



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No.8727- 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

**ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO DEL CAMINO
CHURUMUCO 4 CAMINOS, TRAMO ZICUIRÁN CHURUMUCO KM
42+340 AL KM 45+420. EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Oscar Francisco Martínez.

Asesor:

MI. Esteban Brito Chávez.

Uruapan, Michoacán, 2008.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Gracias por darme vida y salud para terminar esta etapa de mi vida. Por haberme puesto en mi camino a todas las personas que menciono en esta dedicatoria.

A MIS PADRES.

Sr. Eliseo Francisco N. y Sra. Ma. Justa Martínez C. por el apoyo incondicional a mi formación humana y académico y para ser un hombre de bien. En esta tesis se ven reflejados los esfuerzos y sacrificios que hicieron para poder darme una profesión y tener una mayor expectativa de vida. MUCHAS GRACIAS PAPÁS Y LOS QUIERO CON TODO MI CORAZÓN.

A MIS HERMANOS.

Miguel Ángel, Fátima Fabiola y Eliseo por estar a mi lado y por el apoyo y ánimos que me dieron durante mis estudios. LOS QUIERO MUCHO.

A MI QUERIDA ESPOSA.

Azucena Alcázar por su comprensión, por darme tu apoyo y tu sincero amor. También mi amor te agradezco por haberme dado la satisfacción mas grande que he tenido en mi vida y es el ser papá. TE AMO MI AMOR Y A TI TAMBIÉN TE AMO FÁTIMA.

A MIS TÍAS.

Mtra. Juliana Angelina Martínez y Felicitas Martínez por apoyarme siempre de manera incondicional en todo para poder realizar mis sueños y objetivos. MUCHAS GRACIAS LAS QUIERO.

A MI ASESOR.

MI. Esteban Brito Chávez gracias por su tiempo y sus consejos en la realización y revisión de esta tesis. Así como también por haberme transmitido todos sus conocimientos durante el tiempo que me impartió clases.

A MIS MAESTROS.

Gracias por haberme dado sus conocimientos y experiencias durante mi carrera, especialmente al Ing. Anastasio Blanco Simiano.

A MIS AMIGOS.

Felipe, Roberto, Jesús Omar, Juan Ricardo, Julio Cesar, Jonathan, Hugo Alejandro, José Manuel, Armando y Efraín Mtz. Por brindarme su gran amistad incondicional y haber compartido tantas vivencias que serán inolvidables.

INDICE.

Introducción.

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

Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1 Antecedentes de los caminos.....	7
1.2 Inventario de caminos.....	10
1.3 Elementos de la Ingeniería de tránsito usados para el proyecto.....	12
1.4 Velocidad.....	22
1.5 Volumen de tránsito.....	24
1.6 Densidad de tránsito.....	27
1.7 Derecho de vía.....	28
1.8 Capacidad y nivel de servicio.....	30
1.9 Distancia de visibilidad.....	35
1.10 Mecánica de suelos.....	37

Capítulo 2.- Proyecto geométrico.

2.1 Selección de ruta.....	42
2.2 Investigación del proyecto.....	49
2.3 Alineamiento horizontal y sus elementos que lo integran.....	57
2.4 Alineamiento vertical.....	78

2.5 Secciones Transversales, Elementos que integran	87
2.6 Proyecto de subrasante y calculo de movimiento de las terracerías.....	103
2.7. Diseñó de intersecciones.....	115
2.8 Señalamiento.....	148

Capítulo 3.- Marco de referencia.

3.1 Generalidades.....	159
3.2 Resumen Ejecutivo.....	160
3.3 Entorno geográfico.....	161
3.4 Informe fotográfico.....	165
3.5 Estudios de tránsito.....	168
3.6 Alternativas de solución.....	162

Capítulo 4.- Metodología.

4.1 Método empleado.....	171
4.2 Enfoque de la investigación.....	172
4.3 Diseño de la investigación.....	174
4.4 Instrumentos de recopilación de datos.....	175
4.5 Descripción del procedimiento de investigación.....	176

Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultados.

5.1 Análisis e interpretación de resultados.....	178
Conclusiones.....	203
Bibliografía.....	206

Anexos

RESUMEN

Se concluye que en el presente proyecto se lograron cumplir los objetivos satisfactoriamente, y como objetivo tiene como realizar las modificaciones geométricas del camino Zicuirán-Churumuco Mich. Todas las modificaciones del proyecto geométrico en estudio están basadas de acuerdo a los lineamientos del Manual de Proyectos Geométricos.

Las modificaciones geométricas que se hicieron en el proyecto es para tener una mejor seguridad en el camino, en base a los estudios realizados se define el tipo de camino para poder hacer la clasificación y las especificaciones del camino según SCT.

De acuerdo a la pregunta de investigación se plantea, Geométricamente, ¿Cuál es la modificación a realizar al proyecto geométrico para el camino Zicuirán-Churumuco 4 caminos?, ¿Qué son los cálculos geométricos? Y ¿Para qué sirven los cálculos geométricos?, para dar respuesta a lo anterior se realizaron las modificaciones geométricas propuestas por medio de un programa llamado CivilCad el cual utiliza como base para su trazo las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras por lo tanto, las correcciones llevadas a cabo en el programa de computadora coincide con la normatividad de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; además los cálculos realizados en las curvas horizontales y verticales fueron hechas en Excel. Para el trazo del camino Zicuirán-Churumuco se hizo un estudio topográfico para poder hacer el dibujo de la planta, el perfil de la rasante y se dibujaron las secciones transversales a cada 20m. de acuerdo a los conceptos mencionados ayudan para poder ver los cortes, terraplenes,

pendientes, las elevaciones y tener una mejor ubicación de la corona, subcorona, taludes y para las obras complementarias.

En base a este proyecto geométrico del camino Zicuirán-Churumuco demuestra que se ha logrado una mejor construcción de camino rápida y segura para el usuario, tomando en cuenta una velocidad de proyecto de 60 km/hr. La visibilidad se tomo en cuenta en todos los casos, y así mismo poder darle los radios adecuados en las curvas calculas del dicho tramo en estudio.

La ventaja del proyecto geométrico es que se pueda tener una mejor ejecución en una carretera. El proyecto geométrico se basa principalmente en la selección de ruta, que es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino.

El proyecto geométrico involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones transversales y calculo de volúmenes y movimientos de terracerías.

Las obras de drenaje quedan definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruza el camino y adecuado a la topografía que tenemos en tramo en estudio.

INTRODUCCION

Antecedentes.

Al consultar la página www.eudamed.net, se encontró que los caminos aparecieron cuando los humanos fijaron su residencia como consecuencia de la revolución agraria del neolítico. Los primeros caminos eran senderos, carriles o caleyas marcados por el uso, medios espontáneos o no producidos deliberadamente. Las expediciones guerreras primero, y las comerciales e incluso religiosas.

Los pueblos más poderosos aspiran a poseer redes viarias, extensas, completas y de la mejor calidad posible. La calidad y la abundancia de las redes viarias son indicadores expresivos del poder y la riqueza de un país.

Los antiguos imperios persas contaban con un sistema de vías terrestres ordenado a sus necesidades. En la Babilonia de Nabucodonosor II existían sendas que comunicaban las principales ciudades de Mesopotamia y éstas con las de Egipto, Siria, Palestina y Asia menor. El antiguo Egipto también disponía asimismo de vías de comunicación por tierra. Alguna de las sendas interiores de Egipto aprovecharon las excavaciones de canales de riego en el valle del Nilo.

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

A principio del siglo XIX se percibía ya con claridad en Europa la conveniencia de contar con buenos caminos. Su construcción estaba encomendada al soberano, pero los hombres de negocio participaban en los gastos de mantenimiento y conservación.

Según el Manual de Proyectos Geométricos (1974); las administraciones que han venido actuando desde entonces, han sentido la preocupación por mejorar los procedimientos que permitan definir con precisión, cuales son las inversiones en las obras que resultan más benéficas para los intereses de la colectividad.

Actualmente existe en México una política de desarrollo sustentada en varios factores tales como la estabilidad monetaria, la reforma fiscal, la estimación periódica de los posibles recursos de inversión; esta política permite la formulación de planes sectoriales.

Con base en estos lineamientos, la Secretaría de Obras Públicas, tuvo la necesidad de contar con un marco de referencia en el que queden inscritas sus actividades, razón por la cual preparó un plan sectorial a mediano plazo, para definir metas por alcanzar en la expansión y mejoramiento de la red carreteras, vías férreas y aeropuertos, del cual se han derivado los proyectos de programa de inversiones y en el que se fundaran sus futuras proposiciones.

Un plan formulado, considera la interacción entre todos los sectores que participan en el esfuerzo común y toma en cuenta, además, que las metas por lograr deben fijarse en razón de las rápidas transformaciones de la estructura social y económica, que caracteriza a la etapa del desarrollo actual.

Planteamiento del problema.

Con el proyecto geométrico se pretende resolver un conjunto de cálculos y dibujos geométricos de una obra civil que se hacen para tener una mejor ejecución en una obra de ingeniería civil y, por eso mismo, es muy importante el proyecto geométrico de Churumuco, porque en base a la construcción de la carretera de Churumuco. El pueblo tiende en aumentar de tamaño y densidad de la población, la comunicación con otras regiones, también se resolverán los problemas para suministrar alimentos o transportarlos a otros pueblos.

En cuanto la economía del pueblo Churumuco la construcción de la carretera se llevará a cabo mediante la determinación de los enlaces carreteros necesarios entre los polos de concentración de la producción y los centros consumidores, así como también se generará una mayor demanda en las siguientes actividades:

- a) Agrícola
- b) Ganadería y Pesquera
- c) Industriales
- d) Comerciales, Educativas y turísticas

Se pretende fijar con la carretera Churumuco los polos de concentración de los diferentes productos seleccionados en los estudios sobre el uso actual.

Objetivos.

Con la presente investigación se pretende dar cumplimiento a los siguientes objetivos.

Objetivos generales.

- a) Realizar modificaciones geométricas del camino Zicuirán-Churumuco, Mich.
- b) Construir una buena carretera que sirva a núcleo de población actualmente incomunicados y propicien la incorporación de zonas capaces de aumentar la producción.
- c) Ofrecerle al pueblo un camino en buen estado, para asegurar el servicio eficaz y permanente.

Objetivos específicos.

- a) Definir qué es una vía terrestre.
- b) Definir la geometría en las curvas horizontales y en las verticales.
- c) Definir las modificaciones del proyecto geométrico para el camino a Churumuco.

Pregunta de investigación.

1. Geométricamente, ¿Cuál es la modificación a realizar al proyecto geométrico para el camino Zicuirán-Churumuco 4 caminos?
2. ¿Qué son los cálculos geométricos? ¿Para qué sirven los cálculos geométricos?
3. ¿Qué es un proyecto geométrico? ¿Para qué sirve un proyecto geométrico? ¿Cuál es la ventaja del proyecto geométrico?

Justificación.

El proyecto geométrico del camino Zicuirán - Churumuco, es muy importante porque en primer lugar beneficia al investigador, ya que en base a la investigación que se hizo ha podido resolver la duda o problema que originó la investigación, además todos aquellos personas que consulta la presente investigación o que se interese por el tema.

La población de Churumuco es uno de los pueblos que necesita apoyo carretero para poder tener una mejor vida y al mismo tiempo beneficia a sus alrededores con la construcción del camino. Con la construcción de las vías de comunicación la población de Churumuco aumentará en diferentes tipos de demanda y crecerá económicamente; también se beneficiará de los diferentes tipos de servicio, ya sean médicos, transporte, etc., todo esto hace que la comunidad de Churumuco adquiera un mayor desarrollo gracias a esta vía terrestre.

Delimitación.

En este proyecto solamente se abarcará el calculo del proyecto geométrico del camino Churumuco 4 caminos, tramo Zicuirán – Churumuco km 42+340 al km 45+420. En el Estado de Michoacán. Por lo cual el proyecto sólo se basará en autores siguientes:

- Arias Rivera G., Carlos
- Mier S., José Alfonso (1987)
- S.C.T. (1974)
- Olivera Bustamantes Fernando (2006)

- WWW.eumed.net/cursecon/libreria/2004/fine/1d.htm
- Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

CAPITULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordará el concepto de vías terrestres, así como sus antecedentes, velocidad, volumen de tránsito, capacidad y nivel de servicio.

1.1 Antecedentes de los caminos.

Según Fernando Olivera (2006); los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos; posteriormente, cuando esos grupos se volvieron sedentarios, los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. En América, y en México en particular, hubo este tipo de caminos durante el florecimiento de las civilizaciones maya y aztecas.

Con la invención de la rueda, apareció la carreta jalada por personas o por bestias y fue necesario acondicionar los caminos para que el tránsito se desarrollara lo más “rápido” y “cómodo” posible; así, los espartanos y los fenicios hicieron los primeros caminos de que se tiene noticia, y los romanos los construyeron tanto en la península Itálica como en varios puntos de Europa.

Cuando las vías peatonales se forman sobre terrenos blandos o de lodazales, las tribus trataban de mejorar las condiciones de éstas colocando piedras en el trayecto para evitar resbalar o sumergir los pies en el lodo. Los caminos para carreteras se revestían de tal forma que las ruedas no se incrustaran en el terreno; para construir estos revestimientos se utilizaban desde piedra machacada hasta empedrados como los de la vía Apia, en la que se utilizaban carreras de carretas; la colocación de las piedras o revestimientos en los lodazales de caminos peatonales tenía la finalidad de

que las vías recibieran las cargas sin ruptura estructural, así como de distribuir los esfuerzos en zonas cada vez más amplias con la profundidad para que los soportara el terreno natural. Estas son también las funciones principales de los pavimentos actuales.

A partir de 1925 empezó la construcción de vías con técnicas avanzadas. Los primeros caminos de este tipo iban de la ciudad de México a Veracruz, a Laredo y Guadalajara. Fueron proyectados y construidos por firmas de Estados Unidos, pero desde 1940 los ingenieros mexicanos se han encargado de los trabajos u ahora se tiene una red de caminos pavimentados de 85000 km de camino 120000 km de caminos secundarios, superficie de rodamiento revestida, para asegurar el tránsito de los vehículos en todo momento

De acuerdo con José Alfonso (1978); en México actualmente se construyen con toda actividad y al máximo que permite su capacidad económica, una extensa red de caminos de todos los tipos, desde los de cuota, de altas especificaciones, hasta las más modestas brechas. Este importante impulso constructor, que constituye uno de los factores básicos de desarrollo del país.

Los españoles al llegar a lo que actualmente es el Territorio Nacional, encontraron que sus pobladores desconocían el uso de la rueda en vehículos de transporte y no disponían tampoco de animales de tiro y carga; pero a pesar de ello, contaban con un buen número de calzadas de piedra, así como una considerable cantidad de caminos, veredas y senderos.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos; no tanto, si se quiere, por el mero interés que los españoles pudieron haber tenido en el

desenvolvimiento social y material del país, si no más bien como resultado de su especial situación geográfica y del uso económico dado a la nación conquistada por sus nuevos gobernantes.

En 19 de noviembre de 1867 en presidente de la República, Lic. Benito Juárez, creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos, sustituyendo al de “peaje”.

El 13 de mayo de 1891 el presidente de la república, Gral. Porfirio Díaz, creó la Secretaría de comunicaciones y obras públicas.

Con la aparición del automóvil, y que revolucionó definitivamente los viejos: sistema de transportación por carretera entre 1918 y 1920, el avance en los caminos es de mayor importancia que el registrado en los cuatrocientos años anteriores de la de la historia del país.

Hasta el momento de la aparición del automóvil, las características de los caminos eran las adecuadas a las exigencias de los vehículos de tracción animal; pero el desarrollo inusitado del automóvil y la aparición de los camiones capaces de viajar a velocidades desconocidas hasta entonces y con mayor capacidad de carga, obligan a modificar y mejorar o construir caminos nuevos para satisfacer la nueva demanda.

El movimiento revolucionario en México, al coincidir con la aparición del automóvil, impidió que la transformación de los caminos se efectuara; lo cual trajo como consecuencia que al ser estable el gobierno, se encontró con que el automóvil había avanzado enormemente y los caminos quedaron totalmente anacrónicos.

Con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, por la ley del 30 de Marzo de 1925, se inicia en firme la construcción de nuevos caminos y el mejoramiento y conservación de los existentes.

1.2 Inventario de caminos.

Según José Alfonso (1987); con el fin de obtener un inventario de los caminos existentes en una entidad, pueden seguirse varios procedimientos, desde el mas general y sencillo, recorriendo los caminos en un vehículo, tomando kilometrajes con el odómetro del propio vehículo y anotando la información que a simple vista pueda obtenerse, hasta hacerlo por los medios topográficos más precisos, que darán en forma directa la información sobre los caminos.

1.2.1 Método odógrafo - giroscopio - barómetro.

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

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

El equipo usado para efectuar el inventario, esta formado por: vehículo tipo guayín en el que se instala el sistema adométrico; el odógrafo – giróscopo, el sistema de orientación y la grabadora magnética.

1.2.2 Aplicaciones del inventario de caminos.

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

La capacidad de un camino queda determinada por muy diversos factores que comprenden las características geométricas del camino en sí mismo y las características del tránsito que circula por él.

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

Si se hace una estimación de los posibles volúmenes de tránsito durante un cierto período, a partir de la fecha en que se efectúa el inventario, se podrán también precisar las condiciones en que estará trabajando el camino al cabo de ese tiempo, y se podrán realizar oportunamente las mejoras necesarias en el tramo o tramos efectuados a fin de evitar congestionamiento o funcionamiento defectuoso, que se traduce en gran incidencia de accidentes.

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

Una vez terminado el inventario de caminos, debe mantenerse al día, mediante registro adecuado de los cambios hechos. Para ello se recabaran, las dependencias correspondientes, datos sobre las modificaciones que se hagan en

fechas posteriores a la realización del inventario del tramo, a fin de tener revisiones periódicas el estado real y verdadero de las carreteras.

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

Los elementos que constituyen el tránsito son tres: el usuario, el vehículo y el camino.

A continuación se analizan cada uno de estos conceptos, así como las diferentes relaciones que se obtienen al combinarlos.

1.3.1 El usuario.

Según el Manual de Proyectos Geométricos (1974); la planeación y el proyecto de carreteras así como el control y la operación del tránsito, requieren del conocimiento de las características físicas y psicológicas del usuario del camino. El ser humano, bien sea como peatón o como conductor, considerado individual o colectivamente, es el elemento crítico en la determinación de muchas de las características del tránsito.

Las siguientes condiciones del medio ambiente pueden afectar el comportamiento del usuario: 1) la tierra: su uso y actividades; 2) el ambiente atmosférico: estado del tiempo y visibilidad; 3) obras viales: carreteras, ferrocarriles, puentes y terminales; y 4) la corriente del tránsito y sus características, las cuales son manifiestas al usuario.

En tanto que estas condiciones ambientales estimulan al usuario desde el exterior, éste se ve afectado también por su propio sistema orgánico. Por ejemplo, el alcohol, deficiencias físicas y problemas emocionales, influye en el ser humano afectando su conducta en la corriente del tránsito.

1.3.1.1 Visión del conductor.

De los sentidos del hombre, la visión es indudablemente el más importante, ya que a través de este sentido, el individuo obtiene información de lo que acontece a su alrededor; muchos de los problemas operacionales y de proyecto requiere del conocimiento de las características generales de la visión humana.

Se considera de importancia para la tarea de manejar la agudeza visual, la visión periférica, la recuperación al deslumbramiento, la percepción de colores y la profundidad de percepción, es decir que el conductor debe ser capaz de identificar objetos al mirar hacia adelante, de detectar el movimiento a sus lados, de ver el camino en la noche con escasez de luz y bajo condiciones de deslumbramiento y, por último, de distinguir colores de señales y semáforos y las distancias relativas de los diferentes objetos.

A) Agudeza visual. Uno de los datos más importante acerca del ojo, es la agudeza visual. La máxima agudeza visual tiene lugar en un momento dado, en una pequeña porción del campo visual, limitada por un cono cuyo ángulo es de 3 grados; sin embargo, es bastante sensible dentro de un cono visual de 5 a 6 grados y regularmente clara hasta 10 grados, siendo este el punto en el cual la agudeza visual disminuye rápidamente.

B) Movimiento del ojo. Debido a que campo de visión del conductor está limitado, éste mueve los ojos sobre aquellas áreas que considera significativas; es por ello que la velocidad con que se mueven viene a ser de suma importancia conforme la velocidad de tránsito en el camino, es necesario que el ojo efectúe seis movimientos diferentes, todos los cuales reprenan tiempo mientras se recorre una distancia.

C) Visión periféricas. Estudios de conductores muestran que el ángulo central total de visión periférica, usualmente varía entre 120° y 160°, pero debido a la concentración visual, el rango de visión periférica efectiva se contrae al incrementarse la velocidad, desde un ángulo central de 100° a 30 km/h hasta un ángulo de 40° a 100 km/h.

D) Visión en condiciones de deslumbramiento. Algunas condiciones como son las salidas de túneles, la iluminación de las calles y el deslumbramiento por los faros de los otros vehículos, exigen del conductor un esfuerzo de adaptabilidad a los cambios de luz. En tanto que la reacción pupilar a los cambios de luz compensa cuando mucho en 70 veces el incremento de luz externa, el cambio de luz del día a la noche varía en relaciones de millones a uno. La adaptación residual al cambio de luz es una función de la retina. Al pasar de la obscuridad a la luz el ojo se adapta por sí mismo mucho más rápido que cuando pasa de la luz a la obscuridad.

F) Altura del ojo del conductor. La altura del ojo del conductor sobre la superficie del camino ha sufrido una disminución gradual a través de los años, reduciendo la distancia de visibilidad en muchas situaciones.

Las dimensiones representativas de la altura del ojo del conductor son importantes en el proyecto geométrico para el cálculo de distancia de visibilidad.

1.3.1.2 Tiempo de reacción del conductor.

El breve intervalo de tiempo entre ver, oír o sentir y empezar a actuar en respuesta al estímulo de una situación del tránsito o del camino, se conoce como “tiempo de reacción”. Idealmente esta respuesta del conductor requiere de un tiempo para la percepción, intelección, emoción y volición (voluntad). Así, mientras compleja viene a ser una situación, el conductor debe disponer del tiempo suficiente para

hacer una evaluación apropiada de todos los factores que intervienen, con el fin de reaccionar con seguridad.

1.3.2 El vehículo.

Según el Manual de Proyectos Geométricos (1974); Una carretera tiene por objeto permitir la circulación rápida, económica, segura y cómoda, de vehículos autopropulsados sujetos al control de un conductor. Por tanto la carretera debe proyectarse de acuerdo a las características del vehículo que la va a usar y considerando en lo posible, las reacciones y limitaciones del conductor.

En esta parte se expondrán las características del vehículo que deben tomarse en cuenta en el proyecto de una carretera, así como las características físicas y psicológicas del conductor, que complementan y/o modifican las características del vehículo.

1) Clasificación.

En general, los vehículos que transitan por una carretera pueden dividirse en vehículos ligeros vehículos pesados y vehículos especiales. Los vehículos ligeros son vehículos de carga y/o pasajeros, que tienen dos ejes y cuatro ruedas; se incluyen en esta denominación los automóviles camionetas y las unidades ligeras de carga o pasajeros. Los vehículos pesados son unidades destinadas al transporte de carga o de pasajeros, de dos o más ejes y seis o más ruedas; en esta denominación se incluyen los camiones y los autobuses. Los vehículos especiales son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan el camino, tales como camiones y remolques especiales y en los que se consideran las bicicletas, tractores y maquinaria agrícola, ciertos remolques para la maquinaria pesada, coches deportivos. La tabla muestra la clasificación general de los vehículos, así como la proporción en que Intervienen en

la corriente de tránsito, de acuerdo con los estudios de origen y destino realizados hasta la fecha indicada.

2) Características geométricas y de operación.

Las características geométricas están definidas por las dimensiones y el radio de giro. Las características de operación están definidas principalmente por la relación peso/potencia, la cual en combinación con otras características del vehículo y del conductor, determina la capacidad de aceleración y desceleración la estabilidad de las curvas y los costos de operación.

3) Dimensiones.

Según José Alfonso (1987); debido a la amplia variedad de vehículos existentes y a la rápida transformación que han sufrido con el tiempo, no es posible tomar para el proyecto de los caminos un vehículo en especial sino que deben tomarse las características promedio de los vehículos que se han construido, observando las tendencias futuras para que los caminos sigan sirviendo a las próximas generaciones; de ahí nace la idea del vehículo de proyecto.

4) Radio de giro y trayectoria de las ruedas.

El radio de giro es el radio de la circunferencia definida por la trayectoria de la rueda delantera externa del vehículo, cuando éste efectúa un giro.

El radio de giro, las distancias entre ejes y la entre vía del vehículo, definen la trayectoria que siguen las ruedas cuando el vehículo efectúa un giro. Estas trayectorias, especialmente la de la rueda delantera externa y la trasera interna, sirven para calcular las ampliaciones en las curvas horizontales de una carretera y para diseñar la orilla interna de la calzada en los ramales de las intersecciones.

El radio de giro mínimo está limitado por la deflexión máxima de las ruedas. En los vehículos modernos, la rotación máxima de las ruedas es 50°.

5) Relación peso/potencia.

El peso del vehículo cargado y la potencia de su motor son los factores más importantes que determinan las características y costos de operación de un vehículo en la carretera. Este hecho es particularmente significativo en los vehículos pesados; se ha encontrado que la relación peso/potencia de los camiones, esta relacionada directamente con la velocidad y tiempo de recorrido en la carretera; asimismo, se ha observado que todos los vehículos con la misma relación peso/potencia tienen características de operación similares, lo cual indica que dos camiones de diferentes pesos y potencias tienen el mismo comportamiento sobre el camino, si la relación peso/potencia se conserva constante.

Normalmente, la relación peso/potencia está expresada en términos del peso total del vehículo, en kilogramos y la potencia neta del motor expresada en caballos de fuerza (HP).

La relación peso/potencia influye directamente en el proyecto del alineamiento vertical y en análisis de capacidad del camino.

6) Aceleración y desceleración.

Un vehículo acelera, cuando la fuerza tractiva que genera el motor es mayor que las resistencias que se oponen al movimiento del vehículo y descelera, cuando las resistencias que se oponen al movimiento son mayores que la fuerza tractiva generada. Cuando las resistencias son iguales a la fuerza tractiva, el vehículo se mueva a una velocidad constante y entonces se dice que ha llegado a su velocidad de régimen.

En general, el conductor acelera su vehículo cuando efectúa una maniobra de rebase, cuando va a entrar a una pendiente ascendente, cuando se incorpora a una corriente de tránsito a través de un carril de aceleración, cuando cruza una intersección a nivel en presencia de un vehículo que se aproxima por otra rama, o bien, cuando desea aumentar su velocidad para disminuir tiempos de recorrido. El conductor descelera su vehículo cuando advierte algún peligro, para salir de un camino de alta velocidad a otro lateral, para cruzar una intersección, para disminuir su velocidad en pendientes descendentes y en general, cuando quiere disminuir su velocidad; la longitud en que el conductor desee descelerar su vehículo, dependerá de la forma en que use el mecanismo de freno y de las resistencias que se oponen al movimiento de su vehículo.

7) Estabilidad en las curvas.

Un vehículo es estable cuando no tiene tendencia a salirse de la trayectoria que le fija el conductor por medio del volante. La inestabilidad del vehículo procede generalmente de las fuerzas transversales a que está sujeto, ya sea por asimetrías internas tales como carga mal distribuida, neumáticos desinflados y mecanismos de suspensión defectuosos, o bien por la fuerza centrífuga que aparece cuando el vehículo describe una curva.

La inestabilidad debido a la fuerza centrífuga puede manifestarse de dos maneras por deslizamiento o por volcamiento.

1. Vehículo de proyecto.

Un vehículo de proyecto es un vehículo hipotético cuyas características se emplearán para establecer los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de caminos e intersecciones.

El vehículo del proyecto debe seleccionarse de manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circulará por el camino, y las tendencias de los fabricantes a modificar las características de los vehículos.

La AASHO ha establecido cuatro tipos de vehículos para proyecto: Uno representativo de los vehículos tipo Ap y Ac, otro para representar los vehículos tipo B, C2 y C3, otro para representar a los vehículos tipo T2-S1 y T2-S2 y, finalmente, otro para representar a los vehículos tipo T3-S2 y demás combinaciones de más de cinco ejes.

Estos vehículos de proyecto fueron elegidos con base a la distribución del tránsito por tipos de vehículo predominante en la mayor parte de las carreteras de Estados Unidos de América. En México, el 42% de los vehículos son vehículos pesados, de los cuales la mayor parte son camiones de dos ejes, contando también con un porcentaje considerable de autobuses suburbanos.

CARACTERÍSTICAS		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	cc	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		Ap y Ac	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	Ap y Ac	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	90		
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA RELACION PESO/POTENCIA ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO	Ap y Ac	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		

TABLA 5-E. CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHICULOS DE PROYECTO

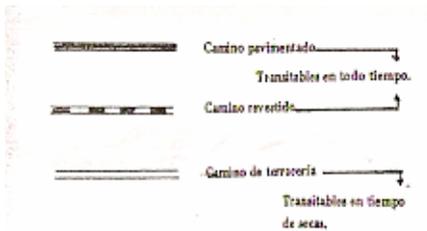
Tabla 1. Características de los vehículos de proyecto

1.3.3 El camino.

Según José Alfonso (1987); Un camino es la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos.

Los caminos pueden ser clasificados desde distintos puntos de vista:

1.3.3.1 Clasificación de transitabilidad.



1.3.3.2 Clasificación SOP (ó SCT)

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

Terreno.

M = Montañoso

L = Lomerío

P = Plano

1.3.3.3 Clasificación de capacidad.

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

Autopista (de cuatro o más carriles).

Caminos de 2 carriles.

Brechas.

4) Clasificación administrativa.

Caminos federales:

Proyectados, construidos y conservados por la federación.

a) Caminos de Cooperación Tripartita:

Construidos por las juntas Locales de camino con fondos iguales de la Federación y de los Estados; conservados por la J.L.C.

b) Caminos de Cooperación Tripartita.

Construido por las J.L.C. con fondos iguales de la federación; los Estados y los particulares; conservados por los particulares.

c) Caminos de Cuota.

Construidos con fondos de caminos y Puentes Federales de Ingreso y Obras Conexas.

