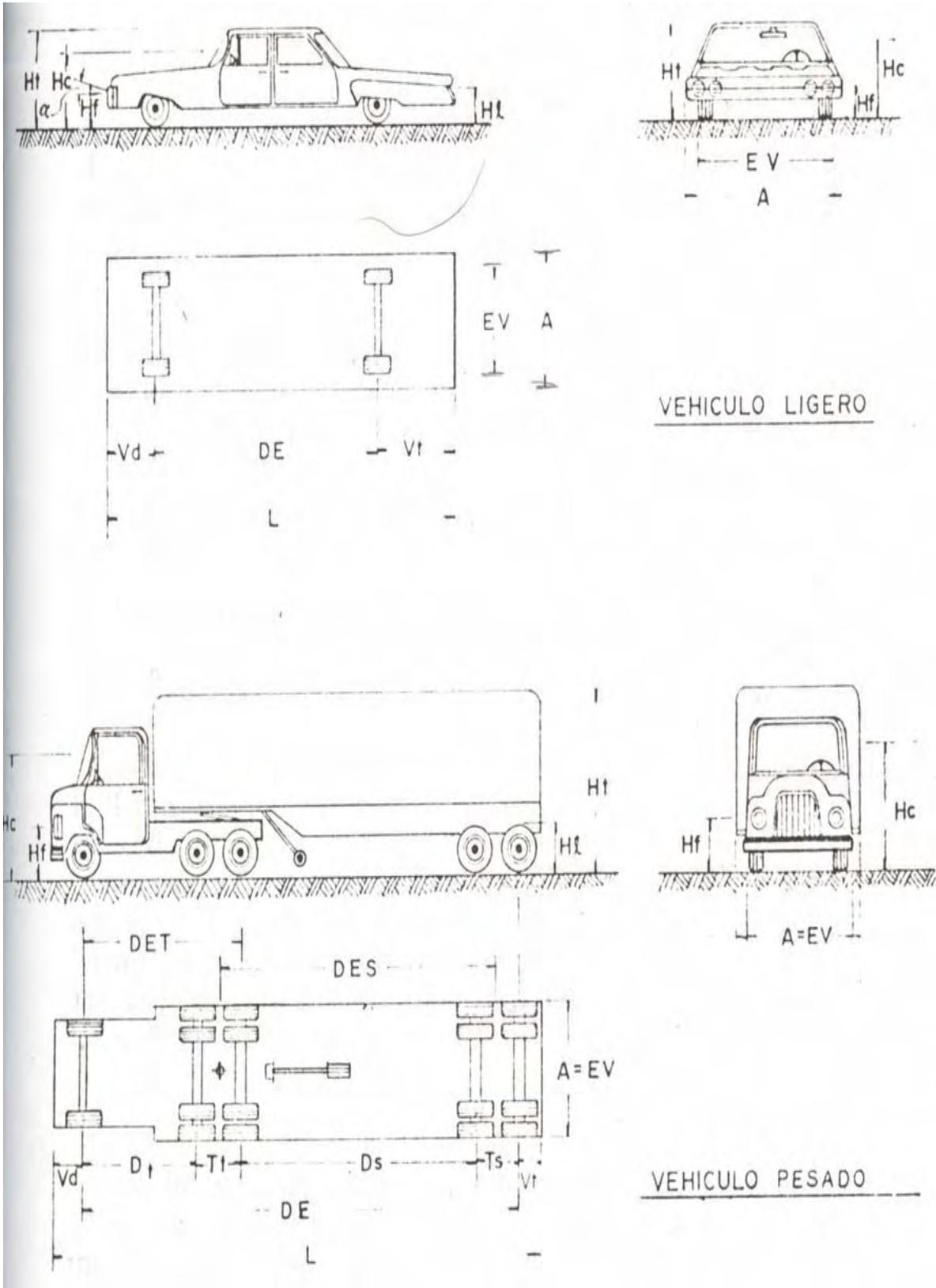
www.ecumed.net/coursecon/libreria/2004/fme/1d.htm.

Curso de Vías Terrestres, de la Universidad Don Vasco A.C.

Apéndice A. Clasificación de los vehículos.

TIPO DE VEHICULO		NUM.DE EJES	E S Q U E M A S		SIMBOLO	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE CAMIONES	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL DE VEHICULOS		
			PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES	2			Ap	—	46	58	
	CAMIONETAS				Ac		12		
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2			B	—	12	42	
	CAMIONES	2			C2	73	100		30
		3			C3	13			
					T2-S1				
		4			T2-S2	7			
		5			T3-S2	7			
					T2-S1-R2				
	OTRAS COMBINACIONES								
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	V A R I A B L E			E _n variable n = variable	V A R I A B L E			
	MAQUINARIA AGRICOLA								
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS								
	OTROS								

Apéndice B. Dimensiones de los vehículos pesados y ligeros.



Apéndice C. Características de los vehículos de proyecto.

C A R A C T E R I S T I C A S			VEHICULO DE PROYECTO						
			DE-335	DE-450	DE - 610	DE-1220	DE-1525		
D I M E N S I O N E S E N C M.	Longitud total del vehículo	L	580	730	915	1525	1678		
	Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1220	1525		
	Distancia entre ejes extremos del tractor	DET	—	—	—	397	915		
	Distancia entre ejes del semiremolque	DES	—	—	—	762	610		
	Vuelo delantero	Vd	92	100	122	122	92		
	Vuelo trasero	Vt	153	180	183	183	61		
	Distancia entre ejes tándem tractor	Tt	—	—	—	—	122		
	Distancia entre ejes tándem semiremolque	Ts	—	—	—	122	122		
	Distancia entre ejes interiores tractor	Dt	—	—	—	397	488		
	Dist. entre ejes interiores tractor y semiremolque	Ds	—	—	—	701	793		
	Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259		
	Entrevía del vehículo	EV	183	244	259	259	259		
	Altura total del vehículo	Ht	167	214-412	214-412	214-412	214-412		
	Altura de los ojos del conductor	Hc	114	114	114	114	114		
	Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61		
Altura de los faros traseros	Ht	61	61	61	61	61			
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	α	1°	1°	1°	1°	1°			
Radio de giro mínimo (cm)	Re	732	1040	1281	1220*	1372*			
Peso total (Kg)	Vehículo vacío	Wv	2500	4000	7000	11000	14000		
	Vehículo cargado	Wc	5000	10000	17000	25000	30000		
Relación Peso/Potencia (Kg/HP)	Wc/P	45	90	120	180	180			
VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO			A _p yA _c	C2	B.-C3	T2 - S1 T2 - S2	T3 - S2 OTROS		
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO			A _p yA _c	99	100	100	100		
			C2	30	90	99	100		
			C3	10	75	99	100		
			T2 - S1	0	0	1	80	99	
			T2 - S2	0	0	1	93	78	100
			T3 - S2	0	0	1	18	90	98
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO			A _p yA _c	98	100	100	100		
			C2	62	98	100	100		
			C3	20	82	100	100		
			T2 - S1	6	85	100	100		
			T2 - S2	6	42	98	98		
			T3 - S2	2	35	80	80		