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																													
		E				D				C				B				A													
EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	vsh/día	HASTA 100				100 a 500				500 a 1500				1500 a 3 000				MAS DE 3 000													
TIPO DE TERRENO		MONTAÑOSO				LOMERIO				PLANO																					
VELOCIDAD DE PROYECTO	Km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	55	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	180	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	270	315	360	405	450	495	
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	o	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	m / %																												
		COLUMPIO	m / %																												
		LONGITUD MINIMA	m																												
PENDIENTE GOBERNADORA	%	9				7				6				5				4				3									
PENDIENTE MAXIMA	%	13				10				7				6				5				4									
LONGITUD CRITICA	m	VER FIG. No. IV-4				VER FIG. No. IV-4				VER FIG. No. I-4				VER FIG. No. IV-4				VER FIG. No. IV-4													
ANCHO DE CALZADA	m	4.0				6.0				8.0				7.0				A 4 7.0 (2 carriles) un carril													
ANCHO DE CORONA	m	4.0				6.0				7.0				9.0				A 4 2 x 7.0 (2 carriles) un carril													
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-				-				0.5				1.0				A 4 2 x 7.0 (2 carriles) un carril													
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-				-				-				-				A 4 2 x 7.0 (2 carriles) un carril													
BOMBEO	%	3				3				2				2				A 4 2 x 7.0 (2 carriles) un carril													
SOBREELEVACION MAXIMA	%	10				10				10				10				A 4 2 x 7.0 (2 carriles) un carril													
SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO	%	VER TABLA No. IV 5.1				VER TABLA No. IV 5.1				VER TABLA No. IV 5.2				VER TABLA No. IV 5.3				VER TABLA No. IV 5.4													
SEPARACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES	m	VER TABLA No. IV 5.1				VER TABLA No. IV 5.1				VER TABLA No. IV 5.2				VER TABLA No. IV 5.3				VER TABLA No. IV 5.4													

Tabla 4.10 Clasificación y especificaciones de los caminos según la SCT.

Tabla 2. Clasificación y especificación de los camiones según SCT.

1.4 Velocidad.

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

La velocidad escogida para proyectos raras veces es la máxima que pueden desarrollar los vehículos, puesto que la mayoría pueden alcanzar velocidades mucho mayores que la considerada como de seguridad en la totalidad de los caminos.

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

1) Velocidad de proyecto.

Es máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino y que gobierna las características de proyecto del mismo.

Debe ser tal que sea congruente con el carácter del terreno y tipo del camino.

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

Un camino en terreno plano o en lomerío suave justifica una velocidad de proyecto mayor que en terreno montañoso. Un camino que tiene un gran volumen de tránsito puede justificar una velocidad de proyecto mayor que otro de menor importancia en topografía semejante, principalmente cuando la economía de operación de vehículo y otros costos es grande.

La mayoría de los caminos se proyectan para una vida útil de 15 a 20 años, sin embargo las características de los alineamientos horizontal y vertical, que están relacionadas directamente con la velocidad de proyecto, se determinan sobre la base

de un tiempo mayor, ya que si el proyecto es adecuado, los elementos de la sección transversal del camino pueden ser modificados en el futuro sin dificultad.

2) Velocidad de operación.

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

Se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo de recorrido, entendiéndose por tiempo de recorrido aquel en que el vehículo está en movimiento.

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

Cuando los volúmenes son bajos, la velocidad de operación es bastante cercana a la de proyecto pero a medida que el volumen aumenta la velocidad de operación de los vehículos se va haciendo menor debido a que los conductores ya no pueden circular a la velocidad que desean.

3) Velocidad de punto.

Es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado de un camino.

Para tramos pequeños de camino en que las características de operación varían un poco, la velocidad de punto se puede considerar representativa de la velocidad de operación. En tramos largos, donde la velocidad varía mucho a la media aritmética de las velocidades del punto, tomadas en sitios representativos de cada velocidad, la velocidad de operación a lo largo de todo el tramo.

En cambio, en las curvas diseñadas con alta velocidad de proyecto, se han obtenido velocidades de operación muy por debajo de las de proyecto.

4) Velocidad efectiva global.

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

1.5 Volumen de tránsito.

Según José Alfonso (1987); Es el número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones especificadas sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto período de tiempo. Los periodos más usuales son la hora y el día.

Volumen Promedio Diario Anual (VPDA) es el número de vehículos que pasan por un punto dado del camino, durante un año dividido entre 365 días.

Volumen Máximo Horario Anual (VMHA) es el volumen horario más alto que acontece para un determinado año.

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

El VMHA aunque es el que más se acerca a las condiciones de operación, su aplicación para el proyecto da como resultado obras sobradas.

1) Conteos del tránsito.

Los volúmenes de tránsito puede obtenerse de datos estadísticos o ser tomados directamente mediante conteos del tránsito.

Los conteos del tránsito se pueden efectuar en forma manual o mecánica.

a) Conteos.

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

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

Vehículos ligeros A automóviles pick, ups, panel, camiones ligeros, etc
(menos de 2.5 ton.)

Vehículos pesados B Camiones

(mas de 2.5 ton.) C Autobuses

El conteo se puede anotar de dos maneras diferentes: por medio de rayas o por contadores mecánicos operados manualmente.

b) Conteos mecánicos.

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

Contadores neumáticos.

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

Existe un diafragma que puede regular el desplazamiento de la membrana, lo cual permite que el contador no sea sensible para cargas menores que una determinada.

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

Contadores electromagnéticos.

Van colocados dentro del pavimento y están constituídos por un circuito bifilar, por uno de cuyos hilos pasa una corriente eléctrica de alta frecuencia que provoca en el otro hilo una corriente inducida. El paso de las masas metálicas de los vehículos provoca un cambio en la intensidad de la corriente que se recoge en un registro.

También tiene el conveniente de no clasificar los vehículos.

Contadores de presión – contacto.

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

2) Estudio de origen y destino.

Este tipo de estudio se puede considerar como el más completo para el aforo de vehículos, ya que por medio de él se pueden conocer los volúmenes de tránsito, tipos de vehículos, clasificación por direcciones, el origen y el destino del viaje, tipo de carga y tonelaje, número de pasajeros, dificultades que se presentan durante el recorrido, productos trasportados, modelos y marcas de los vehículos.

Entre las principales aplicaciones del Estudio de Origen y Destino, puede citarse las siguientes: conocer la demanda que existe dentro de una ciudad para usar en mayor o menor grado una cierta ruta, fijar rutas a través de la ciudad para desviar el movimiento de turistas y de vehículos pesados, conocer la localización de una

nueva carretera o mejorar alguna ya existente y justificar la construcción de un nuevo camino.

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

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

De todos los métodos el más exacto y verídico es el de entrevistas directas al conductor por que se dará una breve explicación de cómo realizarlo.

Primeramente se debe localizar correctamente la estación de aforo, eligiendo un tramo del camino que este fuera de la influencia del tránsito, preferentemente plano, recto y amplio para facilitar las operaciones y evitar posibles accidentes. Se contará con la colaboración de la policía federal de caminos. Se detiene a los vehículos durante el mínimo tiempo necesario (aproximadamente 40 segundos) para entrevistar al conductor, anotando en una tarjeta especial los datos pedidos.

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

1.6 Densidad de tránsito.

Según José Alfonso (1987); la densidad es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado.

No debe confundírsele con el volumen de tránsito ya que este, como se analizó anteriormente expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de

tiempo, de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

Puede observarse que si la velocidad permanece constante, existe una relación lineal entre el volumen y la densidad, pero la realidad es que, al aumentar el volumen, siempre disminuye la velocidad con que pueden viajar los conductores y la relación entre volumen y densidad resulta que no es lineal en la práctica.

1.7 Derecho de vía.

Según José Alfonso (1987); se le llama derecho de vía a la franja de terreno, de un ancho suficiente, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de la misma.

Un derecho de vía debe tener una amplitud mínima de cuarenta metros, veinte metros a cada lado del eje; reduciendo el ancho de las calles en el paso por una zona urbana.

1) Adquisición de derecho de vía. Cuando los ingenieros de caminos no tengan los conocimientos suficientes del aspecto legal de este problema, sí es importante que comprendan los procedimientos y los reglamentos bajo los cuales se adquiere la propiedad del derecho de vía. Además, deben saber algo de los factores legales que tan frecuentemente controlan los costos de la propiedad y las liquidaciones de los daños, ya que en ocasiones la lentitud de esta operación puede obligar a comenzarla mucho antes que la construcción de camino.

2) Procedimiento para adquirir la propiedad. Varía de acuerdo al tipo de camino de que se trate, atendiendo al origen de los fondos con los que se construirá: federales, de cooperación bipartita o de cooperación tripartita.

Para los caminos federales, el procedimiento a si queda definido por el articulado de la “Ley de Vías Generales de Comunicación” expedido por decreto de fecha 30 de diciembre de 1939. Se establece que:

ARTUCULO 1º. Son vías generales de comunicación.

Los caminos.

- a) Cuando se entronquen con alguna vía de país extranjero.
- b) Cuando comuniquen a dos o más Entidades Federativas, entre sí.
- c) Cuando en su totalidad o en su mayor parte sean construidas por la Federación.

Los puentes.

- a) los ya construidos o que se construyan sobre las líneas divisorias internacionales.
- b) Los ya construidos o que se construyan sobre las vías generales de comunicación.
- c) La construcción de puentes será previo permiso de las Secretarías de la Defensa Nacional y de Obras Públicas.

ARTICULO 2º. Son partes integrantes de las vías generales de comunicación:

- a) Los servicios auxiliares, obras, construcciones y demás dependencias y accesorios de las mismas.
- b) 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.

El trámite de la documentación y el pago de las afectaciones se hace por mediación de la Dirección General de Asuntos Jurídicos, departamento de derecho de vía de la Secretaría de Obras Públicas; presentando los documentos comprobatorios de la propiedad y valuando las afectaciones con precios unitarios.

En ningún caso se hará pago por la adquisición del derecho de vía, con cargo al presupuesto de construcción. Este problema deberá ser resuelto por los propios

interesados en la construcción del camino, mediante la cesión de derechos de los terrenos por donde pasará el camino.

1.8 Capacidad y nivel de servicio.

Según José Alfonso (1987); La capacidad es una medida de la eficiencia de una calle o un camino.

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

1. Capacidad.

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

El período de tiempo debe ser perfectamente definido. Para períodos cortos, tales como una hora o menos, la capacidad es el máximo tránsito sostenido para el período de tiempo especificado. Cuando se consideran períodos largos, un día o un año, la capacidad solo depende de los deseos de los conductores quienes crean variaciones horarias diarias y estacionales en un promedio del volumen que da como resultado la total utilización del camino solamente en un porcentaje del tiempo total, cuando la demanda es la máxima.

La capacidad también se ve afectada por las condiciones ambientales, tales como claridad, frío, tormenta, calor, lluvia, nieve, smog, niebla, etc . , pero por la dificultad de evaluación estos factores no se toman en cuenta.

2. Nivel de servicio.

Es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad y libertad de manejo, los costos de operación, etc. Que determinan condiciones de operación diferentes que ocurren en un camino cuando se presentan diferentes volúmenes de tránsito.

3. Volumen de servicio.

Es el volumen de tránsito correspondiente a un determinado nivel de servicio.

El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad.

Los caminos presentan diferentes características geométricas, principalmente en la sección transversal y en las pendientes según sea el tipo de terreno de tal modo que afectan las características de operación de los vehículos pesados y por lo tanto la capacidad del camino, de la siguiente manera:

Caminos en terreno plano. Permiten mantener a los vehículos pesados una velocidad semejante a la de los ligeros.

Caminos en lomeríos. Sus características obligan a los vehículos pesados a reducir su velocidad por debajo de la de los ligeros, en algunos tramos del camino.

Caminos en montaña. Provocan que los vehículos pesados operen con velocidades muy bajas, en distancias importantes y con bastante frecuencia.

4. La capacidad y sus objetivos.

La capacidad de un camino permite atender la solución de dos problemas básicos en la ingeniería de caminos:

a) Cuando se trata del proyecto de una obra nueva, la capacidad influye directamente en las características geométricas del nuevo camino, siendo estas de

tal modo que permiten obtener un volumen de servicio por lo menos igual al volumen horario del proyecto.

b) Cuando se quieran saber las condiciones de operación de un camino existente, pudiendo determinar su nivel de servicio y la fecha probable en que se saturará.

5. La operación del tránsito en la capacidad.

Los volúmenes de tránsito máximos observados son del orden de 2,000 vph en ambos sentidos en caminos de 2 carriles y de 2,000 vph en un solo carril en caminos de 2 o más carriles para un solo sentido.

6. Capacidad para condiciones de circulación continúa.

La capacidad de un camino determinado varía en la medida en que sus características geométricas y de operación difieren de las condiciones ideales. Se definen como:

a) Circulación continúa

b) Únicamente vehículos ligeros.

c) Carriles de 3.65 m de ancho, con acotamientos adecuados y sin obstáculos laterales en 1.80 m a partir de la orilla de la calzada.

d) alineamiento horizontal y vertical adecuado para velocidades de proyecto de 110 km/h o mayores y sin restricciones en la distancia de visibilidad de rebase.

7. Niveles de servicio.

Es necesario que el volumen de servicio sea menor que la capacidad de la carretera. El volumen máximo que puede transportarse en cualquier nivel de servicio seleccionado, se denomina “volumen de servicio” para ese nivel. Los elementos que se deben considerar son:

a) Velocidad de operación y tiempo empleado durante el recorrido.

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

8. Factores relativos del camino.

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

a) Ancho de carril. Los carriles que tienen un ancho menor de 3.65 m tienen una capacidad menor en condiciones de circulación continúa que los que tienen esa dimensión y que se consideran como ideales. Un vehículo que efectúa una maniobra de rebase tiene que invadir el carril izquierdo en un período más largo si los carriles son angostos que si fueran anchos.

b) Obstáculos laterales. Los obstáculos laterales que se encuentran a menos de 1.80 m de la orilla de un carril de tránsito, reducen el ancho efectivo de ese carril. Los obstáculos con 0.20 o menos de altura, no tienen influencia.

c) Acotamientos. Los acotamientos de ancho son mas necesarios que cuando se están usando los carriles a toda su capacidad.

Sin un lugar de refugio fuera de los carriles de tránsito, un vehículo descompuesto puede reducir la capacidad de la carretera, sobre todo si los carriles son de un ancho menor a 3.65 m. El vehículo descompuesto obstruye el carril que ocupa, pero además reduce la capacidad de los carriles adyacentes, ya que los otros vehículos

tienen que circular en menos carriles y con velocidades menores que la estimada para el camino.

d) Carriles auxiliares.

Es la parte adicional al camino que se usa para cambios de velocidad, entre cruzamiento, vueltas, separación de vehículos lentos en pendientes ascendentes y otros propósitos que auxilien al movimiento del tránsito; generalmente se diseñan para permitir la utilización efectiva de la carretera y mejorar el nivel de servicio de los carriles principales de tránsito.

e) Estado de la superficie de rodamiento.

Hasta ahora no ha sido posible determinar los factores que reflejan el efecto del estado de la superficie de rodamiento, cuando está deteriorada, sobre la capacidad del camino.

f) Alineamiento.

Los alineamientos horizontal y vertical de un camino afectan en gran medida la capacidad y el nivel de servicio.

Los alineamientos están diseñados en base a la velocidad de proyecto, sin embargo, como está puede variar a lo largo del camino debido a la configuración del terreno, lo que se utiliza es un promedio ponderado, que refleja con mayor veracidad las condiciones requeridas para el nivel del servicio.

En el alineamiento vertical las restricciones a las distancias de visibilidad de rebase se consideran a través del porcentaje de la longitud del tramo en estudio que tiene distancias de visibilidad menores que la distancia de visibilidad de rebase, la cual se ha considerado de 500 m para fines de capacidad y teniendo efectos solamente en los caminos de dos carriles.

g) Pendientes.

Las pendientes afectan a los volúmenes de servicio de las siguientes maneras:

1. Reduciendo la distancia de visibilidad de rebase en caminos de dos carriles.
2. Reduciendo o aumentando las distancias de frenado en pendientes ascendentes o descendentes, lo cual ocasiona espaciamientos más cortos entre vehículos que están subiendo una pendiente y aumentando el espaciamiento entre vehículos que descienden.
3. Reduciendo la velocidad de los vehículos pesados en pendientes ascendentes. Es importante conocer cual es el efecto de las pendientes; sobre la velocidad de los vehículos pesados y la influencia que tiene esta reducción en los volúmenes y niveles de servicio.

1.9 Distancia de visibilidad.

1. Distancia de visibilidad de parada (d_p).

Según José Alfonso (1987); es la necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación.

Se supone que el ojo del conductor está a 1.15 metros sobre el pavimento y que el objeto tiene una altura de 15 centímetros.

Está compuesta por dos términos: la distancia recorrida desde que se percibe un objeto en su línea de acción hasta que el conductor coloca su pie en el pedal del freno (distancia de reacción) y la distancia que se recorre desde el momento en que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene.

2. Distancia de visibilidad de rebase.

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

Para hacer el rebase con seguridad, el conductor debe ver delante una distancia suficiente sin vehículos de tal modo que pueda completar la maniobra de paso sin interrumpir la marcha del vehículo rebasado y sin tropezar con el tránsito opuesto que pueda aproximarse una vez iniciada la operación. De ser necesario el conductor podrá regresar al carril de la derecha si ve tránsito en sentido contrario, una vez iniciada la maniobra.

- El vehículo que va a ser pasado marcha a velocidad uniforme.
- El vehículo que va a rebasar alcanza al vehículo que va a ser rebasado y empieza la maniobra a la misma velocidad.
- El vehículo que va a rebasar acelera durante la maniobra y su velocidad media durante el tiempo que ocupa el carril contrario es de 15 KPH mayor de la del vehículo que está siendo pasado.
- El vehículo que viene en sentido contrario viaja a la misma velocidad que el vehículo que está rebasando y el tiempo crítico es de 2/3 del tiempo que ocupa el vehículo que está rebasando en carril izquierdo.

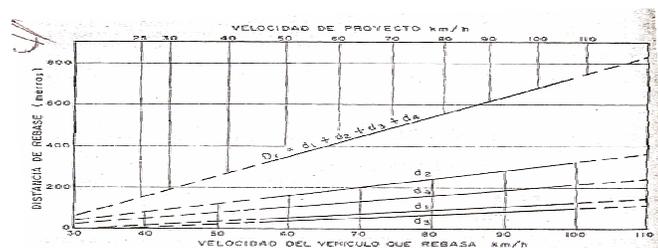


Tabla 3. Distancia de visibilidad de rebase según AASHO y SAHOP.

1.10 Mecánica de suelos.

1.10.1 Propiedades de los suelos.

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

Compresibilidad: Relacionada a la deformación que sufre un material al aplicarle una carga o al disminuir su volumen.

Resistencia al corte: La resistencia de un material puede medirse por el esfuerzo cortante máximo que puede soportar ese material; el esfuerzo límite es aquel que causará la falla en el suelo por fractura o por flujo plástico.

Permeabilidad: Indica la mayor o menor facilidad con que el agua fluye a través de un suelo estando sujeta a un gradiente hidráulico dado.

1.10.2 Factores geológicos influyentes.

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

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

Propiedades físicas de los suelos.

1.10.3 Granulometría.

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

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

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

Suelos Finos, Análisis con Hidrómetro.

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

1.10.4 Plasticidad.

Se sabe que todos los materiales, inclusive los más rígidos de la naturaleza son deformables, existiendo cuerpos con comportamiento elástico (o aquellos que al aplicarles una carga sufren deformación con tendencias o posibilidades de recuperar

su forma) o bien con comportamiento plástico (cuerpos a los que al aplicarles una carga no recuperan la forma original cuando está se les retira).

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

1.10.5 Clasificación de suelos.

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

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

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

Símbolo	Significado.
G	Gravas
S	Arenas y suelos arenosos

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

1.10.6 Suelos gruesos.

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

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

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

1.10.7 Suelos finos.

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

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

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

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

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

CAPÍTULO 2

PROYECTO GEOMÉTRICO.

Es un conjunto de cálculos y dibujos geométricos de una carretera que se hacen para tener una mejor ejecución en una carretera. El proyecto geométrico se basa principalmente en la selección de ruta, que es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino.

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones transversales y calculo de volúmenes y movimientos de terracerías. El proyecto geométrico es el resultado de los diversos estudios que se mencionaron en todos los casos previstos y se establecieron normas para la realización de la obra.

2.1 Selección de ruta.

Es muy importante el estudio de la selección de ruta, porque en base a la metodología de la ruta obtenemos 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 Generalidades.

Según el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974); Con este fin es necesario realizar una serie de trabajos preliminares que básicamente comprenden el estudio comparativo de todas las rutas posibles y convenientes, para seleccionar en cada caso, la que ofrezca las mayores ventajas económicas y sociales.

Se entiende por ruta la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino. Mientras más detallados y precisos sean los estudios para determinar la ruta el ancho de franja será más reducido.

2.1.2 Acopio de datos.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); la topografía, la geología, la hidrología, el drenaje y el uso de la tierra, tiene un efecto determinante en la localización y en la elección del tipo de carretera y conjuntamente con los datos de tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

El proyectista debe contar con cartas geográficas y geológicas, sobre las cuales se puedan ubicar esquemáticamente las diferentes rutas.

Para la zona de influencia de la obra en proyecto, se recopilará la información sobre las obras existentes, así como se pueda obtener sobre las planeadas a corto y largo plazo, ya sean de la propia Secretaría o de otras independencias oficiales y privadas. Los datos de tránsito para carreteras existentes, se obtienen por medio 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 de caminos nuevos, se calcula el tránsito, de acuerdo en las estimaciones pertinentes.

2.1.3 Reconocimiento del Camino.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); Una vez representadas las posibles rutas en los mapas geográficos, se inicia propiamente el trabajo de campo con reconocimientos del terreno, los cuales pueden ser: aéreos, terrestres y una combinación de ambos.

2.1.3.1 Reconocimiento aéreo.

Es el que ofrece mayor ventaja sobre los demás, por la oportunidad de observar el terreno desde la altura que convenga, abarcando grandes zonas, lo que facilita el estudio; se efectúa con avionetas y helicópteros, distinguiéndose tres reconocimientos aéreos.

a) El primer reconocimiento aéreo se efectúa en avioneta y tiene por objeto determinar las rutas que se consideren viables y fijar el área que debe fotografiarse a escala 1:50 000, para que en ella queden incluidas con amplitud. Lo realizan técnicos especialistas en planeación, localización y geotecnia. Antes de iniciar el vuelo los especialistas deben estudiar y memorizar las cartas geográficas y geológicas disponibles, a fin de que durante el vuelo observen las distintas rutas, estudiándolas dentro de su especialidad.

El especialista en geotecnia comprobará desde el avión, la clasificación general de rocas y suelos, la morfología del terreno, la existencias de fallas y problemas de suelos.

b) El segundo reconocimiento se lleva a cabo después de haber hecho la interpretación de las fotografías a escala 1: 50 000 y tiene por objeto comprobar en el terreno lo estudiado en las fotografías; este reconocimiento se efectúa en helicóptero, lo que permite a los ingenieros descender en los lugares de interés y recabar en ellos la información que consideren necesaria; en esta forma, el técnico en planeación puede obtener datos sobre el número aproximado de habitantes de un poblado, del tipo y número cultivos en la zona.

El experto en localización comprobará lo estudiado en sus fotografías, principalmente con los cruces de ríos, comprobara además en los diferentes lugares, el tipo de materiales identificados durante el estudio de fotointerpretación.

c) El tercer reconocimiento, que puede ser aéreo o terrestre, es propiamente un refinamiento del estudio que se a efectuado en el Balplex, en el cual generalmente ya no interviene el técnico en planeación y se realiza a lo largo de la poligonal en estudio, llamado trazo preliminar del camino.

En este reconocimiento, un ingeniero especializado en estudios topohidráulicos de cruces substituye al geólogo, con el fin de estudiar el comportamiento de los ríos y de acuerdo con el ingeniero localizador fija el lugar donde debe cruzarse.

3.1.3.2 Reconocimiento terrestre.

Este tipo de reconocimiento se lleva a cabo cuando por las circunstancias existentes no es posible realizar el aéreo; es menos efectivo que éste, ya que el ingeniero localizador no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su línea; de la misma manera, el ingeniero geólogo realiza un estudio de detalle que adolece de los defectos que el procedimiento implica, ya que la geología requiere estudiarse en grandes zonas que permitan definir las formaciones, los contactos, las fallas y las fracturas.

El reconocimiento se lleva a cabo después de haber estudiado en las cartas geográficas las diferentes rutas y estimar las cantidades de obra de cada una de ellas, eligiendo la más conveniente, pues por este procedimiento es poco práctico analizar en le terreno todas las alternativas posibles.

El ingeniero localizador se ayuda con el siguiente equipo: brújula, aneroide, clisímetro, binoculares y cámara fotográfica, la brújula le servirá para tomar rumbos de los ríos, cañadas, caminos o veredas que atraviesen su ruta; el aneroide le sirve para verificar las cotas de los puertos orográficos, de los fondos de cañadas; el clisímetro, para determinar las pendientes que tendrá la ruta, y los binoculares para poder observar las diferentes formaciones que se atraviesan a lo largo de ruta; la cámara fotográfica le permitirá contar con fotografías de los sitios que se considere conveniente.

3.1.3.3 Reconocimiento combinado.

Es una combinación de las dos anteriores y se lleva a cabo en las siguientes circunstancias:

- a) Cuando no se dispone de fotografías aéreas de la zona y existe la posibilidad de recorrerla en avión o helicóptero. El reconocimiento se hace en forma similar al que se describe como primer reconocimiento aéreo, con la diferencia de que al volar sobre la zona de las posibles rutas, abra que definir desde el aire las mejores, marcándolas en las cartas geográficas disponibles, para que posteriormente se recorran por tierra siguiendo los procedimientos indicados para el reconocimiento terrestre.
- b) Cuando se cuenta con fotografías aéreas de la zona y de momento no es posible continuar con el reconocimiento aéreo. En este caso se hará la fotointerpretación de las fotografías con que se cuenta, marcando en ellas las diferentes rutas posibles. Si la línea llega a salirse de las fotografías disponibles, se utilizarán cartas geográficas para completar lo faltante, a fin de

que al efectuar el reconocimiento terrestre se tenga una idea clara de la situación general de la ruta.

2.1.4 Fotogrametría.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías, todas generalmente desde una aeronave.

Esto significa que el estudio de una ruta y su elección no es de la exclusiva 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 es obtenida a través de los reconocimientos y de las fotografías aéreas, pues éstas facilitan el estudio del terreno desde los puntos de vista topográfico, geológico y de uso de la tierra, permitiendo así determinar la elección de la mejor ruta.

2.1.4.1 Fotointerpretación.

La fotointerpretación consiste en el examen de las imágenes fotográficas con el objeto de identificar rasgos y determinar su significado.

2.1.4.1.1 Identificación en las fotografías.

Para poder determinar el significado de las imágenes fotográficas deben considerarse los conceptos básicos que se implican a continuación:

a) Características físicas de las fotografías. El tono y la textura en una fotografía tiene un papel muy importante; cada uno de los tonos entre el blanco y el negro y su frecuencia de cambio en la imagen manifiesta la textura, en las cimas de las montañas se ven en tonos más claros que las barrancas.

b) Características de rasgos y objetos. Considerando la forma, el tamaño y la sombra de las imágenes, se puede distinguir entre los objetos que se deben a la actividad humana y los naturales.

c) Características topográficas geomorfológicas. El aspecto del relieve generalmente indica la dureza de los materiales: los materiales resistentes forman partes altas con taludes acentuados y los materiales blandos forman llanuras o lomeríos suaves. La disposición o alineamiento puede indicar flujo, plegamientos, fracturas, fallas, etc.

d) Características de la vegetación. Por el tipo de vegetación se puede identificar el tipo de suelo y el de la roca original. Un determinado tipo de vegetación puede indicar la composición del suelo, conteniendo humedad, permeabilidad, variaciones de su espesor y de su pendiente.

2.1.4.2 Control terrestre.

Las diferentes elevaciones del terreno y los movimientos del avión y de la cámara, son la causa de los cambios de escala, la deriva, el cabeceo y balanceo que presentan las fotografías aéreas por esta razón es indispensable determinar en el terreno la posición y la elevación de puntos previamente seleccionados, que permitan relacionar cuantitativamente al terreno con sus imágenes fotográficas. Con este control terrestre se puede utilizar las fotografías aéreas como un medio para obtener planos detallados y precisos del área requerida.

2.1.5 Evaluación de rutas posibles.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); la elección de la mejor entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera.

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

2.2 Investigación del Proyecto.

Es un conjunto de metodología que se sigue en una investigación de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos, para situar en planos obtenidos de esos levantamientos.

2.2.1 Generalidades.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); las inversiones en obras públicas dentro de las que están incluidas los caminos, deben producir los máximos beneficios a la colectividad con la mínima inversión posible.

Existen algunos principios de carácter universal en los que debe basarse el criterio del proyecto.

- a) 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.
- b) El empleo de una tecnología avanzada, debidamente probada permite generalmente una economía considerable en la construcción y operación de las obras.

c) Los estudios en el lugar de la obra requieren de l esfuerzo continuo, la observación profunda y el registro de todos los datos que intervengan de alguna forma, en el comportamiento de la estructura por proyectarse.

d) Para cada rama de proyecto debe contarse con ingenieros especialistas en esa materia. Para lograr esto, es necesario que en cada disciplina se mantenga al personal al día, en relación con los avances en las distintas tecnologías que les correspondan.

2.2.2 Estudio Topográfico.

Es un conjunto de levantamientos que se traducirá en un plano con curvas de nivel de la faja en estudio, un plano del perfil longitudinal del terreno en el eje de la poligonal que sirvió de base para el levantamiento y un plano de secciones transversales a dicho eje.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); para elegir el procedimiento a emplearse deben tomarse en cuenta los cuatro factores determinantes: la vegetación, la configuración topográfica, el plazo de ejecución y la accesibilidad a la zona.

a) Vegetación. La precisión en el procedimiento fotogramétrico electrónico dependerá de la altura, densidad y tipo de vegetación existente. La altura máxima de una vegetación densa, es de 0.10 m. Cuando la altura de la vegetación esté comprendida entre 0.10 m y 1.00 m, debe obtenerse la densidad y altura media mediante un recorrido, a fin de aplicarlas a manera de corrección al efectuar la restitución. Cuando las áreas de vegetación densa son aisladas y representan menos del 50% de la longitud del proyecto, pueden cambiarse ambos procedimientos con buenos resultados; es decir, empleando

el método fotogramétrico donde la vegetación lo permite y el terrestre en el resto. Como pueden presentarse muchas combinaciones de densidad y altura de vegetación, en estos casos depende del criterio del ingeniero, para elegir el procedimiento adecuado.

b) Configuración Topográfica. El terreno, en cuanto a su configuración se clasifica en plano, lomerío y montañoso.

b.1. El terreno plano o lomerío suave, el tiempo que se requiere para el control terrestre es más o menos el mismo que se necesitaría para el trazo definitivo, en caso de que no hubiera necesidad de recurrir a levantamientos preliminares, lo cual es factible con la ayuda de las fotografías aéreas obtenidas con anterioridad. Por lo que, en general debe usarse el procedimiento convencional o terrestre, por ser más económico y rápido que el fotogramétrico electrónico.

b.2. En terreno de lomerío, la elección de procedimiento depende de su costo, el cual a su vez varía con la longitud del camino. El procedimiento terrestre conviene usarse en caminos hasta de unos 30 km de longitud y de ahí en adelante usar el procedimiento fotogramétrico electrónico.

b.3. En terreno montañoso el procedimiento más adecuado es el fotogramétrico electrónico, por ser el más económico, pero quedando limitado su empleo a longitudes de camino mayores de 10 km.

c) Plazo de ejecución. Cuando el plazo de ejecución del proyecto es corto y la toma de fotografías aéreas no pueden realizarse de inmediato, cuando las

condiciones atmosféricas son desfavorables, generalmente conviene usar el procedimiento terrestre o convencional.

d) Accesibilidad a la zona. Otro factor que puede hacer variar la elección del procedimiento a seguir, es la dificultad en el acceso a la zona del camino en estudio.

2.2.3 Anteproyecto.

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

Una vez obtenidos los planos con curvas de nivel a una escala apropiada, se inicia el estudio para el trazo del camino, considerando un número variable de posibilidades, hasta seleccionar la más conveniente que se tomará como tentativa del eje de la carretera, quedando así definidos los alineamientos horizontal y vertical.

El anteproyecto requiere una evaluación razonablemente exacta de la geometría de cada una de las posibilidades, sin hacer falta una exactitud minuciosa.

Un trazo óptico es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno. Sin embargo, la selección de una línea y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios adoptados. Estos criterios a su vez dependen del tipo y volumen de tránsito previstos durante la vida útil del camino, así como de la velocidad de proyecto.

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 más adelante; sin embargo, existen ciertas normas generales que están reconocidas por la práctica y que son importantes para

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

- La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
- La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
- La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta todos los casos, por que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la visibilidad en sí.
- El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno naturales preferible a otra con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
- Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para las condiciones más críticas.
- Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
- En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues muy difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.
- En 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.

- 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.
- 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.
- Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
- Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

2.2.3.2 Normas generales para el alineamiento vertical.

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

- La condición topográfica del terreno influye en diversas formas a definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente, por el drenaje.

- Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica.
- 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, porque 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 o 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 perfil es benéfico para todos los vehículos que den vuelta.

2.2.4 Proyecto definitivo.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); es 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.

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

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

Referente 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 mayor economía posible en la construcción de la carretera, se procede al cálculo de los movimientos de terracerías por medio del diagrama denominado curva masa.

Todos aquellos imprevistos que surjan durante la construcción de la obra, se resolverán con base en los estudios realizados en el proyecto de la misma.

2.3 Alineamiento horizontal, y sus elementos que lo integran.

2.3.1 Definición.

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

Según el Manual de Proyectos Geométricos (1974); los elementos que lo integran al alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

2.3.2 Tangentes.

Según el Manual de Proyecto Geométrico (1974); 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 . Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del

alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre tangente y se le representa por PST.

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

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

2.3.3 Curvas circulares.

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

2.3.3.1 Curvas circulares simples.

Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

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

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

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

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

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

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

3. Angulo central. Es el ángulo subtendido por la curva circular. Se simboliza como 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 .

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

Sustituyendo R_c

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

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

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

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

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

7. Ordenada media. Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva.

Se simboliza con la letra M. Del triángulo rectángulo PI-O-PT, se tiene:

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

8. Deflexión a un punto cualquiera de la curva. Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en PC y la tangente en el punto considerado. Se

le representa como θ . Se puede establecer:

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

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

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

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.

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

Para la cuerda larga:

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

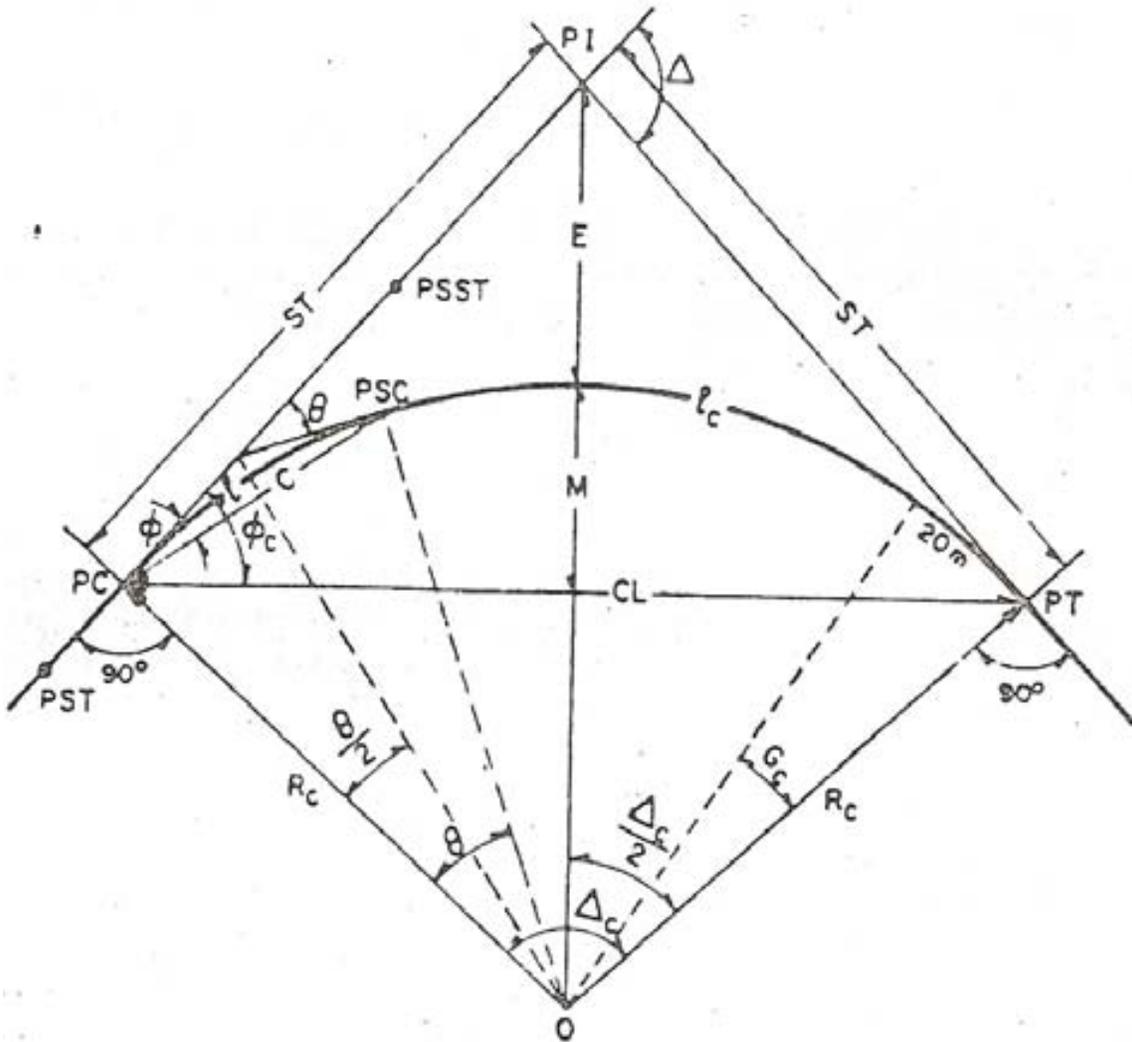


Figura 1. Curva circular simple.

Elementos de la curva circular simple:

PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.

PC Punto en donde comienza la curva circular simple

PT Punto en donde termina la curva circular simple

PST Punta sobre tangente

PSST Punto sobre subtangente

PSC Punto sobre la curva circular

O Centro de la curva circular

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

2.3.3.2 Curvas circulares compuestas.

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

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

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

La formula de la cuerda larga CL:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Puede verse también que:

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

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

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

Y las subtangentes de la curva circular compuesta serán:

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

$$STC_2 = Y \csc \Delta$$

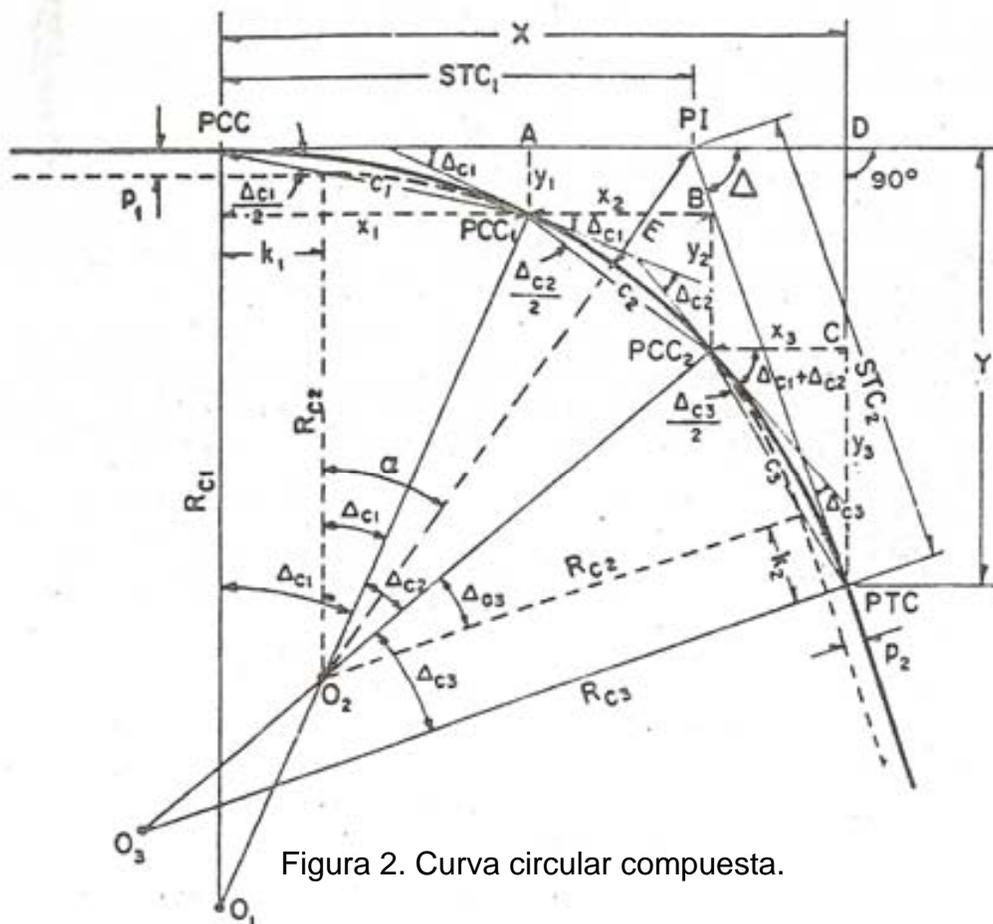


Figura 2. Curva circular compuesta.

Elementos de la curva circular compuesta:

PCC	Punto donde se inicia la curva circular compuesta.
PTC	Punto donde termina la curva circular compuesta
PCC_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

2.3.4 Curva de transición.

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

Se definirá aquí como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.

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

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

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

2.3.4.1 Ecuaciones de la clotoide o espiral de transición.

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.

$$\theta = \frac{G_c l^2}{40 l_c}$$

$$x = l \left(1 - \frac{\theta^2}{5x2} + \frac{\theta^4}{9x4} - \frac{\theta^6}{13x6} \right)$$

$$x = l \left(\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{7x3} + \frac{\theta^5}{11x5} - \frac{\theta^7}{15x7} \right)$$

$$C = \sqrt{x^2 + y^2} = y \csc \phi' = x \sec \phi'$$

$$T_1 = x - y \cot \theta$$

$$T_2 = y \csc \theta$$

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

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

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

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

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

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

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

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

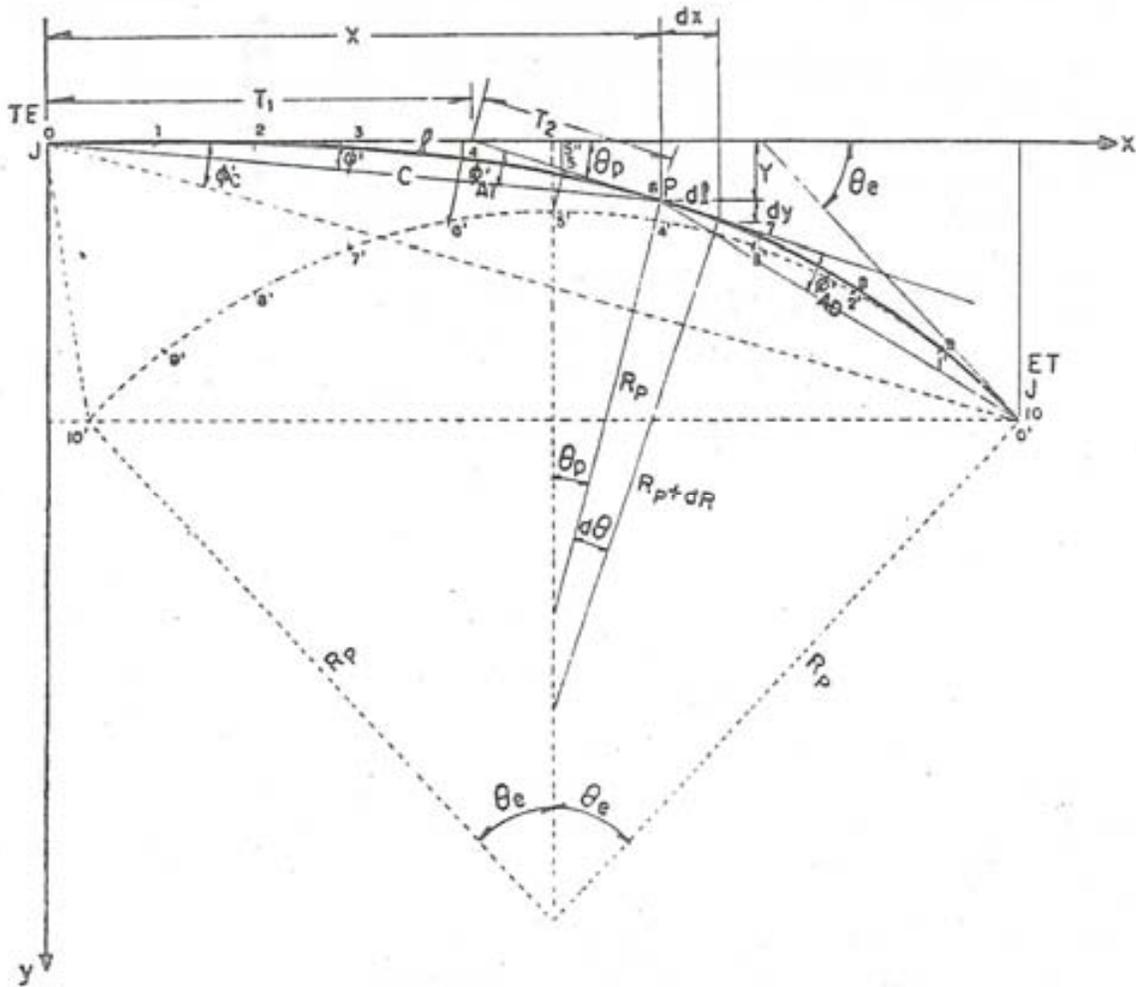


Figura 3 Espiral o Clotoide

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 tiene la misma longitud, la curva es simétrica, en caso contrario es asimétrica. Y se calculan con las siguientes formulas:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

tiene: $L = 2l_c + l_c$

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

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

8. Coordenadas del EC de la curva.

$$X_c = l_c \left(1 - \frac{\theta_c^2}{10} \right) \qquad Y_c = l_c \left(\frac{\theta_c}{3} + \frac{\theta_c^3}{42} \right)$$

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

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.

$$TC = Y_c \csc \theta_c$$

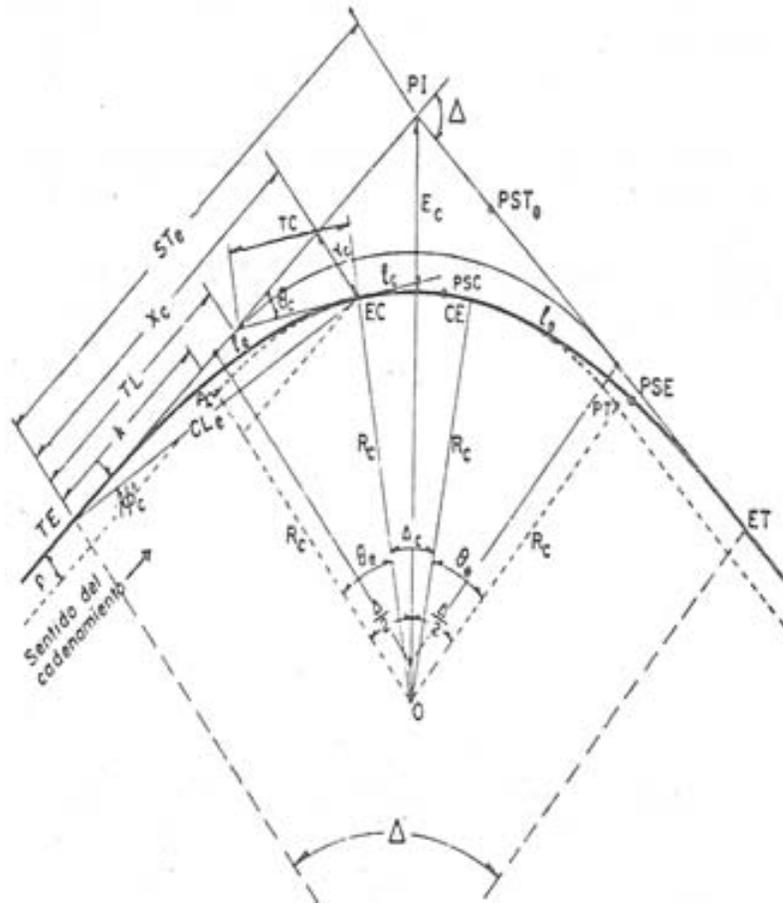


Figura 4. Curva circular con espiral

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 fórmula 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 igualara la longitud de la espiral a la longitud necesaria para dar la sobreelevación correspondiente a la curva circular.

$$m = 1.5625 V + 75$$

$$l_c = maS$$

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 Publicas, 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
	$l_c = 0.0214 \frac{V^2}{CR_c}$	$l_c = \frac{0.0214}{C} V \left(\frac{V^2}{R_c} - 127S \right)$	$m = 1.5625 V + 75$ $l_c = maS$ 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 1. Cuadro comparativo de longitudes minimas 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.

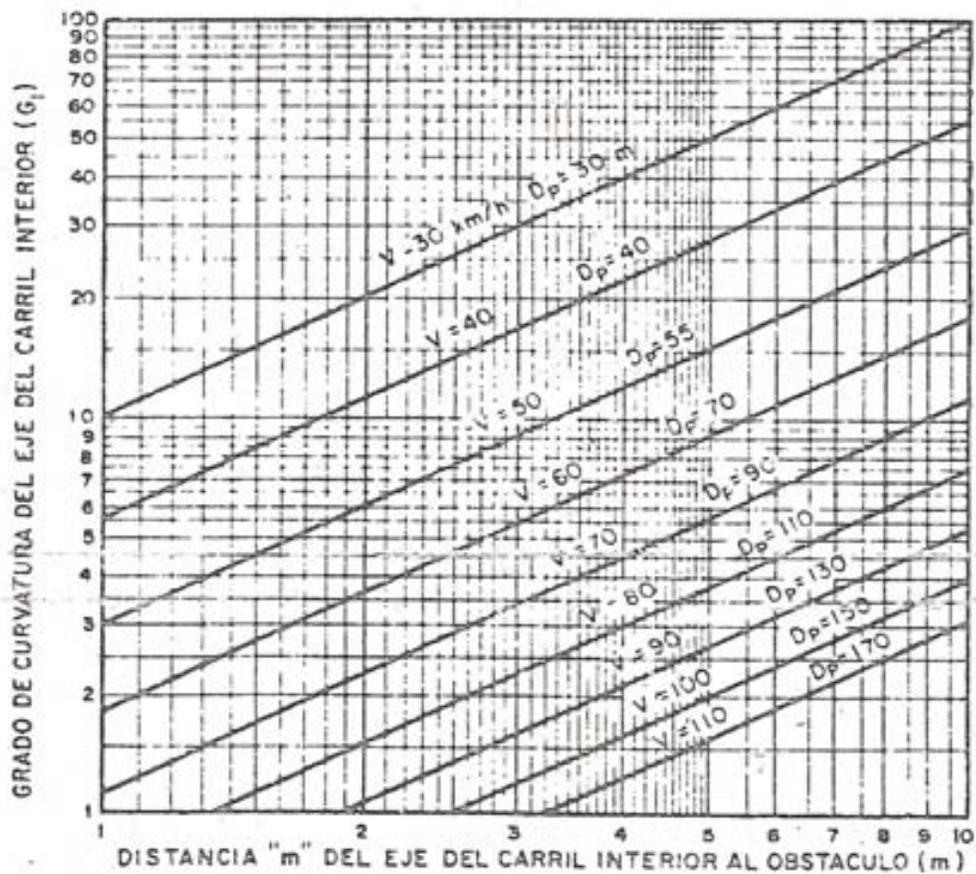
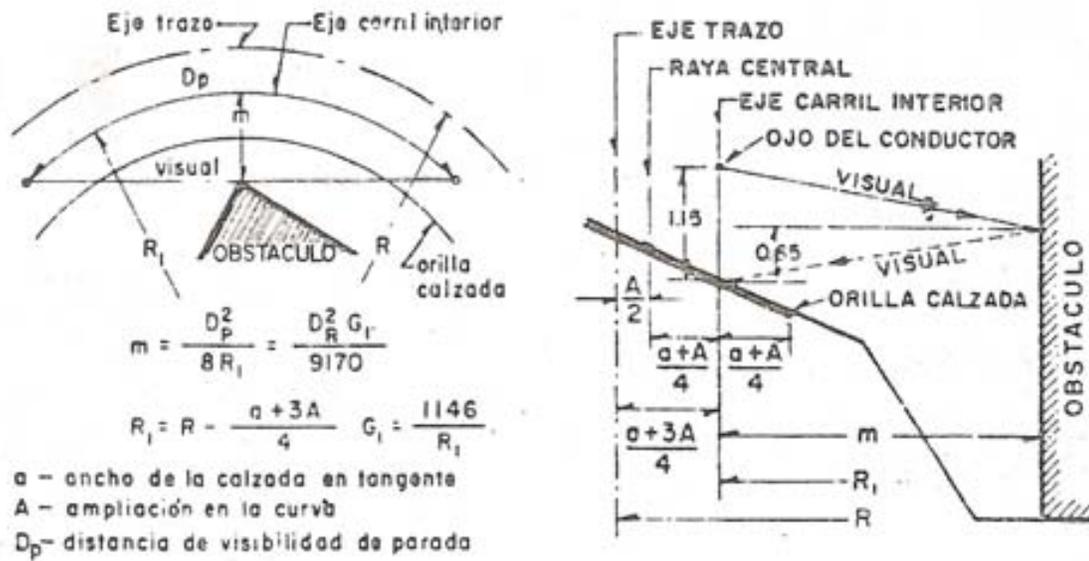


Tabla 2. Distancia mínima necesaria a obstáculos en el interior de curvas circulares para dar la distancia de visibilidad de parada.

2.4 Alineamiento vertical.

2.4.1 Definición.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Los elementos que lo integran al alineamiento vertical se componen de tangentes y curvas.

2.4.2 Tangentes.

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

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

2.4.2.1 Pendiente gobernadora.

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

2.4.2.2 Pendiente máxima.

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

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

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.

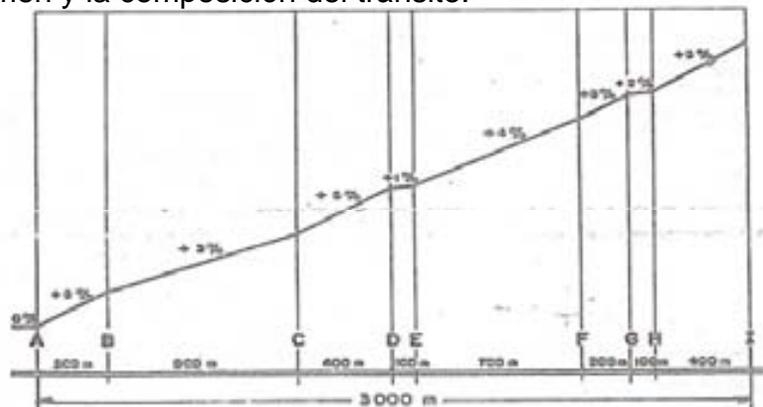


Figura. 5 Alineamiento vertical de un tramo de camino con tangentes de diferentes pendientes.

2.4.3 Curvas verticales.

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

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

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

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

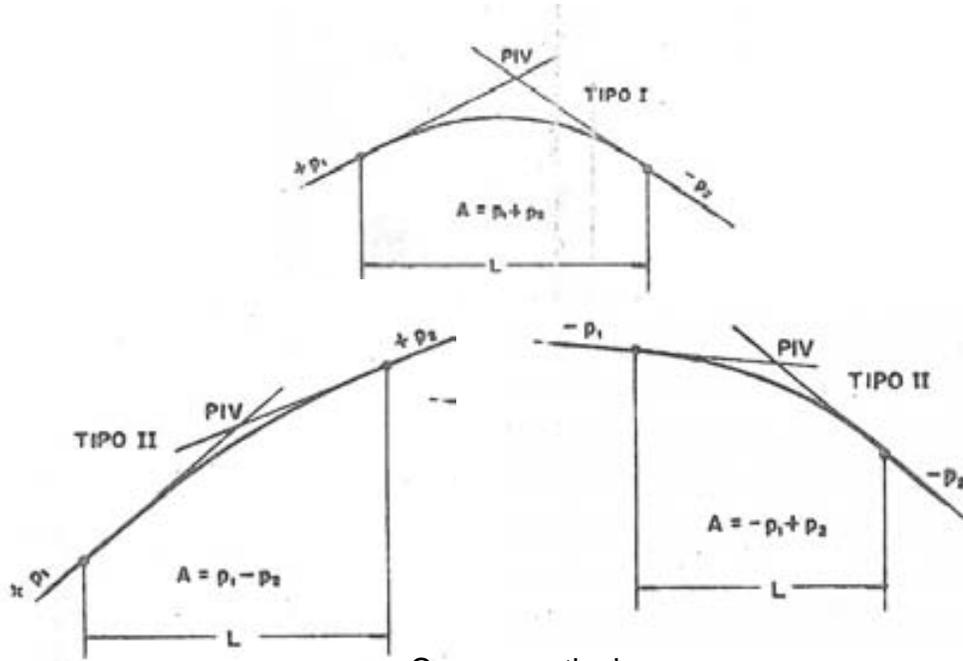
Por lo que la componente horizontal de la aceleración:

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

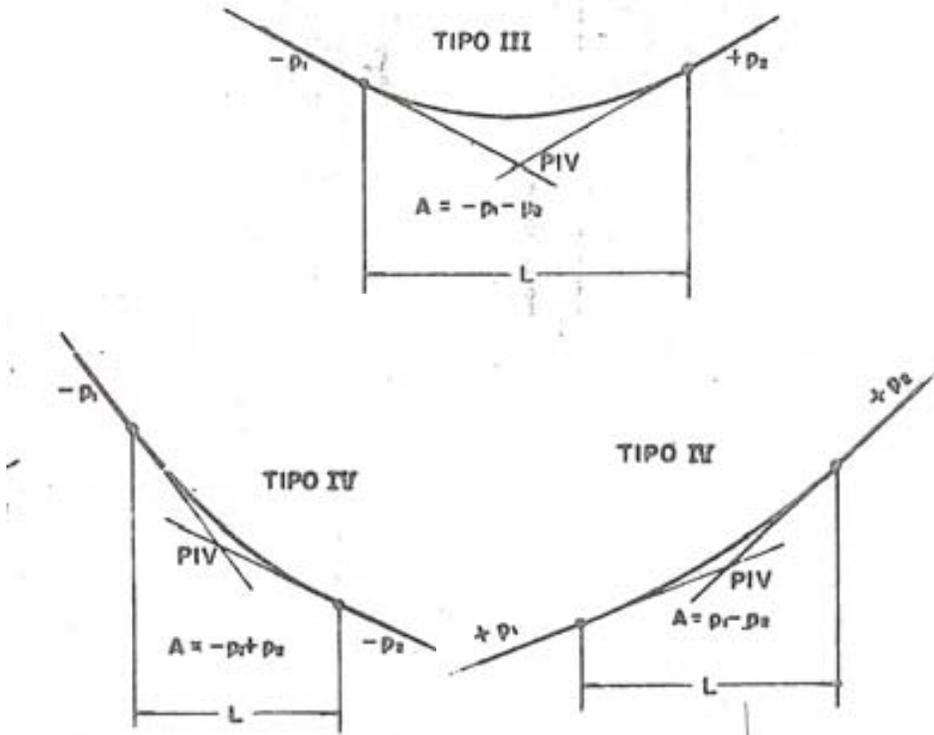
La ecuación de una parábola que es la recomendada para emplearse en las curvas verticales.

$$K = \frac{g}{2U_x^2} - \quad \text{En donde K es una constante.} \quad y = Kx^2 + Px$$

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



Curvas verticales.



Curvas verticales en columpio.

Figura 6. Tipos de curvas verticales.

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

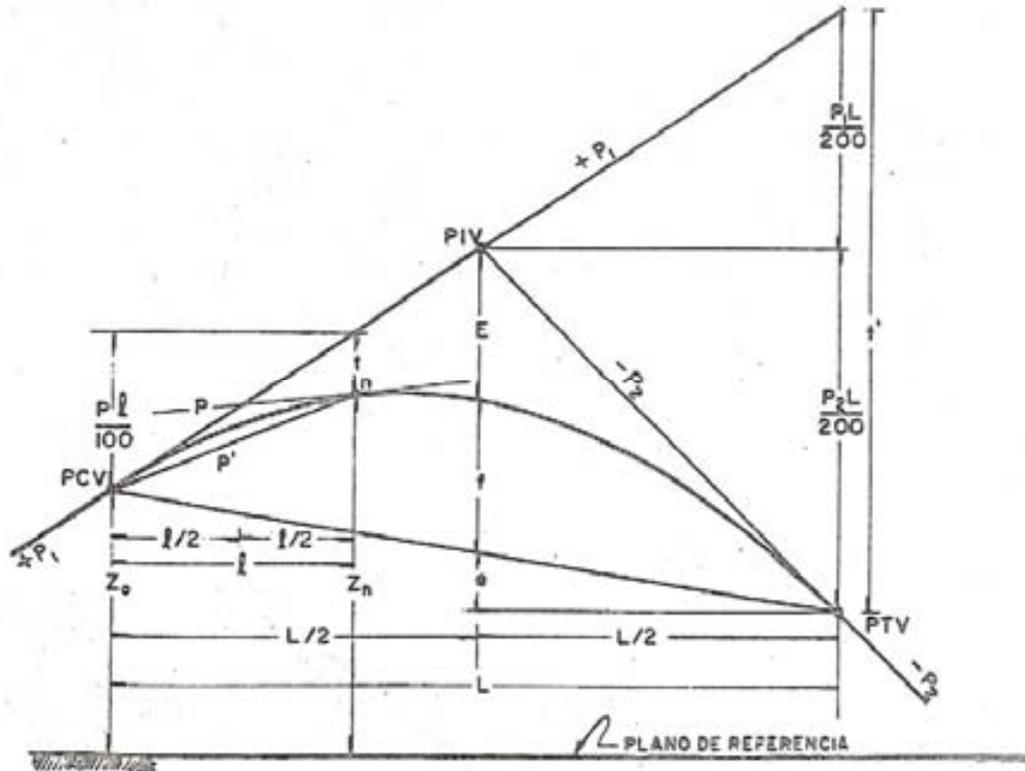


Figura 7. Elementos de las curvas verticales.

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:

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

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

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:

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

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

Para curvas en columpio:

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

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

En donde :

L= Longitud de la curva vertical en m.

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

A= Diferencia algebraica de pendientes, en por ciento.

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

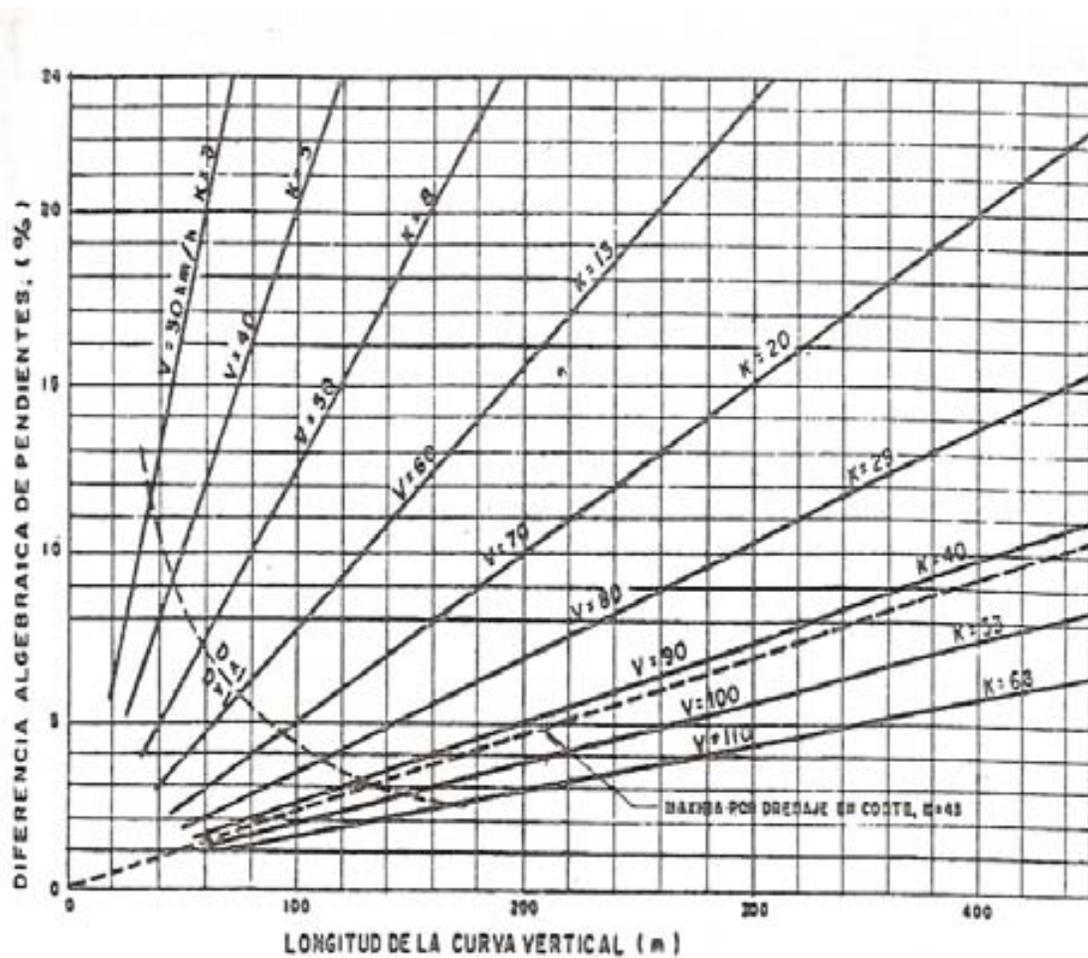


Tabla 3. Longitud de curvas verticales en cresta para cumplir con la distancia de visibilidad de parada

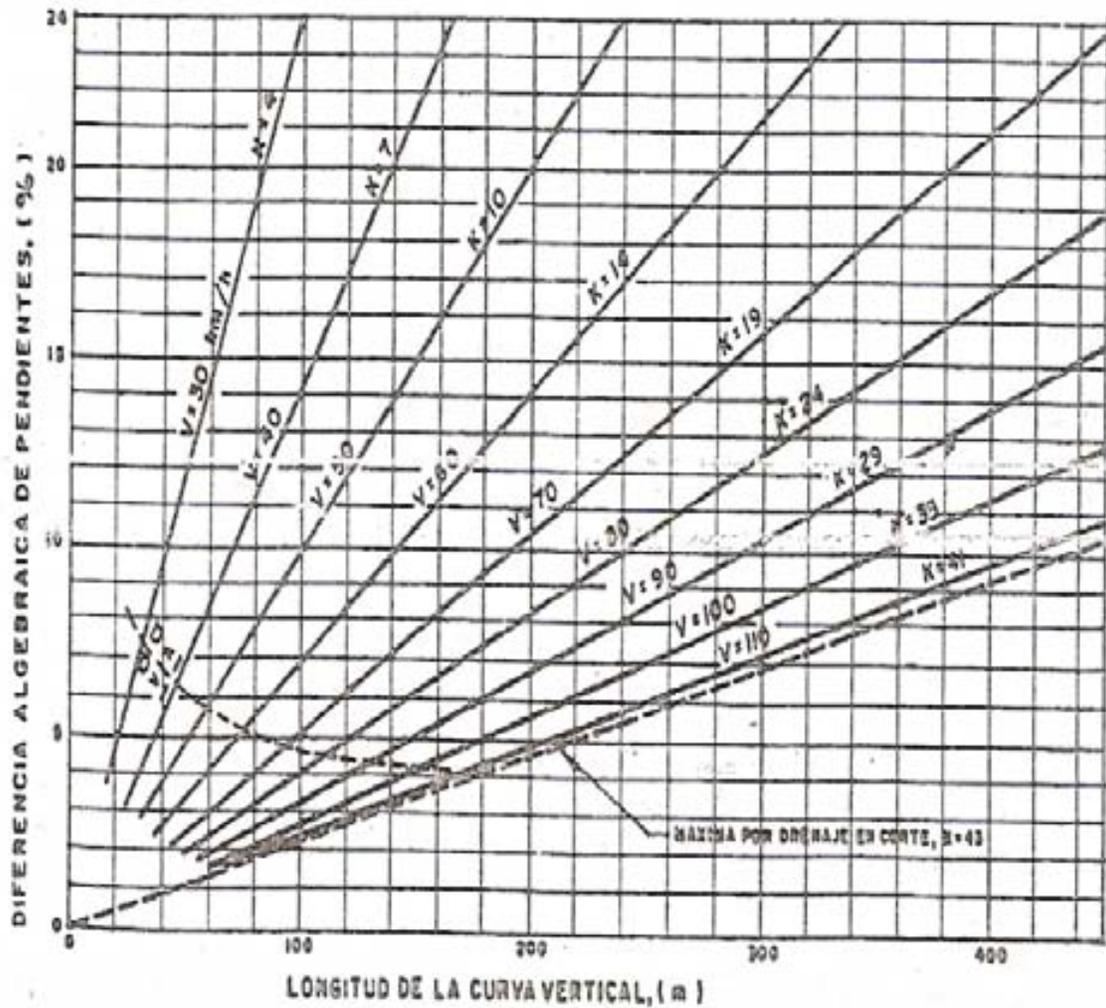


Tabla 4. Longitud de curvas verticales en columpio para cumplir con la distancia de visibilidad de parada.

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

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

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

3. Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera. Para determinar esta pendiente 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 .

$$E = \frac{A}{200L} \left(\frac{L}{2}\right)^2 \qquad E = \frac{AL}{800}$$

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

$$f = \frac{P_2L}{200} - E - c = \frac{P_2L}{200} - \frac{AL}{800} - c \qquad \text{Puede observarse que } f = E \qquad f = \frac{AL}{800}$$

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 Secciones transversales, elementos que la integran.

2.5.1 Definiciones.

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

2.5.1.1 Elementos que la integran.

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: la corona, la subcorona, las cunetas y contracunetas, los taludes y las partes complementarias.

2.5.2 Corona.

La 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. La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.
- Pendiente transversal. Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:
 1. Bombeo.
 2. Sobreelevación.
 3. Transición del bombeo a la sobreelevación.

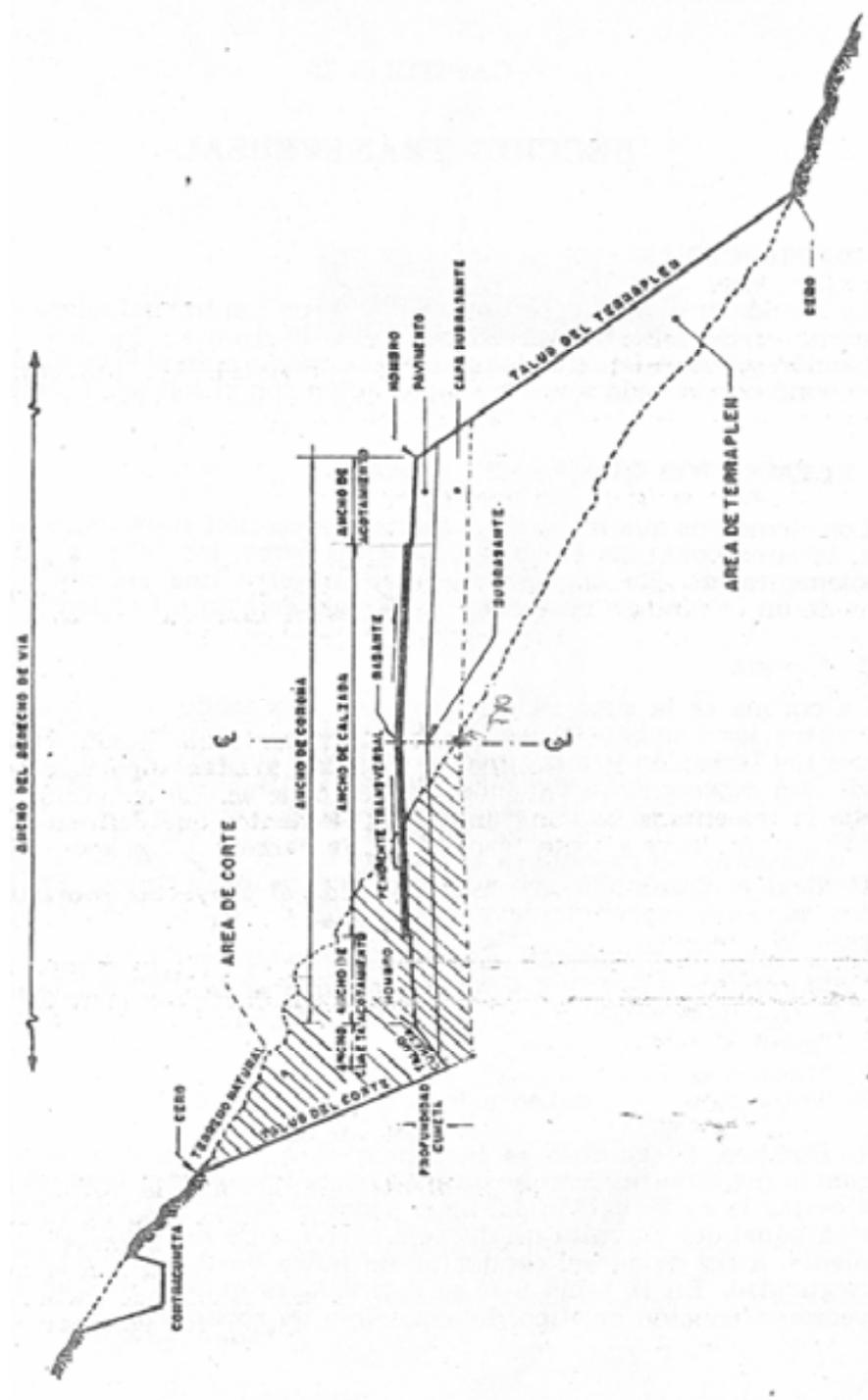


Figura 8. Sección transversal típica en una tangente del alineamiento horizontal

1. 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. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.

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

Formula para calcular la sobreelevación en una curva circular, es :

S = Sobreelevación, en valor absoluto.

V = Velocidad del vehiculo, en km/h.

R = Radio de la curva, en m.

μ = Coeficiente de fricción lateral.

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

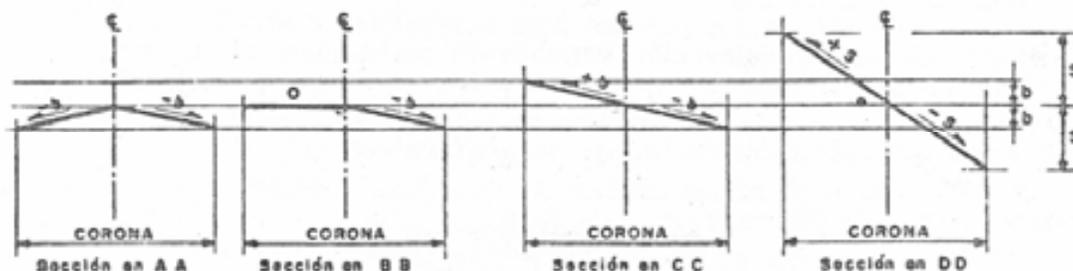
3. Transición del bombeo a la sobreelevación. En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de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

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, ya que

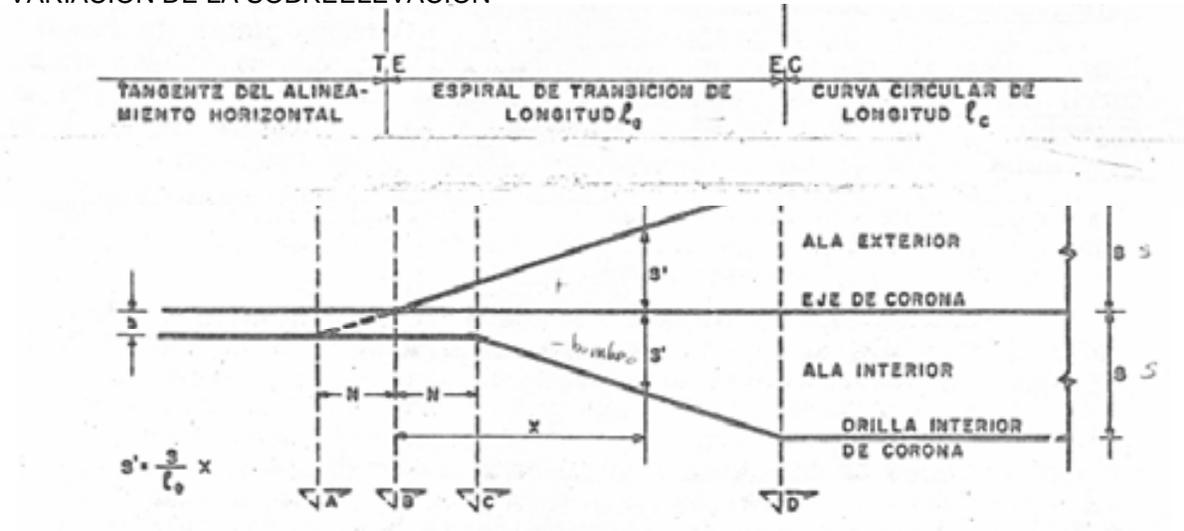
requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

A continuación se muestra la transición de la sección en tangente a la sección en curva girando sobre el eje de corona. El primer procedimiento, indicando la variación de la sobreelevación y las secciones transversales en la mitad de la curva; la otra mitad es simétrica. En la sección A, a una distancia N antes del punto donde comienza la transición, se tiene la sección normal en tangente; en esa sección se empieza a girar el ala exterior con centro en el eje de la corona, a fin de que en el TE esté a nivel como se muestra en la sección B y el ala interior conserve su pendiente original del bombeo b ; a partir de ese punto se sigue girando el ala exterior hasta que se hace colineal con el ala interior, como se muestra en la sección C, a partir de la cual, se gira la sección completa hasta obtener la sobreelevación S de la curva en el EC. Se hace notar que cuando la curva no tiene espirales de transición y se introduce la transición de la sobreelevación dentro de la curva circular. La sobreelevación en el PC es menor que la requerida teóricamente; este aparente defecto se elimina al considerar que el vehículo no puede cambiar de radio de giro instantáneamente por lo que en el PC tendrá necesariamente un radio de giro mayor y por tanto se requiere una sobreelevación menor.

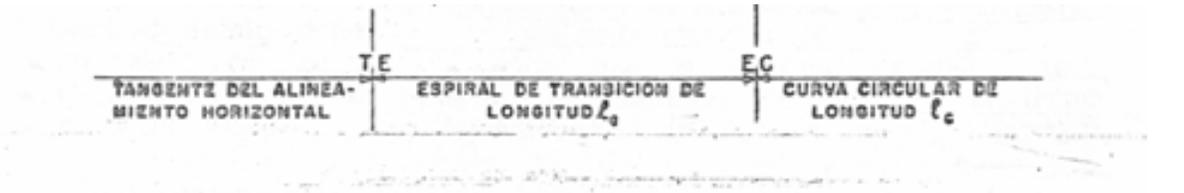
SECCIONES TRANSVERSALES



VARIACION DE LA SOBREELEVACION



LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CON ESPIRALES DE TRANSICION



LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE

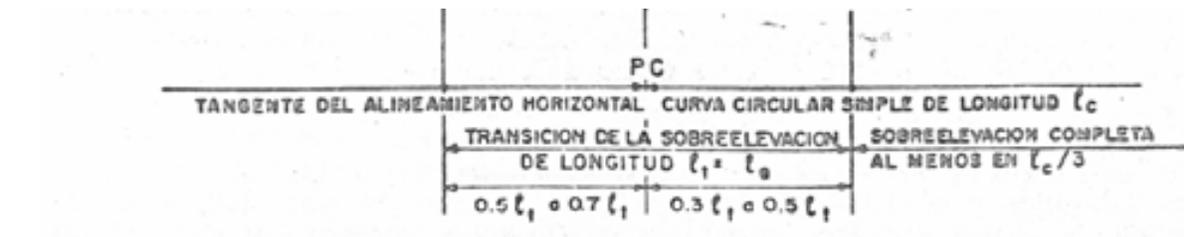


Figura 9. TRANSICION DE LA SECCION EN TANGENTE A LA SECCION EN CURVA GIRANDO SOBRE EL EJE DE CORONA

- Calzada. La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

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

1. Ancho de calzada en tangente. Para determinarse debe establecerse el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o en un determinado año de vida del camino; con este dato puede 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. Los anchos de carril usuales son: 2.75 m, 3.05 m, 3.35 m y 3.65 m y normalmente se proyectan dos, cuatro o más carriles; sin embargo, cuando el volumen de tránsito es muy bajo, de 75 vehículos por día o menos, se proyecta caminos de un carril para las dos direcciones de tránsito, con un ancho de 4.50 m.

En tangente de alineamiento vertical con fuerte pendiente longitudinal, puede ser necesario ampliar la calzada mediante la adición de un carril para que por él transiten los vehículos lentos, mejorando así la capacidad y nivel de servicio. El ancho y la longitud de ese carril se determina mediante un análisis de operación de los vehículos.

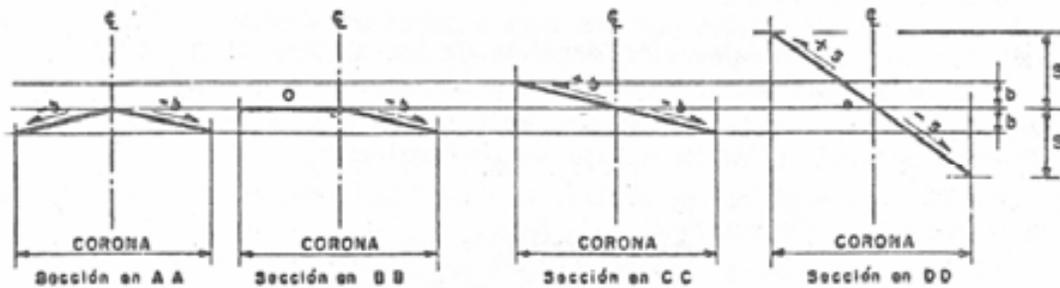
2. Ancho de calzada en curvas del alineamiento horizontal. Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta

cierta dificultad para mantener su vehículo en el centro del carril, por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada. A este sobreaño se le llama ampliación, la cual debe darse tanto a la calzada como a la corona.

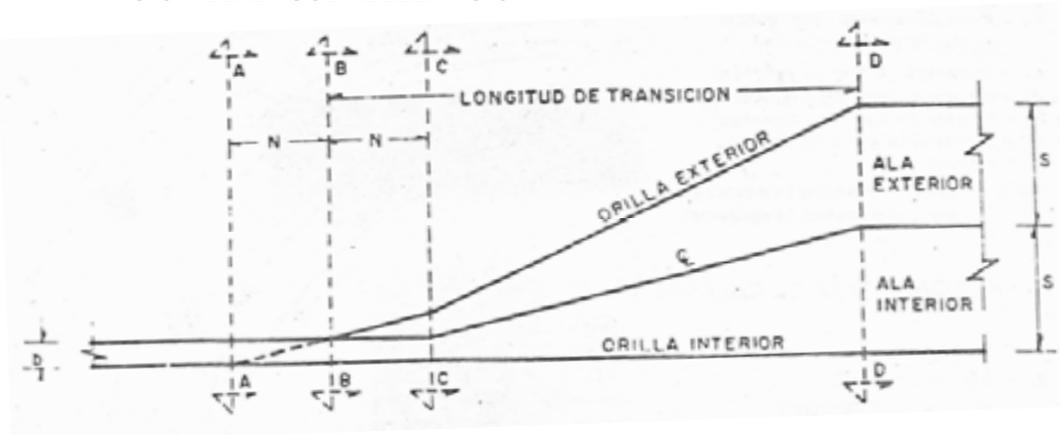
Para caminos de dos carriles, el ancho de calza en curva se calcula, sumando el ancho definido por la distancia entre huellas externas U de dos vehículos que circulan por la curva; la distancia libre lateral C entre los vehículos y entre éstos y la orilla de calzada; el sobreaño FA debido a la proyección del vuelo delantero del vehículo que circula por el lado interior de la curva; y un ancho adicional Z que toma en cuenta la dificultad de maniobra en la curva.

GIRO SOBRE LA ORILLA INTERIOR

SECCIONES
TRANSVERSALES

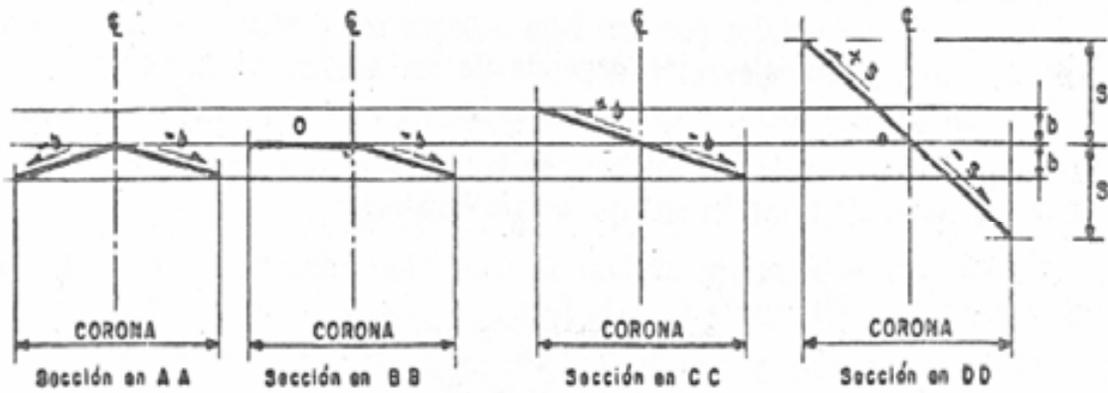


VARIACION DE LA SOBREELEVACION



GIRO SOBRE LA ORILLA EXTERIOR

SECCIONES
TRANSVERSALES



VARIACION DE LA SOBREELEVACION

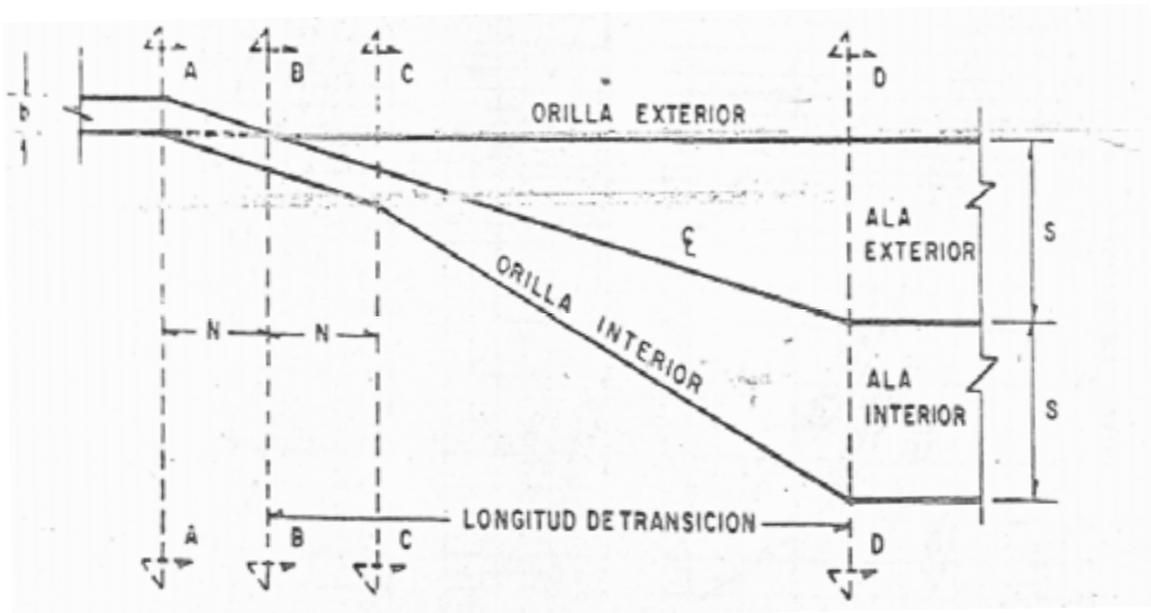
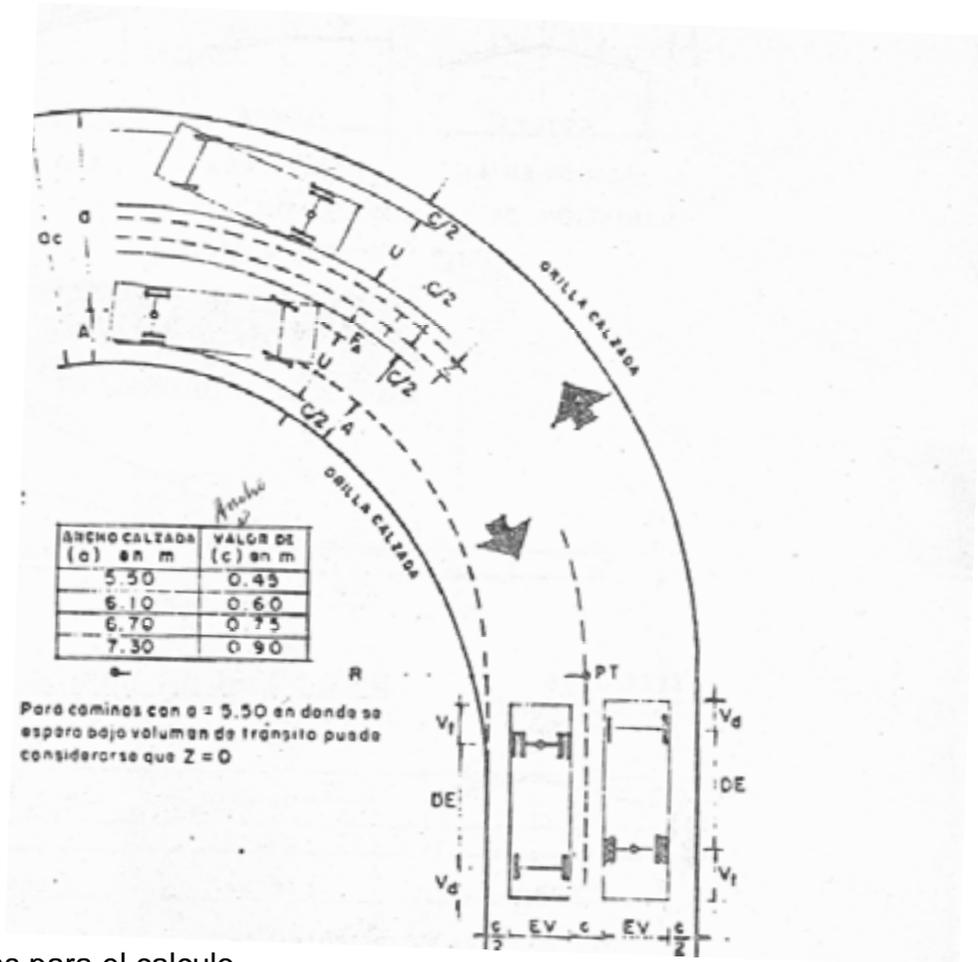


Figura 10. Transición de la sección en tangente a la sección en curva girando sobre una orilla de la corona.



Graficas para el calculo.

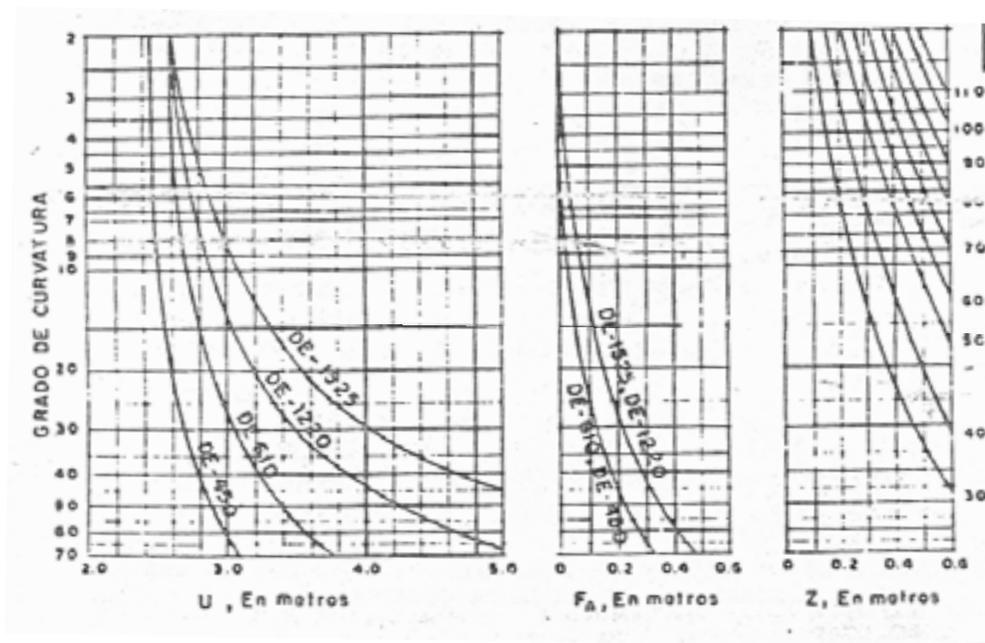


Figura 11. Ampliaciones en curvas del alineamiento horizontal.

d) Acotamientos. Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen como ventajas principales las siguientes:

1. Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, en el que puede eludir accidentes potenciales o reducir su severidad, pudiendo también estacionarse en ellos en caso obligado.
2. Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada, así como dar confinamiento al pavimento.
3. Mejorar la visibilidad en los tramos en curva, sobre todo cuando el camino va en corte.
4. Facilitar los trabajos de conservación.
5. Dar mejor apariencia al camino.

El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio.

2.5.3 Subcorona.

La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento. En sección transversal es una línea.

Se entiende 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.

Se entiende por pavimento, a 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.

a) 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.

b) 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.

c) 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.

a) 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; su talud es generalmente de 3:1; del fondo de la cuneta parte el talud del corte.

Cuando los caminos no se pavimentan inmediatamente después de construidas las terracerías, es necesario proyectar una cuneta provisional para drenar la subcorona. El ancho de esta cuneta provisional debe diferir en una cantidad d al ancho de la cuneta definitiva, para que cuando se pavimente o se cubra el camino, la cuneta definitiva quede con su ancho de proyecto.

$$d = \frac{B}{\left(\frac{1}{T} + \frac{1}{t}\right)}$$



Figura 12. Cuneta provisional y definitiva.

En donde B es el espesor de base y sub-base, en m; T y t son los taludes del corte y de la cuneta, respectivamente, y d es la reducción que hay que hacer al ancho de la cuneta definitiva para tener el ancho de la cuneta provisional, en m.

La longitud de una cuneta está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda por el acotamiento.

b) Contracunetas. Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptarlos 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. Su proyecto en dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que lo forman.

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 Complementos.

Partes complementarias. Bajo 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. Las defensas y los dispositivos para el control del tránsito también pueden considerarse como parte de la sección transversal.

a) 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.

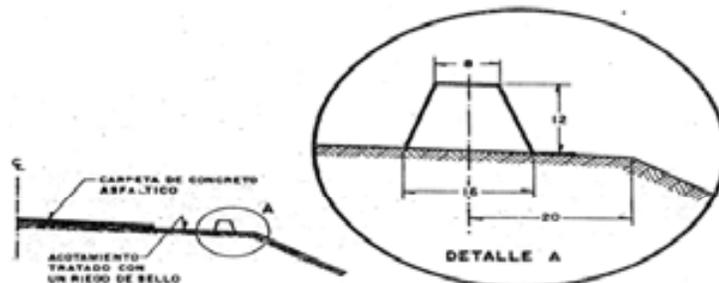


Figura 13 Dimensiones y ubicación del Bordillo.

Los tipos usuales de guarnición son las verticales y las achaflanadas, las primeras tienen su parte saliente de 0.20 m como máximo y su cara exterior sensiblemente vertical, de manera que los vehículos no puedan sobrepasarlas; las segundas tienen la parte saliente achaflanada para que en caso de emergencia, los vehículos puedan pasar sobre ellas con relativa facilidad.

Las guarniciones achaflanadas se emplean principalmente en zonas rurales y las verticales en zonas urbanas.

Los bordillos son elementos, generalmente de concreto asfáltico, que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, a fin de encauzar el agua que escurre por la corona y que de otro modo causarían erosiones en el talud del terraplén.

El caudal recogido por el bordillo se descarga en lavaderos construidos sobre el talud del terraplén.

b) 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.

c) 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.

Los camellones centrales se usan en caminos de cuatro o más carriles; los laterales se proyectan en zonas urbanas y suburbanas para separar el tránsito directo del local en una calle o camino lateral.

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 y calculo del movimiento de las terracerías.

2.6.1 Proyecto de subrasante.

En este subtema se da a analizaremos la línea que nos divide el nivel de terracerías de nuestra estructura de pavimento; la capa subrasante, es decir el nivel que delimita el desplante de nuestro camino con la primera capa de nuestra estructura, y la forma de obtenerla; además de calcular los movimientos de terracerías originados por la selección previa de la ruta del trazo que propicia cortes y terraplenes a lo largo la línea del camino.

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

1. Costos unitarios:

Excavación en corte.

Excavación en préstamo.

Compactación en el terraplén del material de corte.

Compactación en el terraplén del material de préstamo.

Sobreacarreo del material de corte a terraplén.

Sobreacarreo del material de corte a desperdicio.

Sobreacarreo del material de préstamo a terraplén.

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

2. Coeficientes de variabilidad volumétrica:

Del material de corte.

Del material de préstamo.

3. Relaciones:

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

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

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

4. Distancia económica de sobreacarreo:

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

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

en donde:

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

Se llama así a la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen tanto los datos propios del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que formarán las terracerías.

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción, pueden separarse en dos grupos claramente definidos:

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

Los elementos relativos al grupo A) son las siguientes:

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

Los elementos que forman el grupo B) son los siguientes:

B.12. Despalme.

B.18. Muro de retención.

B.13. Compactación del terreno natural.

B.19. Berma.

B.14. Escalón de liga.

B.20. Estratos en corte.

B.15. Cuerpo del terraplén.

B.21. Caja en corte

B.16. Capa subrasante.

B.17. Cuña de afinamiento.

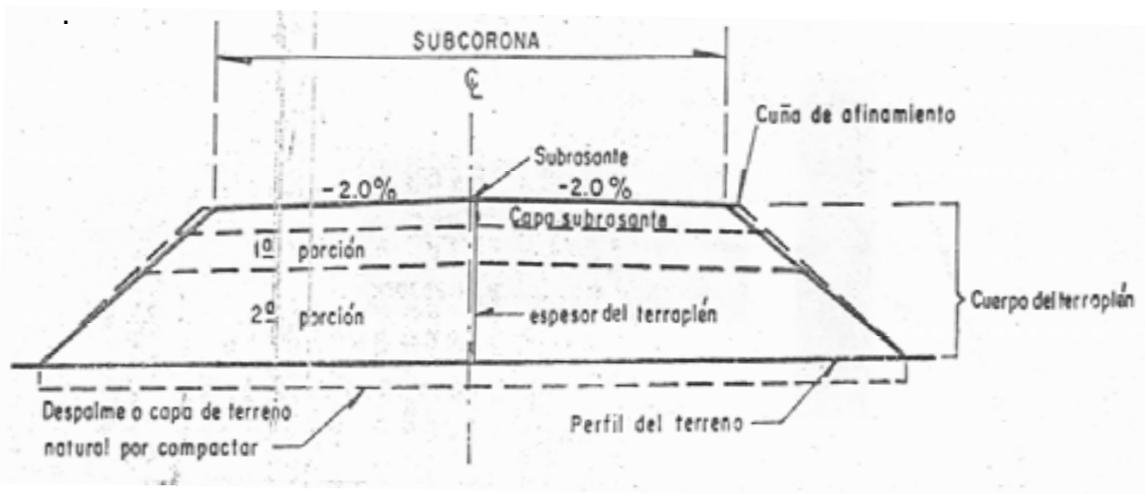


Figura 14. Sección de construcción de un terraplén en tangente.

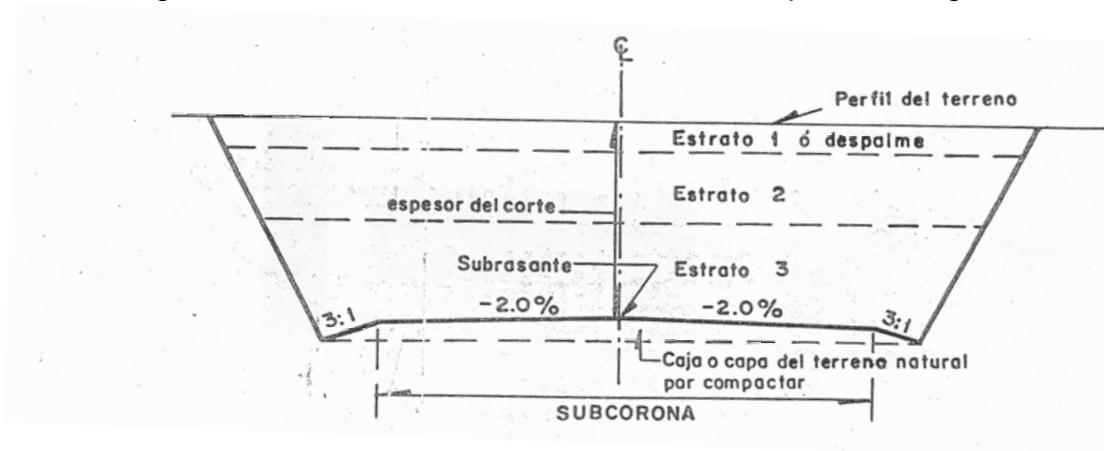
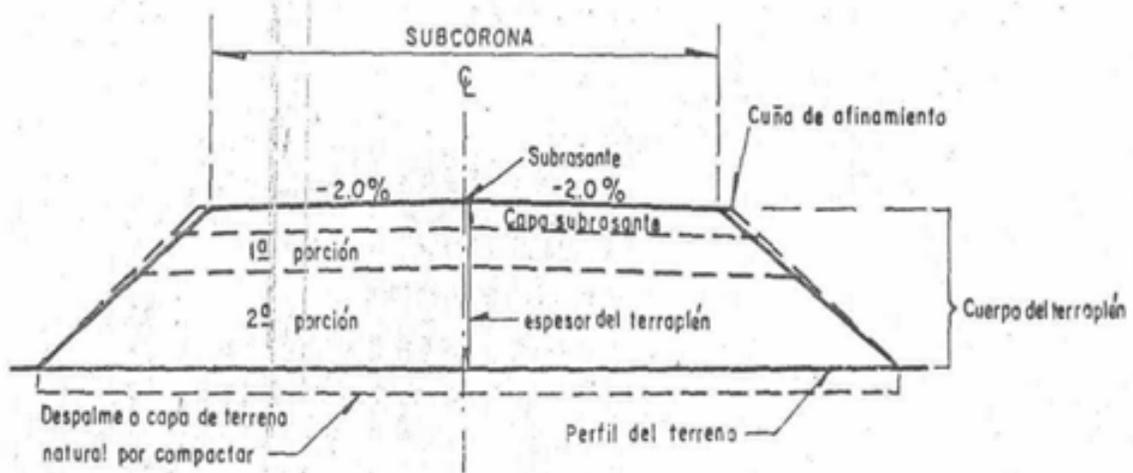


Figura 15. Sección de construcción en un corte en tangente.

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 la construcción; ya sea que se trate de zonas de cortes, de áreas destinadas para el desplante de terraplenes o de zonas de préstamo.
- **Compactación del terreno natural.** Es la que se da al material del terreno sobre el que se desplantará un terraplén o al que quede abajo de la subcorona o de la capa subrasante en un corte, para proporcionarle a ese material el peso volumétrico requerido. También se aplica en el caso de terracerías antiguas que vayan a ser ampliadas.
- **Escalón de liga.** Es el que se forma en el área de desplante de un terraplén, cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación del talud 1.5:1, a fin de obtener una liga adecuada entre ellos y evitar un deslizamiento del terraplén. También se proyecta en casos de ampliación o reconstrucción de caminos existentes.
- **Cuerpo del terraplén.** Se llama así a la parte del terraplén que queda debajo de la subcorona. Está formado por una o más porciones según sea la elevación del terraplén.
- **Capa subrasante.** Es la porción subyacente a la subcorona, tanto en corte como en terraplén. Su espesor es comúnmente de 30 cm y está formada por suelos seleccionados para soportar las cargas que le transmite el pavimento.

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



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

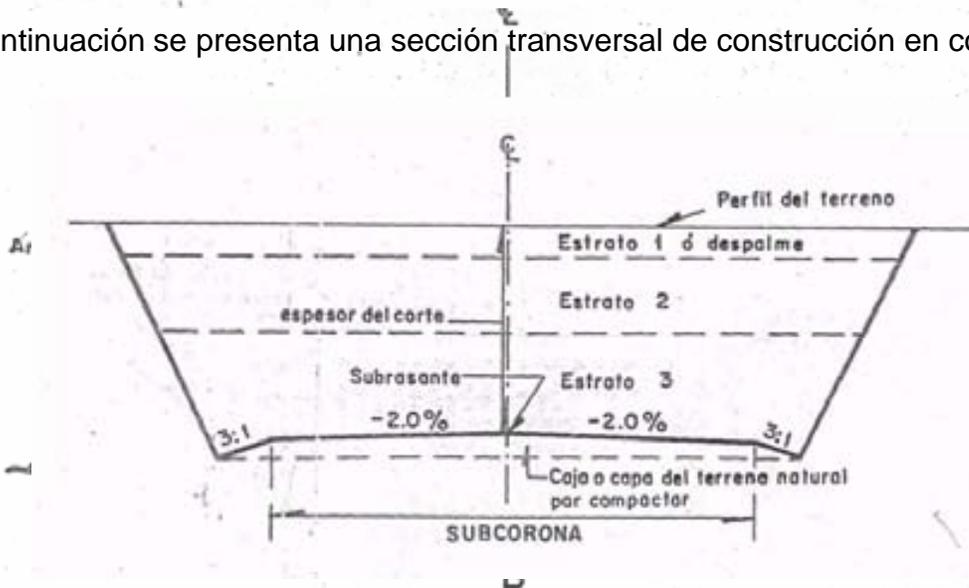


Figura 16. Escalón de liga.

- 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. Es de forma triangular, comúnmente de 20 cm de ancho en su parte superior al nivel del hombro de la subcorona, y termina en la línea de ceros del talud o en

el lecho superior de la porción inferior, si ésta es de material no compactable. Esta cuña debe recortarse en el afinamiento final.

- Muro de retención. Cuando la línea de ceros del terraplén no llega al terreno natural es necesario construir muros de retención, cuya ubicación y altura estarán dadas como resultado de un estudio económico.
- Berma. En un terraplén, está formada por el material que se coloca adosado a su talud, a fin de darle mayor estabilidad al terraplén. En corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el objeto de darle mayor estabilidad y de detener en él al material que se pueda desprender, evitando así que llegue hasta la corona del camino.
- Estratos en cortes. Así se designan a las diferentes capas que aparecen en un corte, cuando cada una de ellas está formada por material de distintas características de las demás.
 - a) La capa superficial del terreno o estrato (1), que en general está formada por materiales finos, si es aprovechable por su calidad para formar el terraplén, se considera como tal; si por el contrario es inadecuado para ese empleo, viene a ser el despalme antes descrito.
 - b) Las porciones (2) y (3) representan dos estratos formados por material adecuado para la formación de terracerías, pero cuyas características son distintas.
- Caja en corte. Es la excavación del material subyacente a la subcorona, inadecuado para formar la capa subrasante. Este material debe ser substituido por otro de características apropiadas.

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

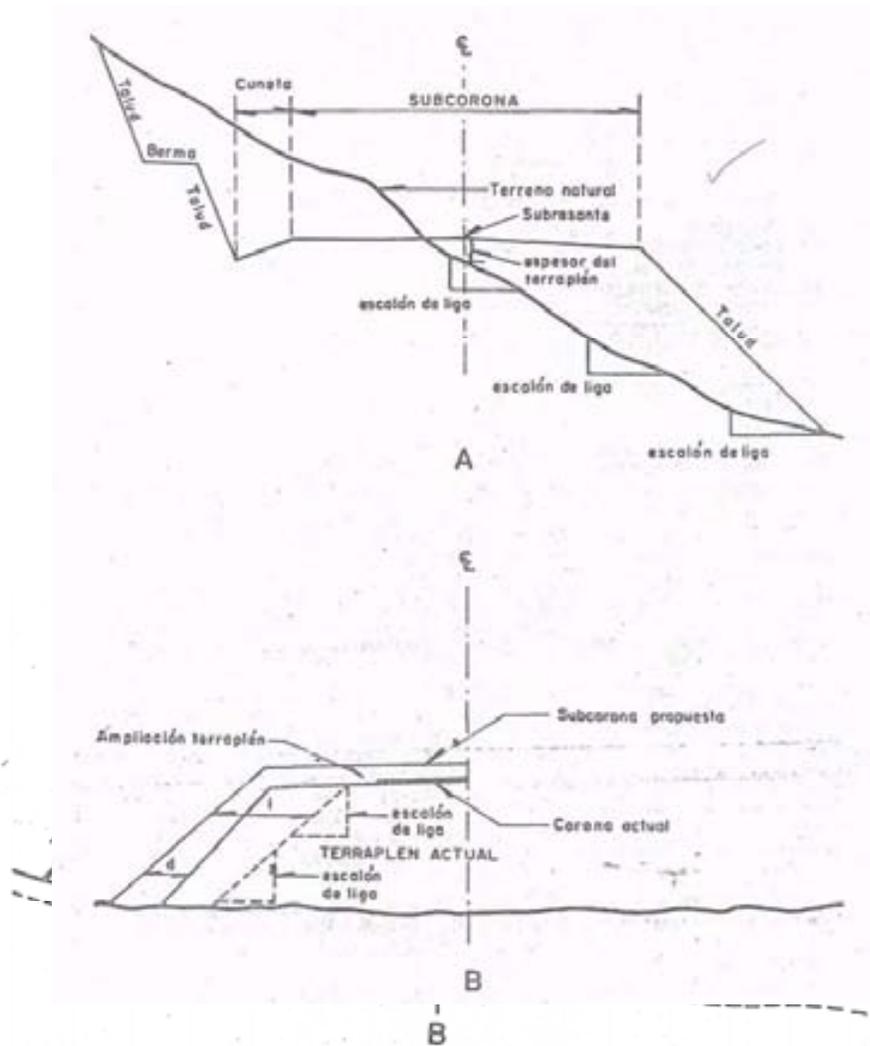


Figura 17. Escalon de liga.

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:

A) Método analítico.

B) Método gráfico.

C) Método del planímetro.

A) 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.

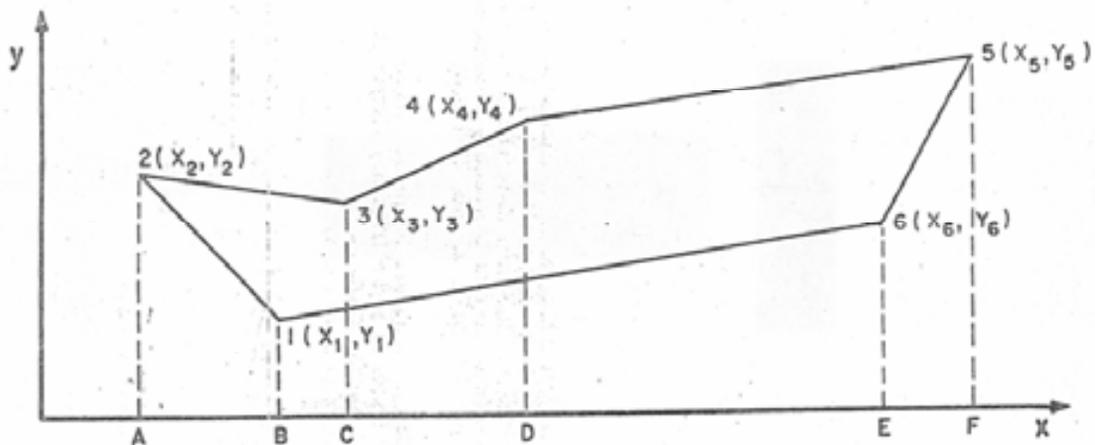


Figura 18. Determinación de áreas, método analítico

B) 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.

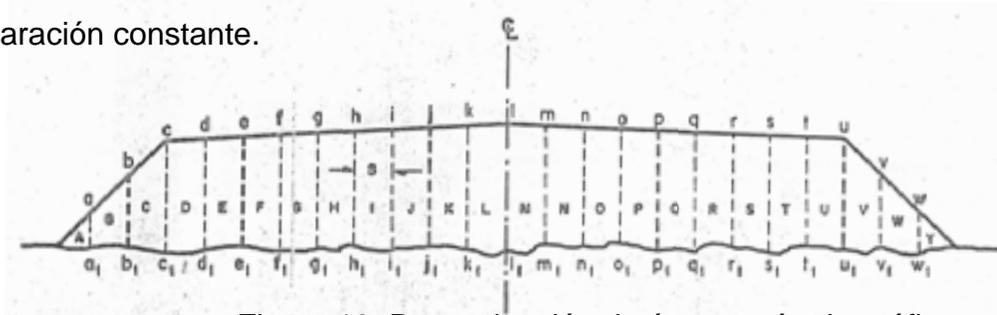


Figura 19. Determinación de áreas, método gráfico.

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.

C) 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.

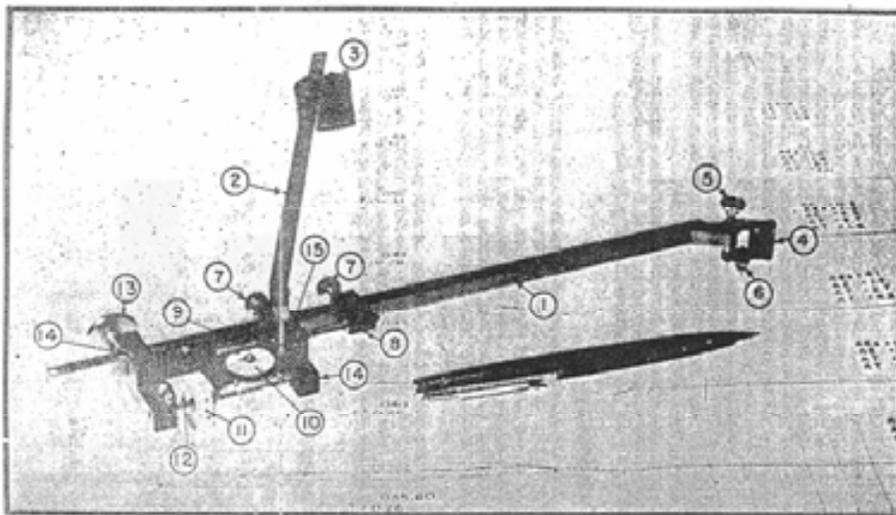


Figura 20. Planímetro polar.

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.

A) Fórmula del prismaoide. Para deducir la expresión para el cálculo del volumen de un prismaoide, considérese uno de bases triangulares.

B) 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.

C) 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 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.

Para determinar todos estos movimientos de terracerías y obtener su costo mínimo, el diagrama de masas es el instrumento con que cuenta el proyectista. El diagrama de masas es la curva resultante de unir todos los puntos dados por las ordenadas de curva masa, correspondiendo las abscisas al cadenamiento del camino.

2.7. Diseño de intersecciones.

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

2.7.1. Definiciones y clasificación.

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

A una zona donde dos o más caminos se cruzan o se unen, mezclando las corrientes de tránsito se le llama entronque. Por otro lado, a una zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que se unan las corrientes de tránsito, se le llama paso. En ambos casos, se puede contar con estructuras a distintos niveles.

De acuerdo con el MPGC, SCT, (1991); cada vía que sale o llega a la intersección y forma parte de esta, es llamada rama. Y a las vías que unen distintas ramas en una intersección, se le llama enlaces, así también, a los enlaces que unen dos días a diferente nivel se les llama rampas.

2.7.2. Maniobras de los vehículos.

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

Siempre que exista la divergencia, convergencia, o cruce, existe un conflicto entre los usuarios participantes en las maniobras. Es decir, incluye a usuarios cuyas

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

2.7.2.1. Maniobra de divergencia.

Esta es la más simple y fácil de las maniobras que ocurren en una intersección. El siguiente diagrama, se aprecia en el área de conflicto que comienza en el punto donde la velocidad del vehículo 2 que diverge, se reduce, incluyendo en la del vehículo 3, hasta que vehículo 2 sale de su trayectoria original. Al mismo tiempo, con la divergencia, ocurren conflictos adicionales que no son inherentes a la maniobra.

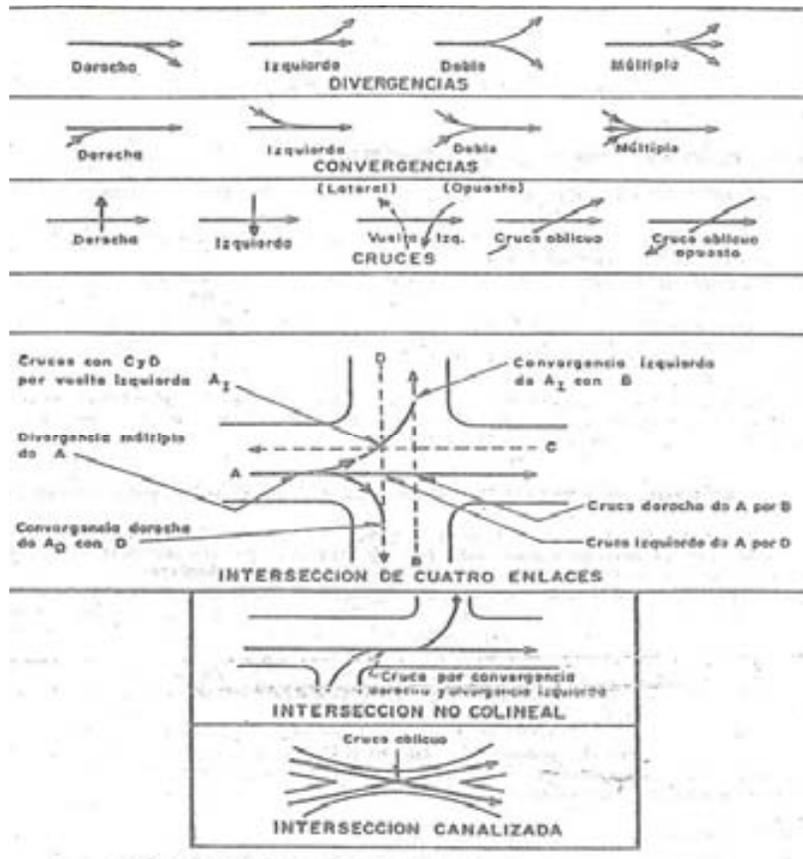


Fig. 21. Maniobras de los vehículos en las intersecciones.

2.7.2.2. Maniobra de convergencia.

Esta maniobra, no puede realizarse voluntad, debe ser diferida hasta que exista un espacio adecuado entre los vehículos que circulan por el carril adecuado será incorporar. La siguiente figura se muestra la influencia de esta maniobra sobre los demás vehículos. Particularmente el área de conflicto se inicia antes que el área potencial de colisión y se extiende en un punto donde el vehículo que converge ha alcanzado, aproximadamente, la velocidad del vehículo 3.

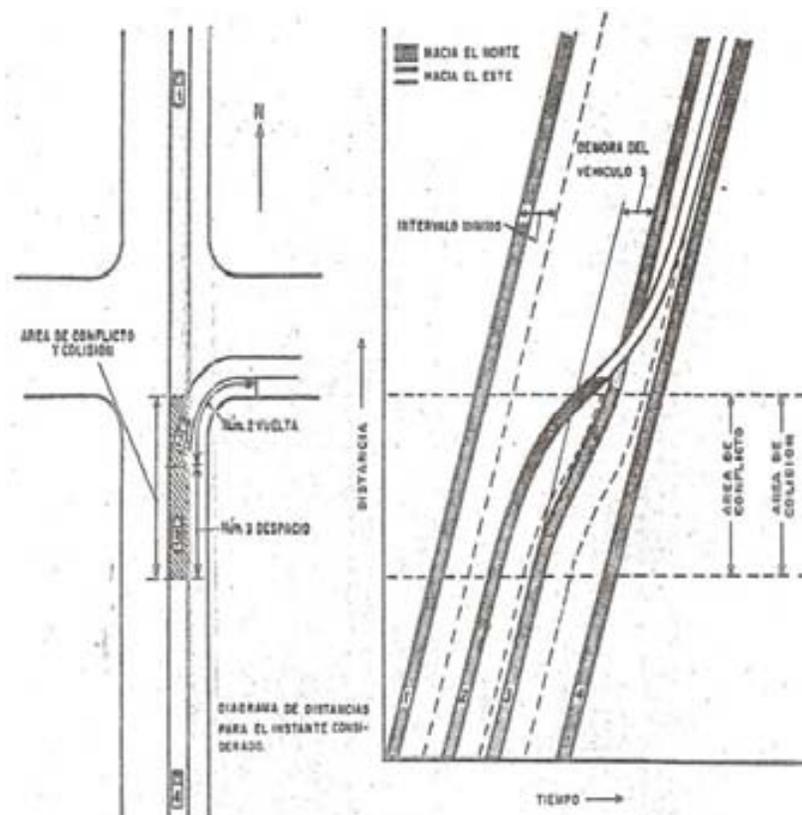


Fig. 22 Relación tiempo-distancia en las maniobras de divergencia.

2.7.2.3. Maniobra de cruce.

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

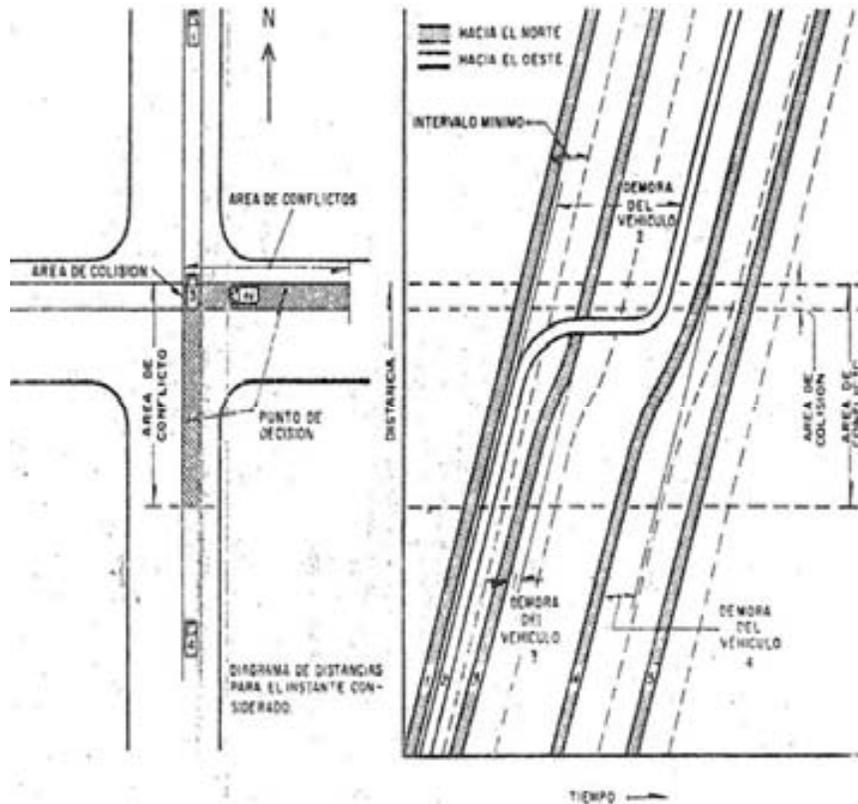


Fig. 23 Relación tiempo-distancia en las maniobras de cruces.

2.7.2.4. Número y tipos de conflictos.

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

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

Tabla. 5. Relación del número de conflictos de la intersección al número de ramas de doble circulación que la forman por tipo de maniobras.

2.7.2.5. Frecuencia de conflictos.

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

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

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

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

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

2.7.3. Áreas de maniobras.

El área de maniobra, es la zona de una intersección donde el conductor de un vehículo, realiza las operaciones para ejecutar las maniobras requeridas. Según lo mencionado por, (MPGC, SCT, 1991), esta incluye el área potencial de colisión y la parte de los accesos a la intersección, desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos.

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

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

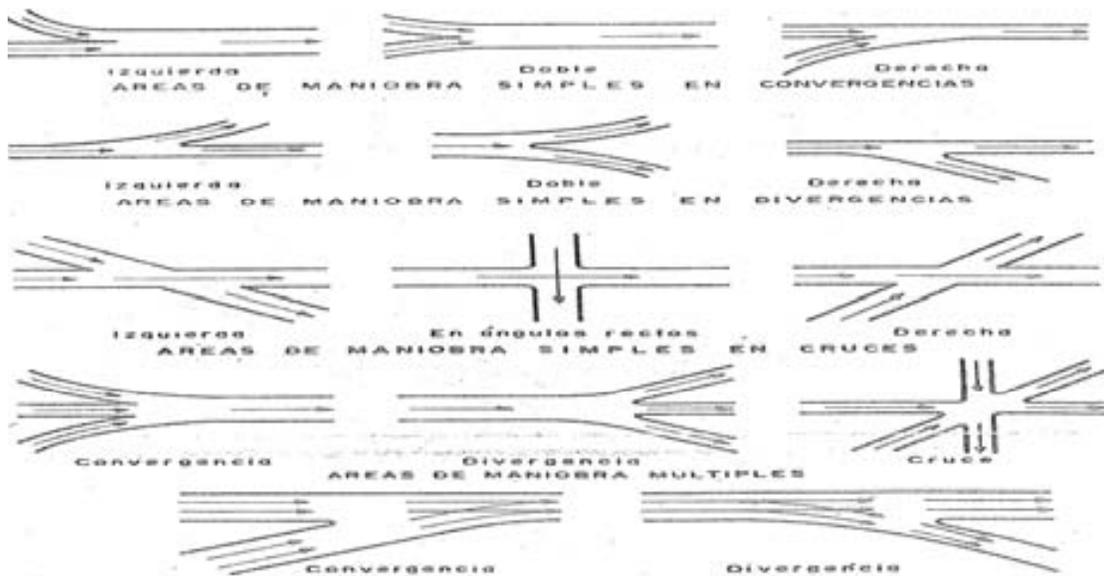


Fig. 24. Ejemplos de áreas de maniobra simple, múltiple y compuesta.

2.7.3.1. Áreas de maniobras simples.

Dentro de las maniobras simples, la más segura sencilla de realizar esta divergencia, ésta se inicia desde un punto común dentro de la corriente del tránsito. El área de maniobra deberá proyectarse para una velocidad relativa baja, con el fin de evitar una reducción en la velocidad, ya que su efecto se refleja hacia atrás, hasta alcanzar el área de colisión.

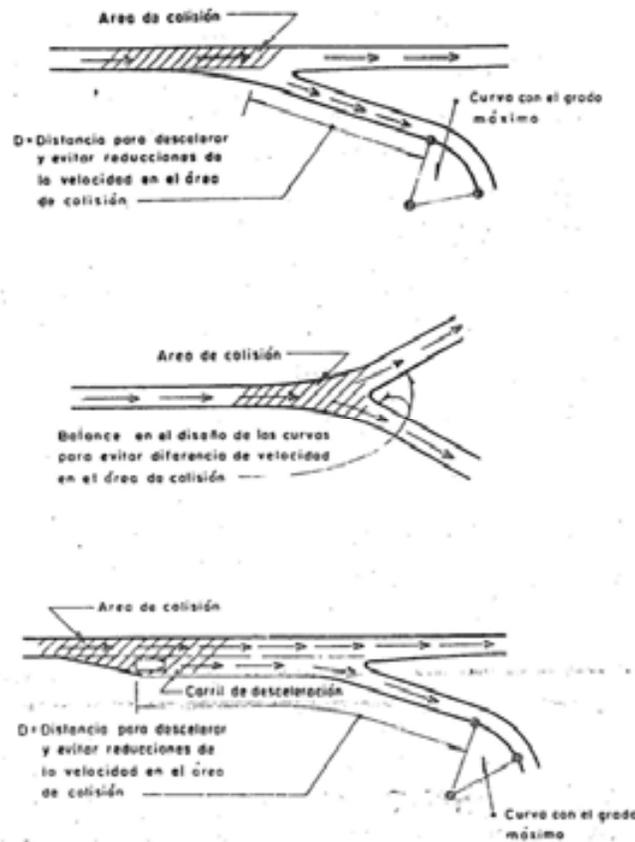


Fig. 25. Ejemplos de áreas de maniobra simples de divergencia, considerando una velocidad relativa baja.

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

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

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

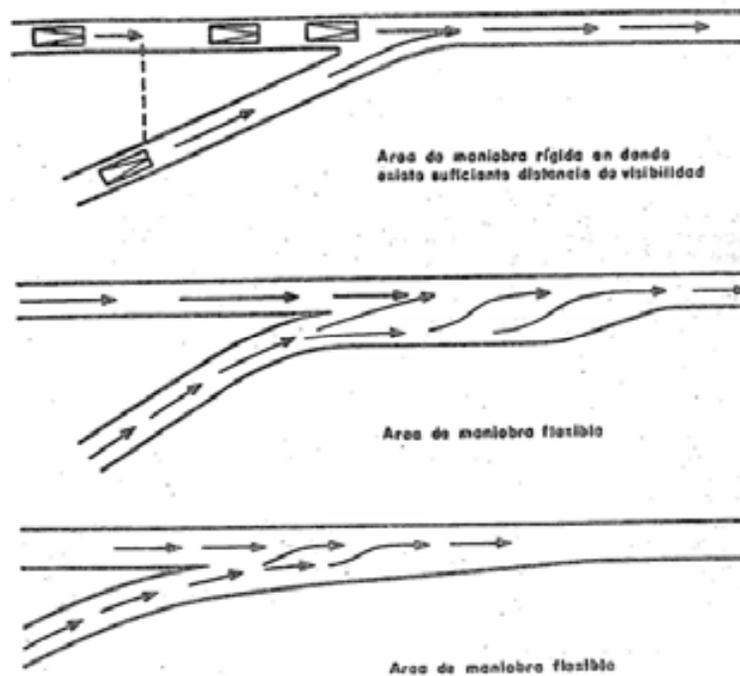


Fig. 26 Procedimiento para proporcionar el tiempo de maniobra.

2.7.3.2. Entrecruzamientos.

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

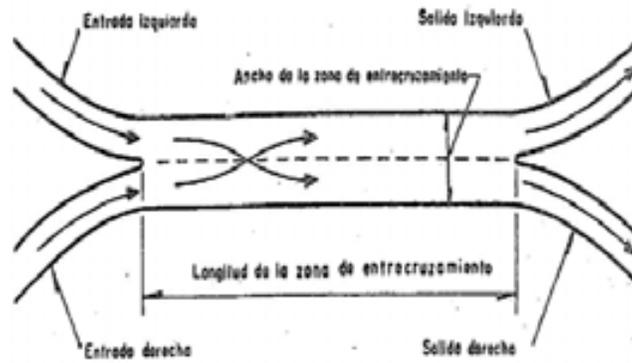


Fig. 27 Zona de entrecruzamiento.

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.

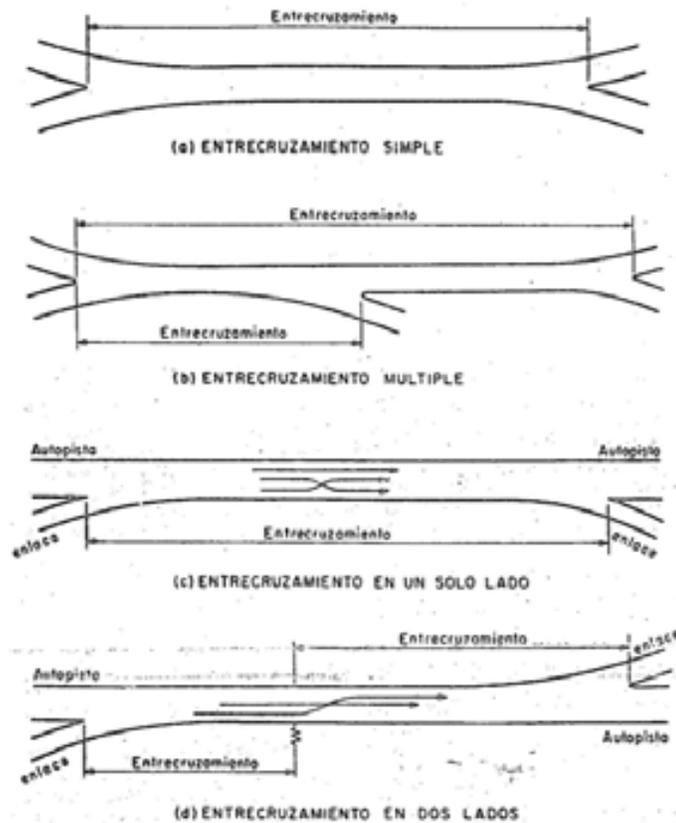


Fig. 28 Tipos de zonas de entrecruzamiento.

2.7.3.3. Áreas de maniobra compuestas.

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

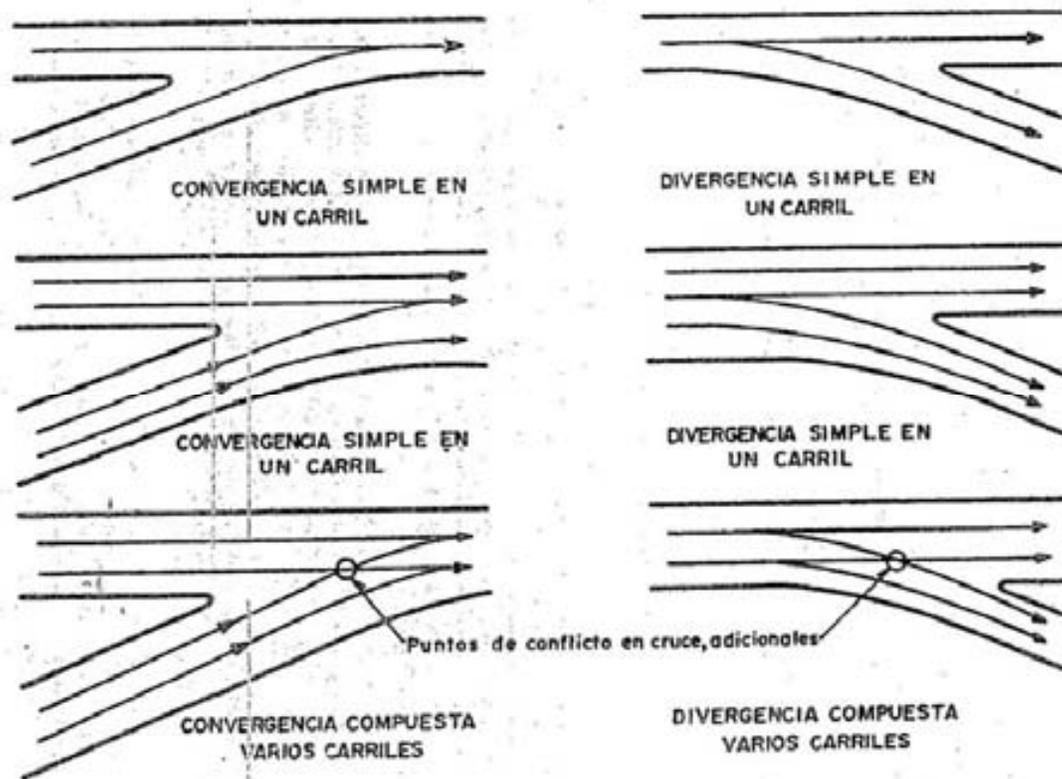


Fig. 29 Áreas de maniobras simples y compuestas, de convergencia y divergencia. Este tipo de maniobras, en lo posible deberán evitarse, de no ser así, deberán desarrollarse bajo condiciones de velocidad relativa baja.

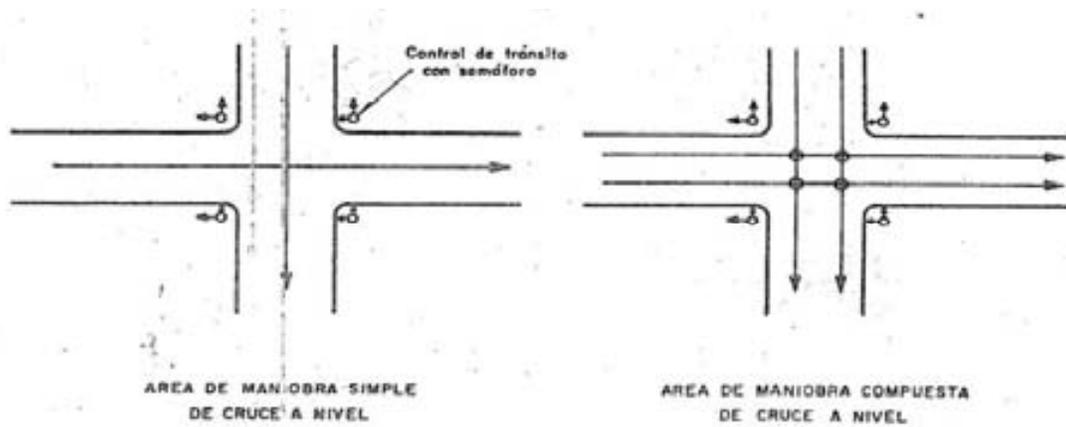


Fig. 30 Áreas de maniobras de cruce, simples y compuestas.

2.7.3.4. Separación de las áreas de maniobras.

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

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

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

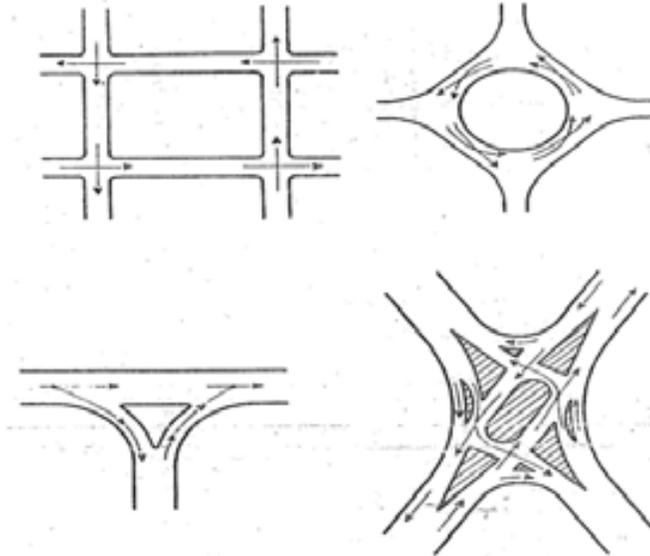


Fig. 31 Ejemplos de separación de áreas de maniobra.

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

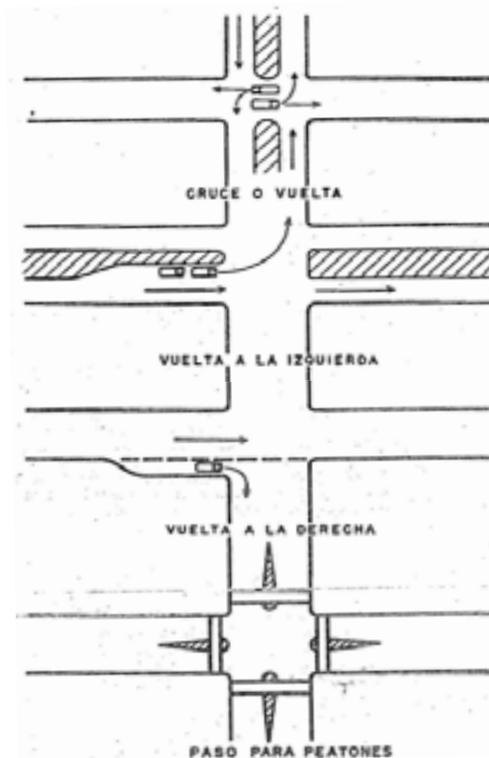


Fig. 32. Ejemplos de zonas de protección.

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

2.7.3.5. Geometría de los cruces y vueltas.

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

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

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

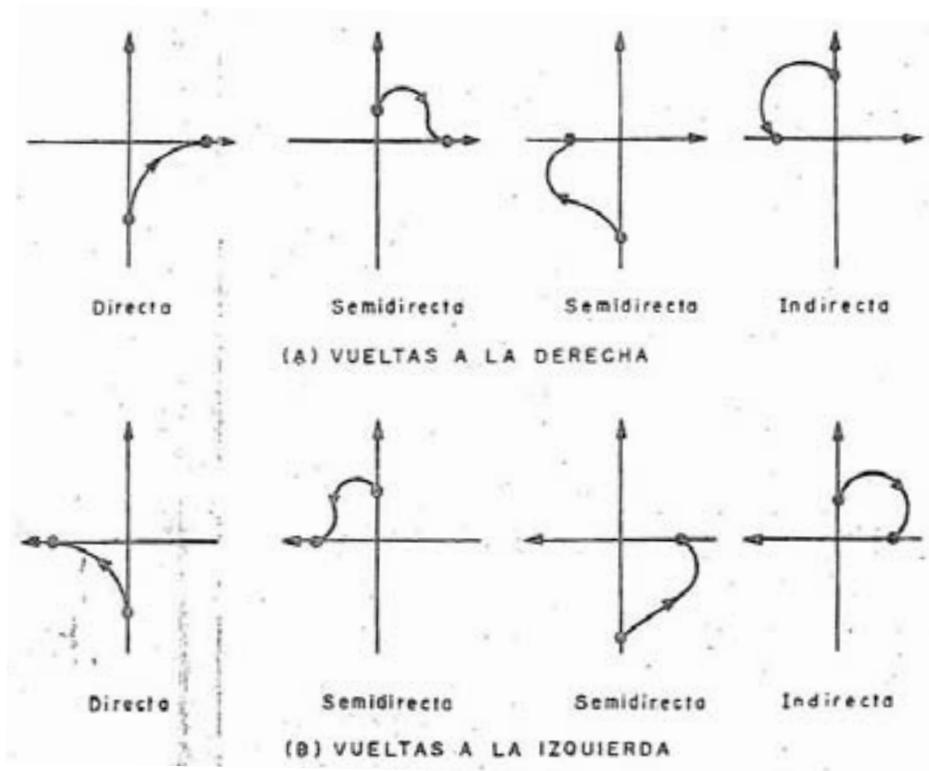
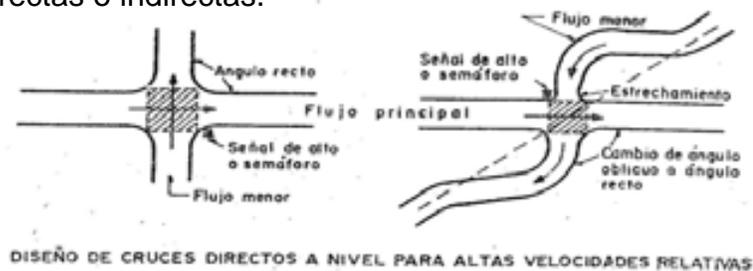


Fig. 33. Geometría de movimientos de vueltas a la derecha e izquierda.

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

2.7.3.6. Disposición de las áreas de maniobra.

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



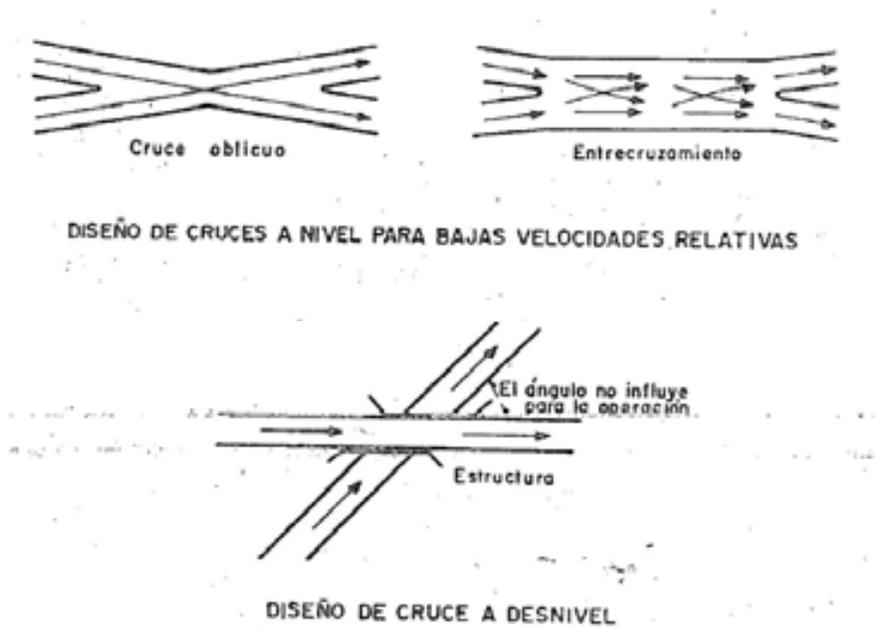


Fig. 34. Áreas de maniobra simples para cruces a nivel y desnivel.

2.7.4 Proyecto de intersección.

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

2.7.4.1 Curvas en intersecciones.

Según el MPGC, SCT, (1991), siempre que sea necesario, proyectar curvas en espacios reducidos, deberán usarse como base del diseño la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto. Esta se comprende entre las huellas dejadas por las si llantas delantera externa y trasera interna de un vehículo circulando a una velocidad de 15 Km. /h. "Las curvas de la orilla interna de la calzada que se adaptan a la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto, se les considera como de diseño mínimo".

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

Existen diferencias entre las trayectorias internas de los vehículos que dan vuelta a la izquierda y las de los que dan vuelta la derecha, como por ejemplo:

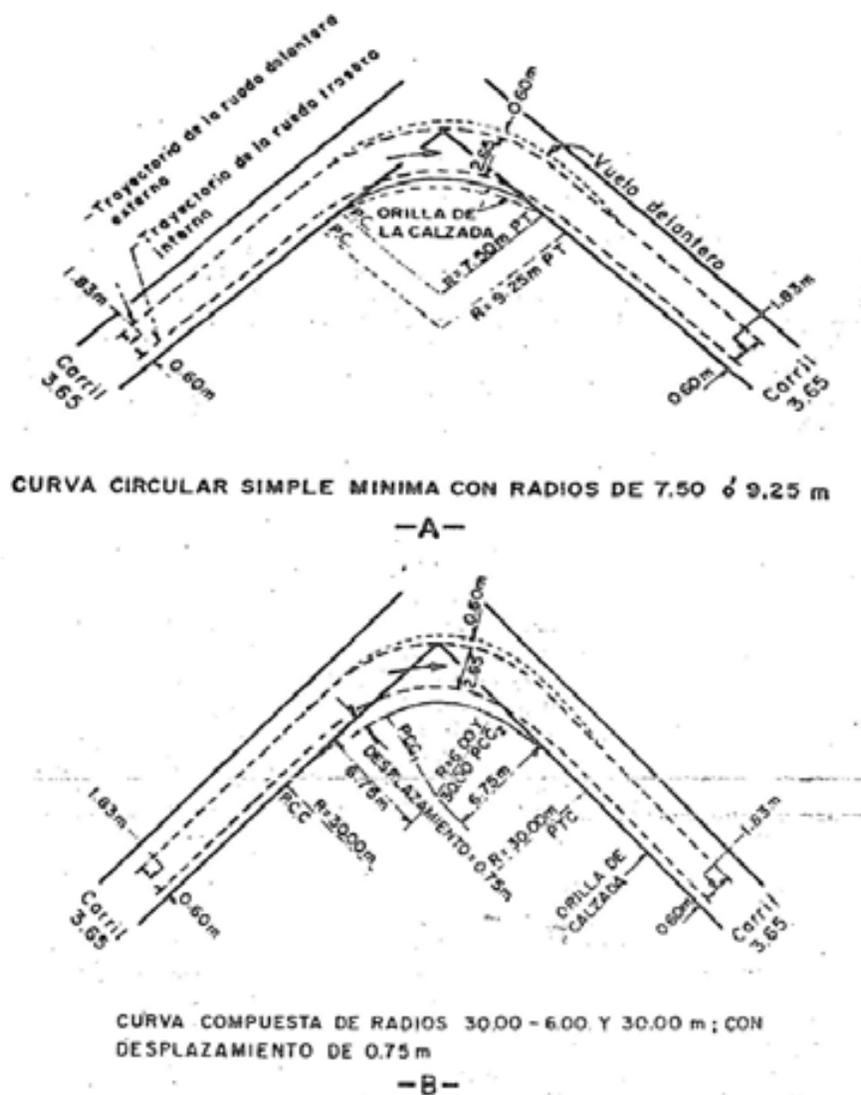


Fig. 35. Diseño mínimo para el vehículo DE-355 en una deflexión de 90°.

1. Los automóviles, como se muestran en la figura 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.

2. Camiones unitarios y autobuses. De la figura . 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.

3. Semirremolques. Para este tipo de vehículos, no es recomendable adaptar una curva circular simple a las trayectorias mínima. Sin embargo, donde buscar el desde tránsito son de 3.65m, de ancho, tales vehículos pueden girar sin invadir los carriles adyacentes, cuando radio de la curva en la orilla interior de la calzada es de, aproximadamente, 23m para el vehículo DE-1220 y de 29m para el vehículo DE-1525.

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

2.7.4.2. Ancho de la calzada en los enlaces.

El ancho de calzada en un enlace, depende de una serie de factores, como son: el volumen de tránsito y su composición, características geométricas de los vehículos de proyecto, 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).

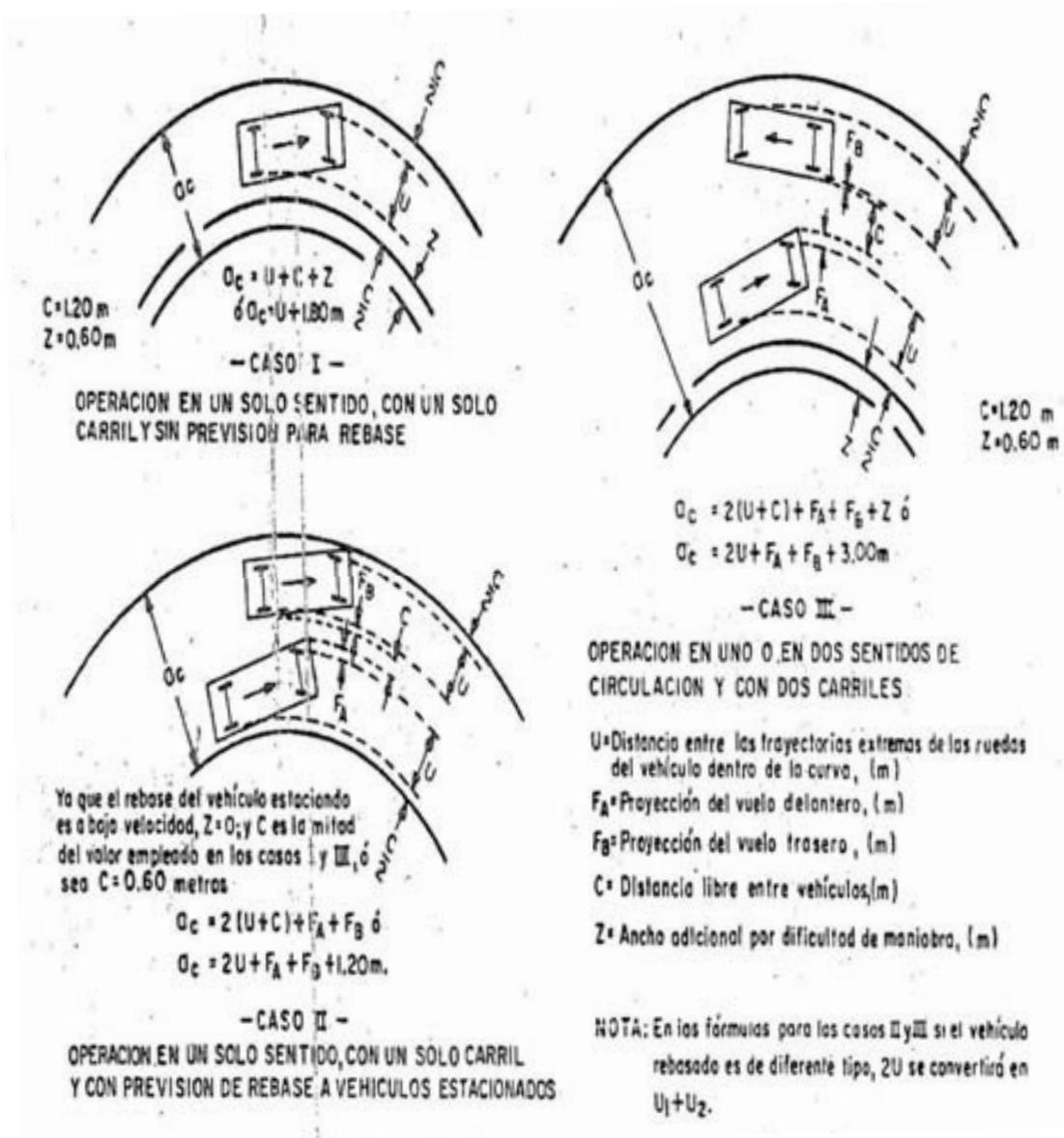


Fig. 36. Ancho de calzada en los enlaces.

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	8.25

Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de las orillas de la calzada.			
Guarnición achafanada	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 ambas lados.	NINGUNA	Restar el ancho del acotamiento; Ancho mínimo de la calzada el del Caso I	Cuando el acotamiento sea de 1.20m o mayor, reducir 0.60 m

Tabla. 6. Ancho de calzada en los enlaces.

2.7.4.3. Carriles de cambio de velocidad.

De acuerdo al MPGC, SCT;(1991), se define como carriles de cambio de velocidad, aquellos que se añaden a la sección normal de una calzada, esto con objeto de proporcionar los vehículos un espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, así mismo puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse una intersección. "De acuerdo con esa definición, los carriles de cambio de velocidad pueden ser carriles de aceleración y carriles de desaceleración".

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

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

2.7.4.4. Sobre elevación para las curvas de entronques.

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

En la tabla 7, 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 7. Radios mínimos para curvas en intersecciones.

2.7.4.5. Distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad de paraba ese factor usado para controlar la visibilidad en los enlaces. En enlaces de doble sentido, no debe usarse la distancia de visibilidad de rebase, puesto que ésta maniobra no debe permitirse debido a la poca longitud de que generalmente consta.

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

2.7.4.6. Isletas.

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

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

Las isletas tienen las siguientes finalidades:

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

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

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

2.7.4.7. Aberturas en la faja separadora central.

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

Cuando el tránsito de un camino alcanza altas velocidades y gran volumen, es justificable un proyecto en el que la abertura tenga la forma y dimensión adecuadas, para que los movimientos de vuelta se efectuaran con poca o nula interferencia para

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

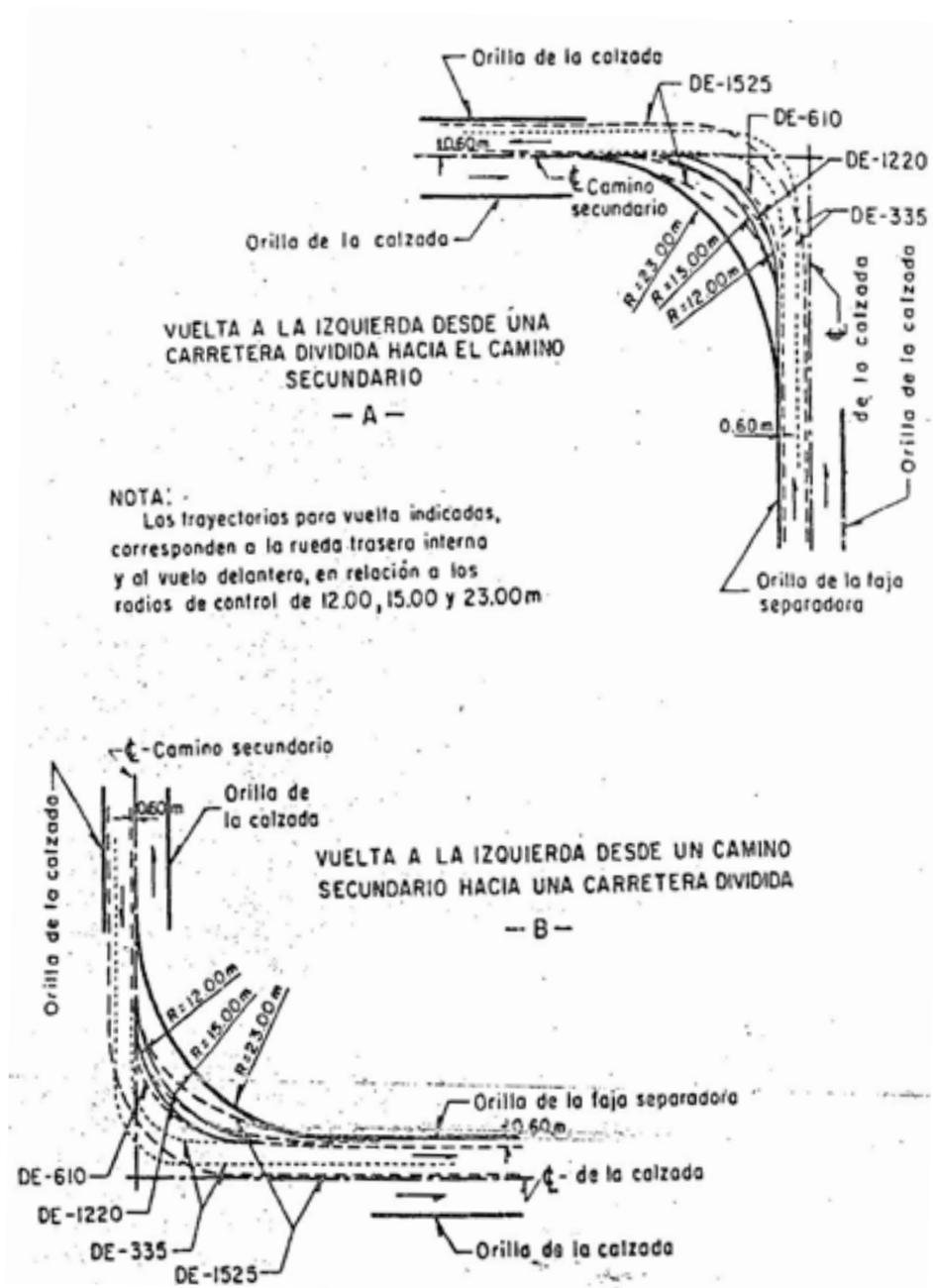


FIG 37. Radios de control en intersecciones con vueltas a la izquierda a 90°.

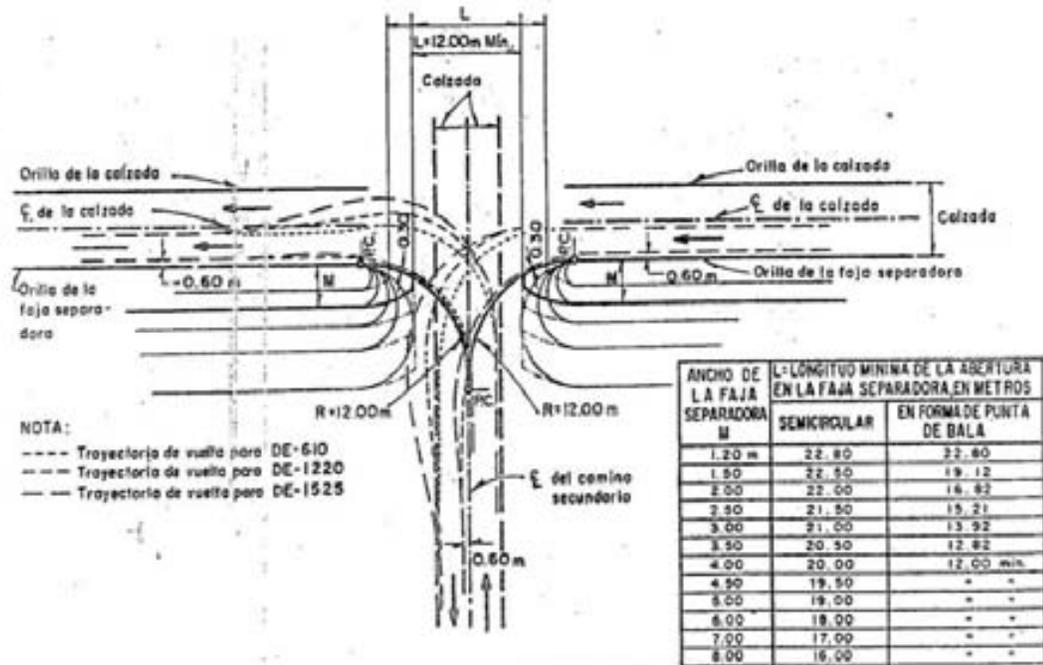


Fig. 38. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-355 con radio de control de 12.00 m.

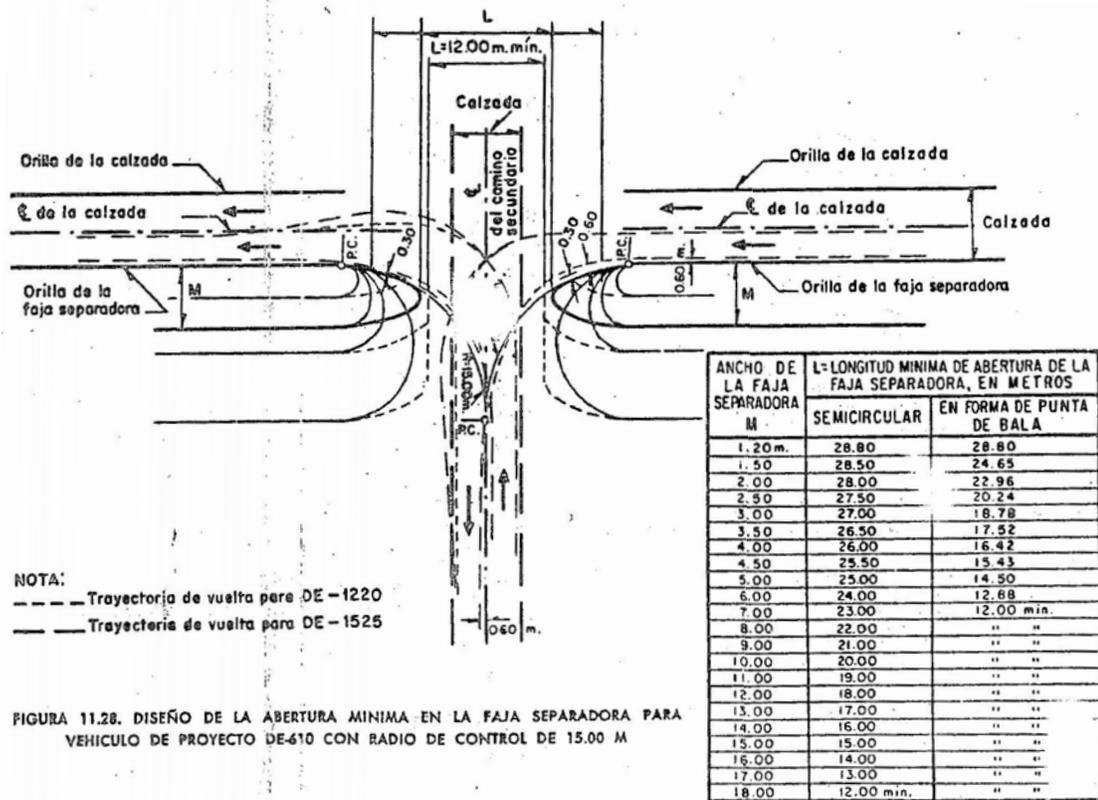


Fig. 39. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-610 con radio de control de 15.00 m.

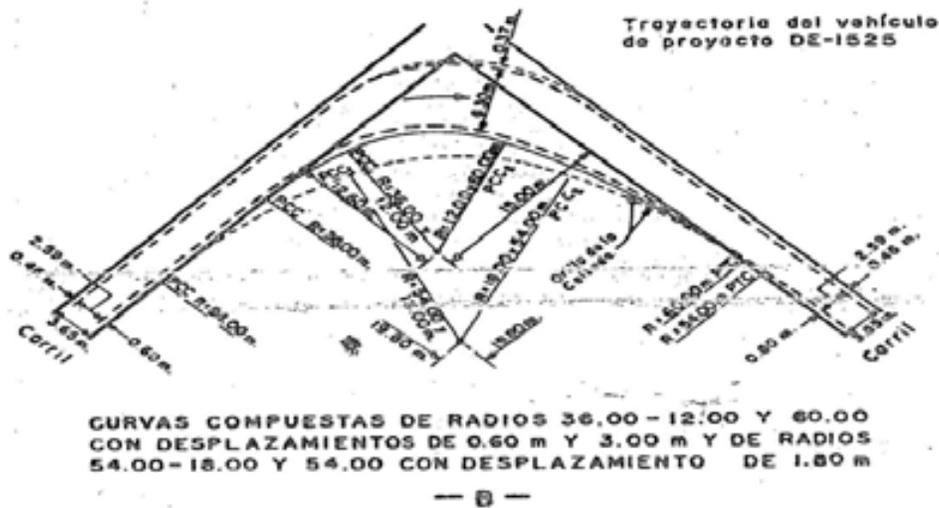


Fig. 40. Diseño de la abertura mínima en la faja separadora para vehículo de proyecto DE-1220 con radio de control de 23.00 m.

2.7.5. Entronques a nivel.

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

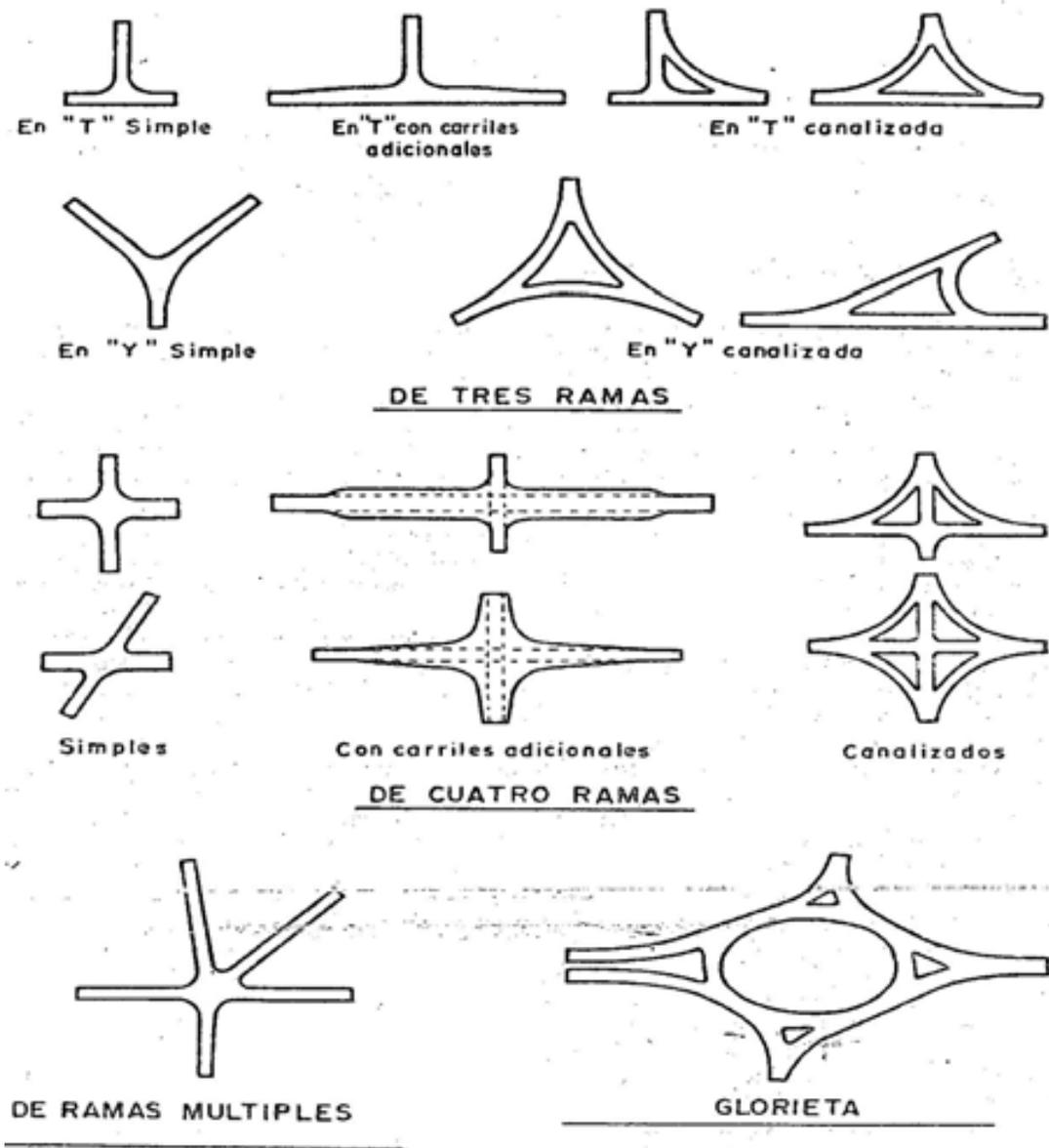


Fig. 41. Tipos generales de entronques a nivel.

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

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

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

2.7.5.1 Fundamentos en el diseño de entronques a nivel.

Entre los más importantes factores se tiene el de reducir el número de puntos conflictivos en los movimientos vehiculares, controlar la velocidad relativa de los vehículos tanto de los que entran como de los que salen de la intersección, coordinar el tipo de dispositivos para el control de tránsito a utilizar, tales como las señales de alto o los semáforos, con el volumen de tránsito que utiliza la intersección, seleccionar el tipo apropiado de intersección de acuerdo con el volumen de tránsito. Los volúmenes bajos pueden ser servidos sin la necesidad de algún tipo de control,

mientras que los niveles altos requerirán tratamientos más caros y sofisticados como los carriles exclusivos de giros o la separación de niveles mediante estructuras, separar los carriles exclusivos de giros izquierdos y/o derechos, cuando los volúmenes de tránsito sean altos.

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

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

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

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

2.7.5.2 Glorietas.

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

Algunas glorietas se construyen sin tener en cuenta que, muchas veces, otro tipo de intersección puede adaptarse mejor al problema en cuestión. Cuando los volúmenes de las vías no están cercanos a su capacidad y además se dispone de espacio, las glorietas constituyen una buena solución a nivel. En Latinoamérica se utilizan dos tipos de glorietas generalmente: La Glorieta convencional y la glorieta pequeña: La glorieta convencional tiene una isla central con un diámetro igual o mayor a 25 metros con tres, cuatro o más accesos, generalmente son a nivel, pero en ocasiones se utilizan a desnivel. Maneja de 3 a 5 vías y de 3000 a 5000 vehículos por hora contando con todos los accesos; La Glorieta pequeña consta de una calzada circulatoria alrededor de una isla central de menos de 25 metros de diámetro y con accesos amplios para permitir la entrada de varios usuarios. Maneja hasta 5500 vehículos por hora.

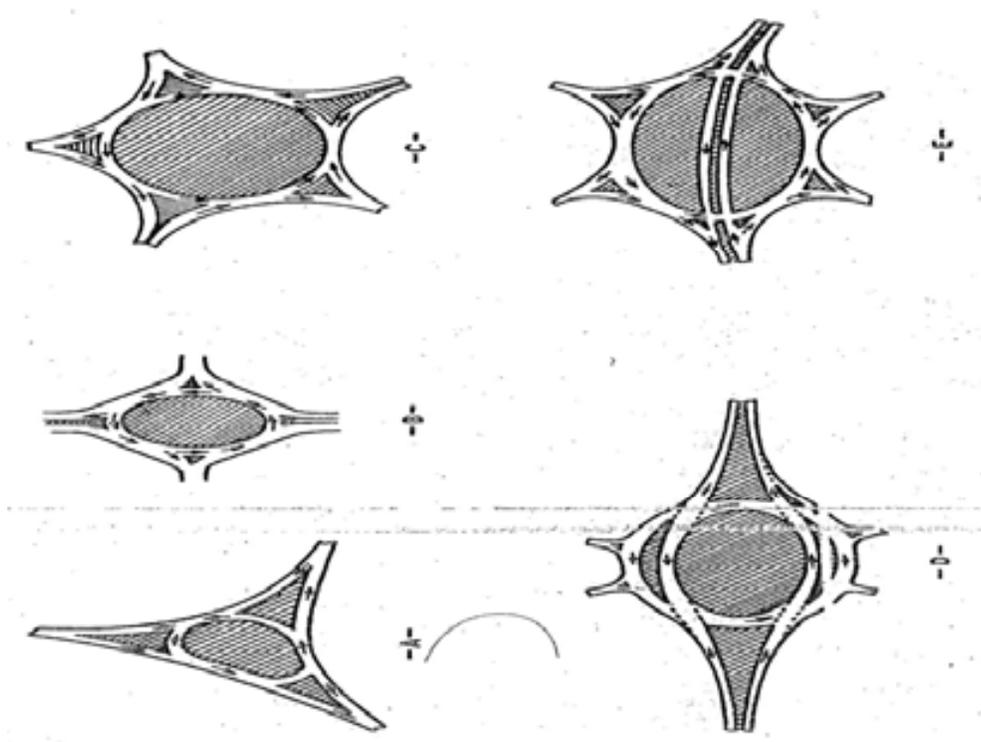


Fig. 42. Tipos de glorietas.

Ventajas de una glorietta: Una glorietta, 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 glorietta ofrece un movimiento continuo y ordenado cuando se opera a bajos volúmenes de tránsito; Los entrecruzamientos reemplazan los cruces oblicuos de los cruces a nivel, Todas las vueltas pueden efectuarse con facilidad. Al eliminar los movimientos perpendiculares, los accidentes tienden a ser menos graves, las glorietas son especialmente adecuadas para intersecciones sea 5 o más accesos.

Desventajas de una glorietta: 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 glorietta se aproximan a su capacidad, esta no funcionara adecuadamente; La glorietta requiere de un buen

número de señales y de un adecuado control en los enlaces de entradas y salidas para su correcto funcionamiento; La capacidad de una glorieta es inferior a la de una intersección correctamente canalizada. Algunas veces, cuando el flujo vehicular es demasiado grande y requiere mucho espacio, resultan más costosas que otras intersecciones a nivel; En algunos casos, en zonas urbanas, las glorietas operan mediante semáforos, lo que anula el principio básico de las glorietas que es la circulación continua; Debido a que el área requerida por una glorieta, debe ser relativamente plana, el uso de ésta se ve restringido a zonas con esta topografía.

Una glorieta se debe construir cuando se cuente con el área suficiente para su construcción, en la intersección intervengan cinco o más vías, Cuando las velocidades de proyecto de las vías que se interceptan, sea del orden de 25 a 40 Kph; Las glorietas pueden ser empleadas efectivamente cuando su velocidad de proyecto se aproxima a la velocidad de marcha de los vehículos que transitan por las vías que se interceptan.

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

2.7.6. Entronques a desnivel.

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

Su diseño depende de factores como los volúmenes horarios de proyecto, el carácter y la composición del tránsito y la velocidad del proyecto.

En las intersecciones a desnivel, el tráfico de paso circula por calzadas con el mismo nivel de diseño que el tronco de la carretera. Los ramales de un enlace tienen que adaptar su velocidad de salida a las condiciones de las vías de entrada. En el medio urbano, la vía secundaria puede tener características muy estrictas de velocidad y capacidad, por lo que el enlace ha de ser capaz de absorber importantes reducciones de velocidad.

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

2.8 Señalamiento.

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

2.8.1 Definición de señalamiento.

Un señalamiento es un dispositivo o un conjunto de dispositivos que orientan o previenen al usuario que circula a través de una vía acerca de un posible obstáculo o fenómeno que afecte su seguridad y confort al circular a través de esta. A

continuación se presentan los distintos tipos de señalamiento utilizados para una carretera.

2.8.1.1 Señalamiento Horizontal.

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

Dicho señalamiento se clasifica de la siguiente manera:

Clasificación	Tipos de marcas
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 logaritmico
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 8.- Tipos de marcas del señalamiento horizontal.

2.8.1.2 Señalamiento vertical.

El señalamiento vertical es el conjunto de tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, con leyendas y/o símbolos que tienen por objeto regular el uso de la vialidad, indicar los principales destinos, la existencia de algún sitio turístico o servicio, o transmitir al usuario un mensaje relativo al camino.

Dicho señalamiento se clasifica de la siguiente manera:

Clasificación	Tipos de señales
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 9.- Tipos de señales que integran el señalamiento vertical.

De acuerdo a su estructura de soporte se clasifican en:

1. Señales bajas.
 - En un poste.
 - En dos postes.
2. Señales elevadas.
 - Bandera.
 - Bandera doble.
 - Puente.

Existen varios tipos de señalamientos que se describen a continuación.

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



Fig. 43 Señales preventivas.

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

Su clasificación es la siguiente:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| SP-6 CURVA | SP-23 PUENTE ANGOSTO |
| SP-7 CODO | SP-24 ANCHURA LIBRE |
| SP-8 CURVA INVERSA | SP-25 ALTURA LIBRE |
| SP-9 CODO INVERSO | SP-26 VADO |
| SP-10 CAMINO SINUOSO | SP-27 TERMINA PAVIMENTO |
| SP-11 CRUCE DE CAMINOS | SP-28 SUPERFICIE DERRAPANTE |
| SP-12 ENTRONQUE EN T | SP-29 PENDIENTE PELIGROSA |
| SP-13 ENTRONQUE EN DELTA | SP-30 ZONA DE DERRUMBES |
| SP-14 ENTRONQUE LATERAL OBLICUO | SP-31 ALTO PROXIMO |
| SP-15 ENTRONQUE EN Y | SP-32 PEATONES |
| SP-16 GLORIETA | SP-33 ESCOLARES |
| SP-17 INCORPORACION DEL TRANSITO | SP-34 GANADO |
| SP-18 DOBLE CIRCULACION | SP-35 CRUCE DE FERROCARRIL |
| SP-19 SALIDA | SP-36 MAQUINARIA AGRICOLA |
| SP-20 ESTRECHAMIENTO SIMETRICO | SP-37 SEMAFORO |
| SP-21 ESTRECHAMIENTO ASIMETRICO | SP-38 CAMINO DIVIDIDO |
| SP-22 PUENTE MOVIL | SP-38 A CAMINO DIVIDIDO |
| | SP-39 CICLISTAS |
| | SP-GRAVA SUELTA |

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

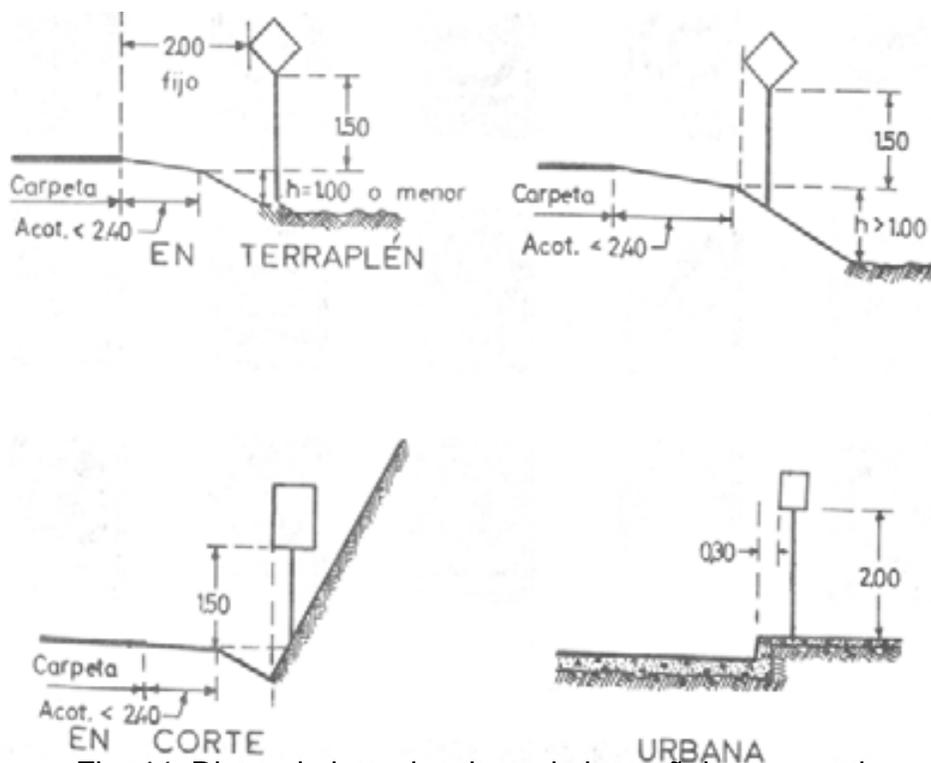


Fig. 44. Distancia lateral y altura de las señales preventivas.

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

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

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



Fig. 45. Señales restrictivas.

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

c) Señales informativas.- estas se colocan con la finalidad de aportar algún concepto de interés para el viajero. El tamaño de estas es de acuerdo a la necesidad y su forma es rectangular. Las combinaciones de colores que estas presentan son diversas ya que pueden ser blancas con negro, azul con blanco y verde con blanco.

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

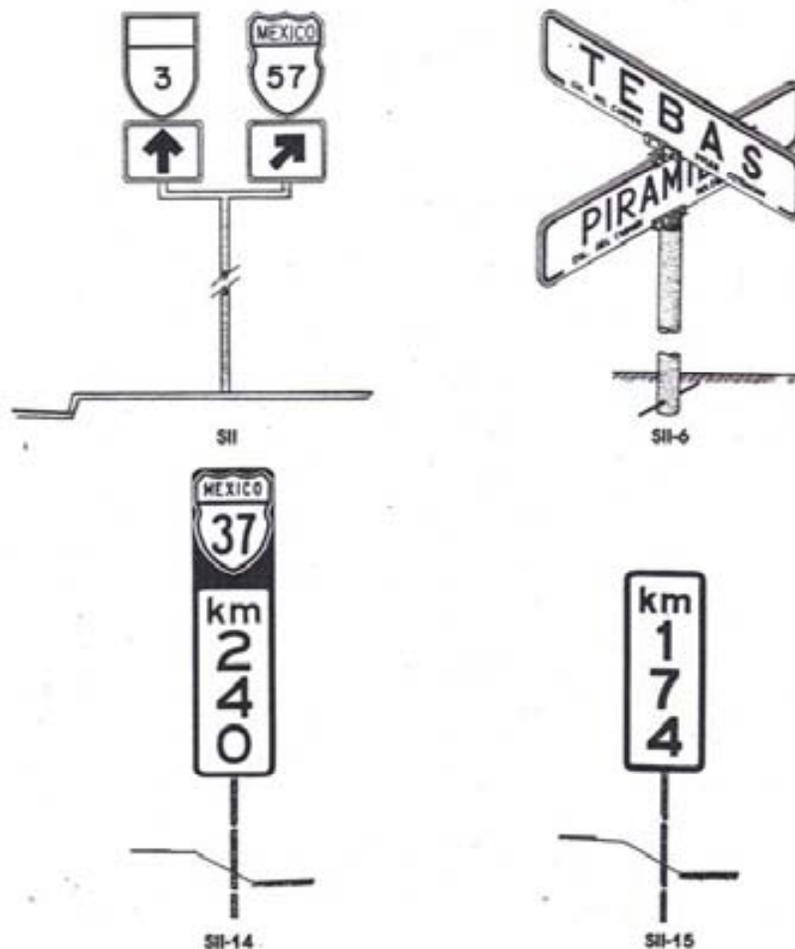


Fig. 46. Señales informativas de identificación.

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



SID-8



SID-9



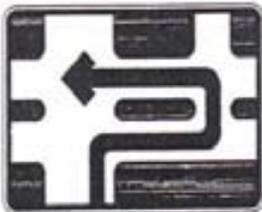
SID-10



SID-11



SID-12



SID-12



SID-13



SID-14



SID-15

Fig. 47. Señales informativas de destino.

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

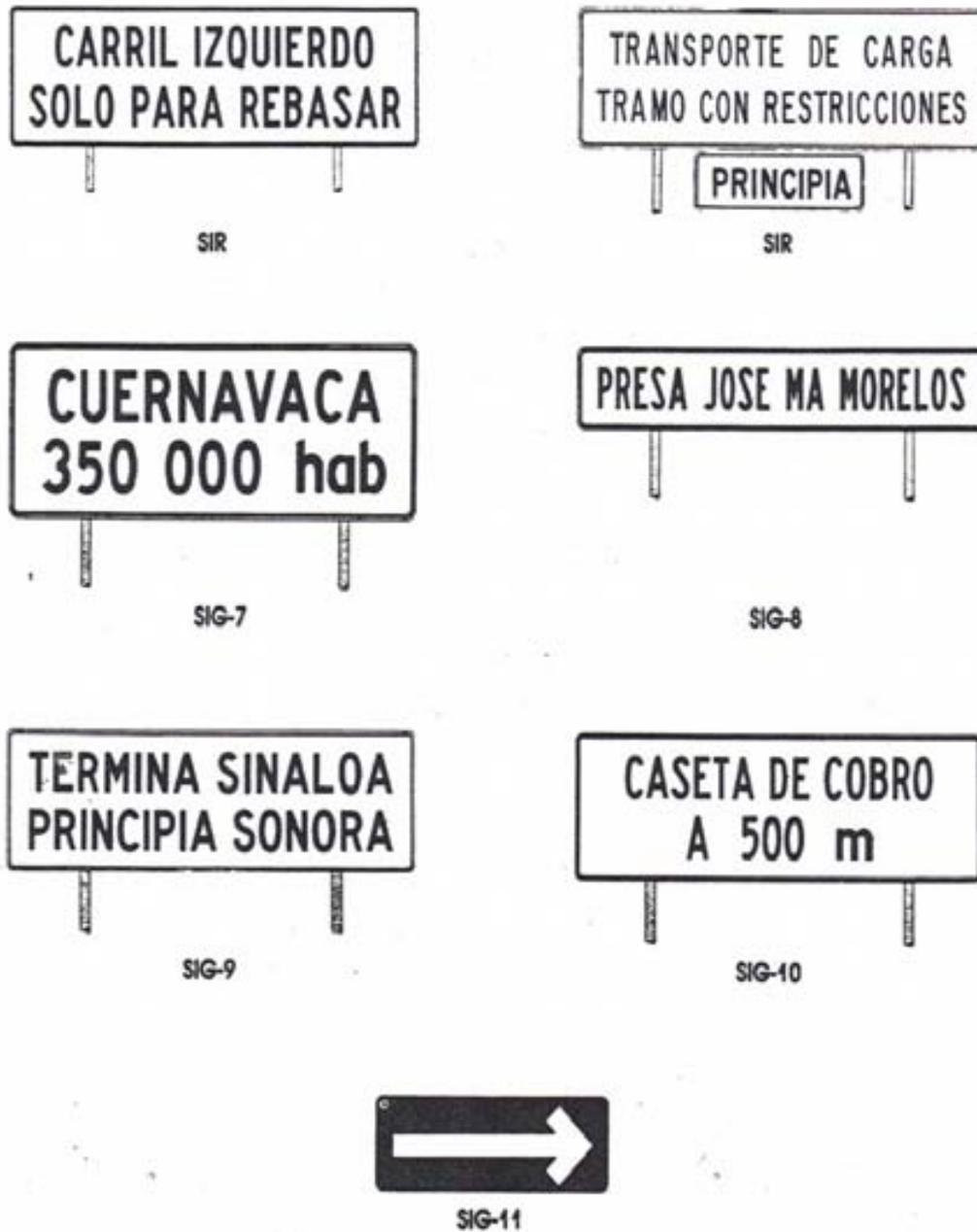


Fig. 48. Señales informativas de recomendación e información general.
(Manual de dispositivos para el control del transito en calles y carreteras,
SCT,1986).



Fig. 49. Señales informativas de servicios y turísticas.

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



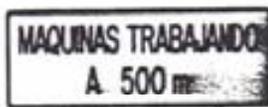
DPP



DPP



DPI-7



DPI-7



DPI-7



DPI-8



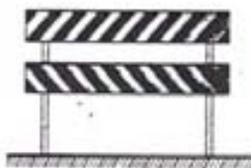
DPI-8



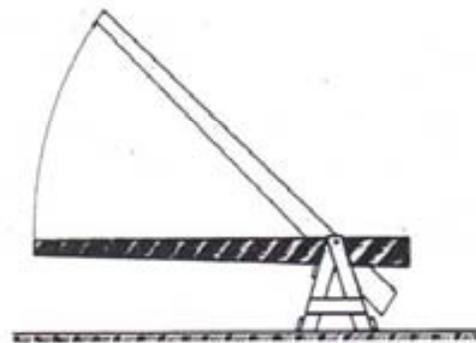
DPI-8



DPI-9



DPC-1



DPC-1

Fig. 50. Dispositivos para protección en obras.

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

CAPÍTULO 3

MARCO DE REFERENCIA

En el presente capítulo se estudiará el marco de referencia partiendo primeramente con las generalidades, resumen ejecutivo, entorno geográfico, informe fotográfico, estudio de tránsito y alternativas de solución.

3.1 Generalidades

El objetivo de este proyecto es encontrar una mejor alternativa del proyecto Geométrico del tramo del camino Zicuirán-Churumuco, comprendiendo el tramo del km 42+340 al km 45+420. Realizando una evaluación de las condiciones actuales tanto del pavimento, obras de drenaje y señalamiento existente, para poder dar las soluciones adecuadas y proporcionar la seguridad y comodidad adecuadas para las personas que transitan por este camino.

En el tramo mencionado anteriormente se presentan problemas bastante graves en la carpeta asfáltica, por lo que se procederá a realizar los estudios pertinentes de Ingeniería bajo las divisiones de topografía, geología, geotecnia, impacto ambiental y diseño estructural de la estructura de pavimentos, opciones de solución, análisis de resultados, diseño de soluciones, así como el costo de las opciones, con sus procedimientos de construcción y especificaciones generales del proyecto en total.

Como complemento se entregará un informe fotográfico donde se pueda apreciar todo lo mencionado anteriormente; el tipo de terreno, cobertura vegetal en el entorno, fallas estructurales superficiales, estado de obras de drenaje, funcionamiento del drenaje superficial, estado físico general de la superficie de

rodamiento, señalamiento y dispositivos de seguridad, tipos de vehículos que circulan, así como retornos y entronques con caminos secundarios.

3.2. Resumen Ejecutivo

El desarrollo de la alternativa del proyecto geométrico, tendrá entre sus implicaciones el elaborar un estudio de cálculos y dibujos geométricos de Zicuirán – Churumuco, tramo del km 42+340 al 45+420 que se hacen para tener una mejor ejecución en una carretera. El proyecto geométrico se basa básicamente en la selección de ruta, la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino.

En el tramo mencionado anteriormente se presentan problemas de grado de curvatura, visibilidad, ya que al transitar por esta se hacen notar las irregularidades, por lo que se realizaran los estudios pertinentes de Ingeniería según los trabajos de topografía.

Por lo que respecta a los trabajos que se realizarán en topografía, estos consistirán en un levantamiento general del camino, con secciones transversales a cada 20 metros, el perfil longitudinal, así como la planta geométrica del trazo del tramo comprendido entre el km 42+340 al km 45+420.

La actividad económica principal de los poblados de Churumuco y Zicuirán es la pesca, y como se sabe con la construcción del camino el desarrollo de toda población es el intercambio comercial por ello debe existir dicho intercambio entre estos poblados y sus alrededores.

La población de churumuco - Zicuirán son uno de los pueblos que necesitan apoyo carretero para poder tener una mejor vida y al mismo tiempo beneficia a sus alrededores con la construcción del camino. En construcción de las vías de

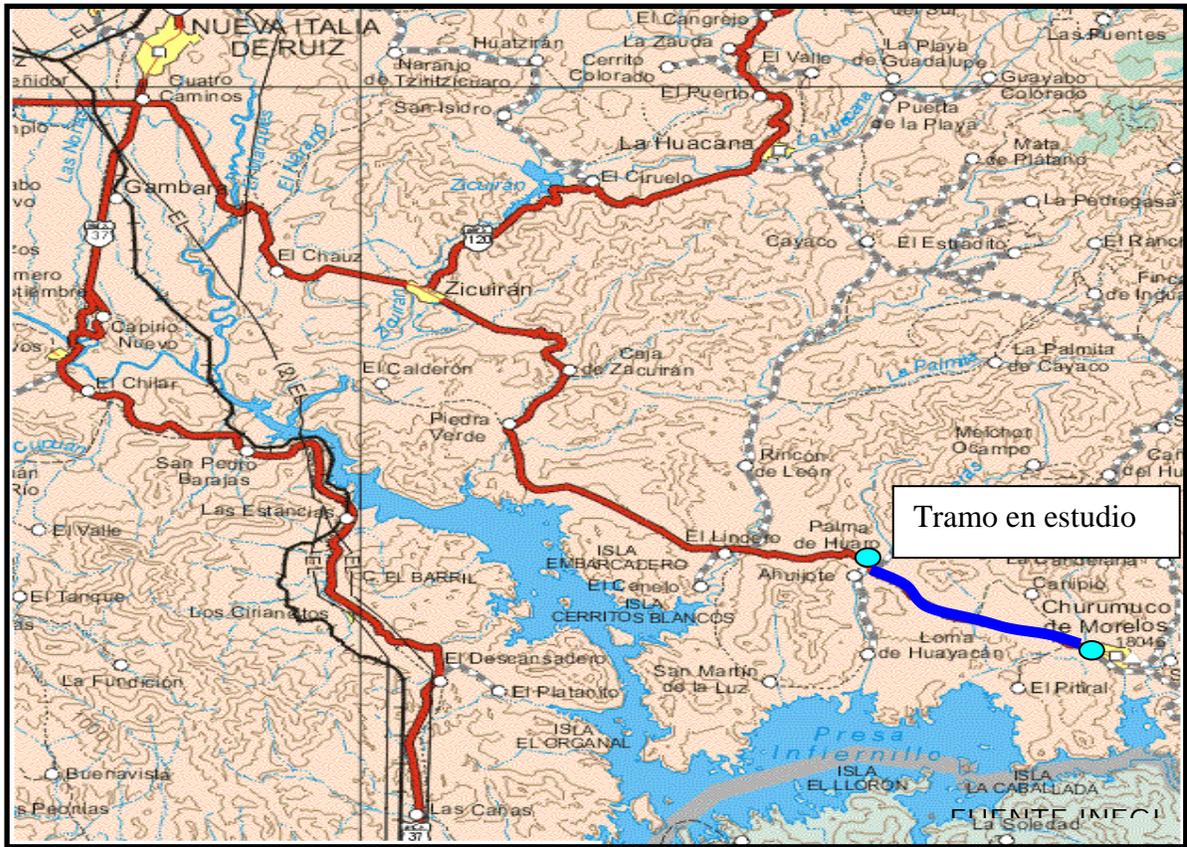


Figura 2.- Se puede apreciar el camino Zicuirán-Churumuco, marcado de color azul el tramo en estudio.

3.3.2 Topografía regional.

Su relieve lo constituyen las estribaciones meridionales del sistema volcánico transversal, la depresión del Balsas y la sierra de Churumuco de Morelos; los cerros: Conchitiro, los Tules, Tzicuindio, Cuiripan, Zipimo, Carrizalillo, El Limón, El Terrero, Cucharudo, El chico, Piedras Blancas, El Pelón y otros. Valles intermontaños.

3.3.3 Hidrología regional de la zona.

Su hidrografía se constituye por los ríos, Balsas en el Sur y otros como Poturo, Palma de Huaro, El Salitre y Angamio; presa El Infiernillo.

Su clima es tropical y seco estepario, con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 639.0 milímetros y temperaturas que oscilan de 22.9 a 36.1 grados centígrados.

Sus límites territoriales se extienden al Norte con la Huacana y Turicato; al Este con Turicato y Huetamo; al Sur con el Estado de Guerrero y al Oeste con Arteaga y la Huacana.

3.3.4 Geología regional.

Los suelos del municipio datan de los periodos mesozoico inferior y superior; corresponden principalmente a los del tipo de pradera y castaño; además esta constituido por luvisol, regosol y feozem. Su uso es primordialmente ganadero y en menor proporción agrícola y forestal

3.3.5 Uso de suelo regional y la zona.

En el municipio dominan los bosques: el tropical decíduo, con parota, cuéramo, Ceiba, huisache y tepemezquite; el tropical espinoso, con huisache, teteche, cardón, amole y viejito. Su fauna la conforman principalmente zorrillo, cacomixtle, coyote, ocelote, zorro, armadillo, cerceta, tórtola, faisán, pato, chachalaca, codorniz, carpa, mojarra y boa.

La superficie forestal maderable es ocupada por encino; en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies. Existen yacimientos de minerales metálicos como el cobre, hierro, oro y plata.

Población: De los datos generados del censo de población y vivienda del año 2007 realizado por el INEGI , Churumuco contaba con una población de 15,866 habitantes.

Las principales actividades económicas son:

Agricultura. Se cultiva maíz, frijol, ajonjolí y sandía.

Ganadería. Se cuenta con 32,000 has para cabalgar, porcino y vacuno.

Turismo. Esta el volcán de Zurullo.

Comercio. Cuenta con tiendas de abarrotes, ferreterías, papelerías y tiendas misceláneas.

Caza y Pesca. Se pesca la mojarra, el bagre y la carpa. Toda la pesca se hace en la presa de infiernillo.

El poblado de Zicuirán se localiza a 20 kms de su cabecera municipal La Huacana que es a la cual pertenece, sus principales actividades económicas son la agricultura seguida por la ganadería y pesca. Su población se compone de 2,921 habitantes. En la Figura 3 se muestra su ubicación.



Figura 3. Ubicación del poblado de zicuirán. (sagarpa)

3.4 Informe fotográfico

En el presente informe fotográfico se apreciarán el estado actual del camino Zicuiraán-Churumuco, así como su tipo de vegetación, se apreciará si existen problemas de drenaje superficial, se apreciarán los tipos de vehículos que circulan por la región y veremos si presenta obstáculos especiales.

3.4.1 Tipo de terreno y cobertura vegetal

En la FOTO 1 y 2 se observa que en esta región el tipo de terreno que se presenta es rocoso observándose en la superficie gravas y arenas. El tipo de clima en esta región es árido semidesértico. En la zona predomina la vegetación a no más de 2.50 mts de altura entre lo que encontramos, el huisache y especies diversas de cactus, como se ve en la FOTO 2



En la figura 3 podemos ver una curva circular con muy poca visibilidad y además se puede apreciar que no tiene la sobreelevación.



3.4.2 Problemas de drenaje superficial.

Los problemas que existen en el drenaje superficial se mostraran en las siguientes fotografías del tramo en estudio.



En las FOTOS 4 y 5 se observan los canales que se hicieron a las orillas del camino para hacer las cunetas pero aun no están revestidos de concreto por lo que su funcionamiento no puede ser el adecuado. Además en la FOTO 4 se observa como la erosión se presenta en el hombro del camino debido a la falta de cunetas.



En la FOTO 6 se puede ver que los canales hechos para las cuentas se invaden de las piedras que caen de los taludes por pequeños que sean, y en otros casos se pierden y es necesario volver a hacerlos como se ve en la FOTO 7.

3.4.3 Estado físico actual.

El estado que presenta el camino Zicuirán-Churumuco es malo, ya que tiene problemas de la carpeta Asfáltica y problemas de drenaje superficial, presentando señalamientos en mal estado.



En la FOTO 8. Se puede ver el desgaste que sufre la carpeta asfáltica producida por la erosión.

En la FOTO 9. Se ve el daño excesivo que sufre la carpeta asfáltica donde se ve el agrietamiento conocido como piel de cocodrilo y se alcanzan a ver una serie de pequeños baches.

3.4.4 Vehículos que circulan por la vía.

Entre los tipos de vehículos que mas circula por esta carretera tenemos los tipo Ap (coches y camionetas Pick-up), después los tipo Ac (camionetas doble rodado). Por lo regular no hay mucha circulación de camiones grandes de carga (T2S1R2 y B2,B3).



3.5 Estudio de transito.

3.5.1 Tipo y clasificación de los vehículos.

En la población de churumuco se realizó la verificación del tráfico vehicular de este tramo carretero, por lo que se tuvo que ir al tramo para tal verificación, ubicándose en el entronque a churumuco durante 2 días, con horario de las 9:00 hrs. a 5:00 hrs. ininterrumpidas, para constatar la afluencia vehicular, obteniéndose los resultados siguientes:

Fecha	Dirección	Clasificación Vehicular											
		Ap	Ac	B2	B3	B4	C2	C3	C4	T2- S1	T2- S2	T3- S2	T3-S3
11/11/07	Zicuirán	300	35	3	3		3	4			10	4	4
	Churumuco	275	43	3	1		1	4				4	2
25/04/07	Zicuirán	287	38	3	0		5	5		8		5	5
	Churumuco	262	40	3	2			7		4		5	6

Entre los tipos de vehículos que mas circula por esta carretera tenemos los tipo Ap (coches y camionetas Pick-up), después los tipo Ac (camionetas doble rodado). Por lo regular no hay mucha circulación de camiones grandes de carga (trailer y camión trotón) y autobuses.

3.5.2 Aforo vehicular.

Fecha	Clasificación Vehicular									
	Ap	Ac	B2	B3	C2	C3	T2- S1	T2- S2	T3-S2	T3-S3
11/11/2007	300	35	3	3	3	4		10	4	4
	275	43	3	1	1	4			4	2
25/04/2007	287	38	3	0	5	5	8		5	5
	262	40	3	2		7	4		5	6

PROMEDIO	562	78	6	3	4.5	10	6	5	9	8.5
PORCENTAJE	81.21	11.27	0.87	0.43	0.65	1.45	0.87	0.72	1.30	1.23
TOTAL	por 100 ciento									
TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL	692 vehículos									

3.6 Alternativas de solución.

3.6.1 Planteamiento de alternativas.

Las posibles soluciones a los problemas de diseño geométrico que presenta el actual tramo Zicuirán-Churumuco se plantean a continuación:

- 1.- Modificar el proyecto geométrico generando una nueva topografía de mayor amplitud que nos permita proyectar con mayor libertad de trazo.

- 2.- Rediseñar las curvas del camino Zicuirán-Churumuco modificando principalmente sus velocidades de entrada. Así mismo poder brindarle al usuario una mejor visibilidad en las curvas y sobre todo seguridad.
- 3.- Facilitar el acceso de los vehículos que circulan sobre el camino Zicuirán-Churumuco.

3.6.2 Alternativa a usar.

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

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se estudiará la metodología que se usó en esta investigación partiendo primeramente del método empleado, enfoque de la investigación, alcance, diseño de la investigación, instrumento de recopilación y descripción del proceso de investigación.

4.1 Método empleado.

4.1.1 Método matemático.

El método matemático es aquel que se trabaja con números y cálculos con el propósito de hacer una comparación con el método comparativo.

El método en las matemáticas es el genético que indica el origen del objetivo, el número entero es originado por la adición indefinida de la unidad así misma.

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

Otra forma usual es la comparación. Las investigaciones en las cuales se advierten matices diferenciales, cambios graduales, referencias de tiempo, análisis de unos factores por otros, se esta aplicando el método comparativo.

4.1.2 Método analítico.

“Entendemos por análisis la descomposición de un todo en sus elementos. Por lo tanto, podemos decir que es la observación y examen de hechos.” (Jurado;2005: 2,3).

Para poder llevar a cabo una investigación analítica, el especialista tiene que cubrir varias fases de manera continua:

1. Observación.
2. Descripción.
3. Descomposición del fenómeno.
4. Enumeración de sus partes.
5. Ordenación.
6. Clasificación.

4.2 Enfoque de la investigación.

Según Hernández (2004), la investigación cuantitativa ofrece la posibilidad de generalizar los resultados mas ampliamente, otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Así mismo, brinda una gran posibilidad de replica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.

Por ejemplo, un ingeniero civil que lleva a cabo un estudio para realizar un proyecto geométrico de un tramo carretero. Emplearía estudios cuantitativos y cálculos matemáticos para el diseño de una curva un estudio de diferentes levantamientos topográficos, y analizaría datos estadísticos de las sobreelevaciones, sobrancho de las curvas horizontales y verticales, pero también puede enriquecer el estudio realizando entrevistas a ingenieros experimentados.

4.2.1 Alcance.

Según Hernández (2004), el siguiente paso en una investigación consiste en visualizar el alcance de estudio a efectuar.

En los estudios cuantitativos esto ocurre antes de elaborar las hipótesis, definir o elegir un diseño de investigación y recolectara los datos. En los cualitativos ocurre antes o durante la recolección de datos, o en cualquier etapa del proceso de investigación.

Esta clasificación es muy importante, pues del tipo de estudio depende la estrategia de investigación. 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.

Los estudios exploratorios sirven para preparar el terreno y por lo común anteceden a los otros tres tipos (Danhke, 1989). Los estudios descriptivos 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. Las investigaciones que se están realizando en un campo de conocimiento específico pueden incluir diferentes alcances en distintas etapas de su desarrollo. Es posible que una investigación se inicie como exploratoria, después ser descriptiva y correlacional, y terminar como explicativa. A continuación se presentan sus propósitos:

a) Propósito de los estudios exploratorios. Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.

Los estudios exploratorios son como realizar un viaje a un sitio desconocido, del cual no hemos visto ningún documental ni leído ningún libro, sino que simplemente alguien nos hizo un breve comentario sobre el lugar.

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular, investigar problemas del comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinada área.

b) Propósito de los estudios descriptivos. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Danhke, 1989). Miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

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

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

4.3 Diseño de la investigación.

Para la investigación corresponde el tipo de diseño no experimental, no obstante para su clasificación los investigadores han tomado los siguientes factores

en cuenta: su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos.

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

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

4.4 Instrumentos de recopilación de datos.

Para la investigación la recopilación de datos se 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 de cuestionarios al mismo tiempo que pruebas estandarizadas y recopilación de contenidos para análisis estadístico.

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

- a) Seleccionar uno o varios métodos o instrumentos disponibles o desarrollarlos, tanto cuantitativos como cualitativos, dependiendo del enfoque del estudio, del planteamiento del problema y de los alcances de la investigación.
- b) Aplicar los instrumentos.

- c) Preparar las mediciones obtenidas o datos levantados para analizarlos correctamente.

4.5 Descripción del procedimiento de investigación.

El proceso que se siguió para llevar a cabo la investigación fue en primer término la recopilación de datos por medio de la observación en donde se apreciaron y se registraron características físicas del estado actual del camino Zicuirán-Churumuco, como es el 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.

Por otra parte se consultaron los manuales de proyecto geométrico para carreteras para comparar las características actuales respecto al manual. Se consulto la normatividad de la Secretaria 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 proyecto geométrico Zicuirán - Churumuco, por medio de programas computacionales, los cálculos realizados se efectuaron y plasmaron en por medio efectuados con los programas Autocad y Civilcad, el primero programa para dibujo, perspectivas en tres dimensiones, cálculo de áreas y volúmenes y crear ambientes arquitectónicos; el segundo es un programa base para topografía en donde partiendo de los dibujos o levantamientos topográficos podemos generar perfiles, secciones transversales, configuraciones con

curvas de nivel, áreas, volúmenes, pendientes, longitudes, estructuración de pavimentos, representación y cálculo de la curva masa para el movimiento de terracerías, curvas verticales y horizontales, entre otras cosas.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y CÁLCULOS

En el presente capítulo se calcularon las curvas horizontales y las curvas verticales para el dibujo del trazo del camino Zicuirán-Churumuco se hizo un estudio topográfico para poder hacer el dibujo de la planta, el perfil de la rasante y se dibujaron las secciones transversales a cada 20m. de acuerdo a los conceptos mencionados ayudan para poder ver los cortes, terraplenes, pendientes, las elevaciones y tener una mejor ubicación de la corona, subcorona, taludes y para las obras complementarias.

En base a este proyecto geométrico del camino Zicuirán-Churumuco demuestra que se ha logrado una mejor construcción de camino rápida y segura para el usuario, tomando en cuenta una velocidad de proyecto de 60 km/hr. La visibilidad se tomo en cuenta en todos los casos, y así mismo poder darle los radios adecuados en las curvas calculas del dicho tramo en estudio.

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

Las curvas horizontales fueron simples, en donde como primer termino se requirió definir las características generales del tipo de camino en base a las especificaciones de la SCT. Para este caso un camino del tipo C

**CALCULO DE CURVAS HORIZOTALES (CIRCULAR SIMPLE)
 PROYECTO GEOMETRICO DEL CAMINO ZICUIRAN-CHURUMUCO
 TRAMO DEL KM 42+340 AL 45+420.**

<i>CARACTERISTICAS GENERALES DE PROYECTO Y ESPECIFICACIONES SCT.</i>	
TIPO DE CARRETERA	C
TPDA PROYECTO	500 A 1,500
TIPO DE TERRENO	LOMERIO Y PLANO
VELOCIDAD DE PROYECTO	60 K.H.
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	75 M
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	270 M
GRADO DE CURVA MAX.	11
CURVAS VERTICALES	
"K" EN CRESTA	14.000
"K" EN COLUMPIO	15.000
LONG. MINIMA	40 M
PENDIENTE GOBERNADORA	5.000
PENDIENTE MAXIMA	7.000
ANCHO DE CALZADA	6 M
ANCHO DE CORONA	7 M
ACOTAMIENTO	0.5 M
BOMBEO	2%
SOBREELEVACION MAXIMA	10%

Una vez establecidos los parámetros generales en base al tipo de camino se procedió a proporcionar los datos del punto de inflexión del eje, inflexión del eje, grado de curvatura máximo permitido y el grado de curvatura propuesto para la C1, C2, C3, C4, C5 Y C6 como se muestra a continuación: curva horizontal simple C1.

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE		C1
DATOS REQUERIDOS			
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	42+744.143		
INFLEXION DEL EJE	6.499	(°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	11.000	(°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	1.000	(°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE			
RADIO DE CURVATURA	1145.920	M	
ANGULO CENTRAL	6.499		
LONGITUD DE CURVA	129.985	FORMA 1	
	129.985	FORMA 2	
SUBTANGENTE	65.062		
CON ESTE Lc TENDREMOS :			
PC	INICIO CURVA	42+679.081	
PT	FINAL CURVA	42+809.066	129.985
EXTERNA		1.846	
ORDENADA MEDIA		1.843	
DEFLEXION A UN PUNTO		6.499	
CUERDA		129.915	

Curva horizontal simple calculada para la curva C1

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE		C2
DATOS REQUERIDOS			
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	43+725.429		
INFLEXION DEL EJE	8.663	(°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	11.000	(°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	2.000	(°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE			
RADIO DE CURVATURA	572.960	M	
ANGULO CENTRAL	8.663		
LONGITUD DE CURVA	86.627	FORMA 1	
	86.626	FORMA 2	
SUBTANGENTE	43.396		
CON ESTE L _c TENDREMOS :			
PC	INICIO CURVA	43+682.033	
PT	FINAL CURVA	43+768.660	86.627
EXTERNA		1.641	
ORDENADA MEDIA		1.636	
DEFLEXION A UN PUNTO		8.663	
CUERDA		86.544	

Curva horizontal simple calculada para la curva C2.

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE		C3
DATOS REQUERIDOS			
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	44+213.070		
INFLEXION DEL EJE	14.507	(°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	11.000	(°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	2.000	(°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE			
RADIO DE CURVATURA	572.960	M	
ANGULO CENTRAL	14.507		
LONGITUD DE CURVA	145.071	FORMA 1	
	145.070	FORMA 2	
SUBTANGENTE	72.925		
CON ESTE L _c TENDREMOS :			
PC	INICIO CURVA	44+140.145	
PT	FINAL CURVA	44+285.216	145.071
EXTERNA		4.622	
ORDENADA MEDIA		4.585	
DEFLEXION A UN PUNTO		14.507	
CUERDA		144.684	

Curva horizontal simple calculada para la curva C3.

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE	C4
DATOS REQUERIDOS		
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	44+815.848	
INFLEXION DEL EJE	22.784 (°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	11.000 (°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	5.000 (°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE		
RADIO DE CURVATURA	229.184 M	
ANGULO CENTRAL	22.784	
LONGITUD DE CURVA	91.138	FORMA 1
	91.137	FORMA 2
SUBTANGENTE	46.179	
CON ESTE L _c TENDREMOS :		
PC	INICIO CURVA	44+769.669
PT	FINAL CURVA	44+860.807
		91.138
EXTERNA	4.606	
ORDENADA MEDIA	4.515	
DEFLEXION A UN PUNTO	22.784	
CUERDA	90.538	

Curva horizontal simple calculada para la curva C4.

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE	C5
DATOS REQUERIDOS		
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	45+040.869	
INFLEXION DEL EJE	17.333 (°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	11.000 (°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	5.000 (°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE		
RADIO DE CURVATURA	229.184 M	
ANGULO CENTRAL	17.333	
LONGITUD DE CURVA	69.334	FORMA 1
	69.333	FORMA 2
SUBTANGENTE	34.934	
CON ESTE L _c TENDREMOS :		
PC	INICIO CURVA	45+005.935
PT	FINAL CURVA	45+075.269
		69.334
EXTERNA	2.647	
ORDENADA MEDIA	2.617	
DEFLEXION A UN PUNTO	17.333	
CUERDA	69.070	

Curva horizontal simple calculada para la curva C5.

CURVAS HORIZONTALES	CIRCULAR SIMPLE		C6
DATOS REQUERIDOS			
PUNTO DE INFLEXION DEL EJE	45+210.855		
INFLEXION DEL EJE	14.824	(°)	
GRADO DE CURVA MAX. PERMITIDO	11.000	(°)	NORMASCT
GRADO DE CURVA PROPUESTO	6.000	(°)	
COMPONENTES DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE			
RADIO DE CURVATURA	190.987	M	
ANGULO CENTRAL	14.824		
LONGITUD DE CURVA	49.414	FORMA 1	
	49.414	FORMA 2	
SUBTANGENTE	24.846		
CON ESTE L _c TENDREMOS :			
PC	INICIO CURVA	45+186.009	
PT	FINAL CURVA	45+235.423	49.414
EXTERNA		1.609	
ORDENADA MEDIA		1.596	
DEFLEXION A UN PUNTO		14.824	
CUERDA		49.276	

Curva horizontal simple calculada para la curva C6.

En las siguientes tablas se realizaron los cálculos de las sobreelevaciones en las curvas en base a los datos como velocidad de proyecto, punto de inflexión, deflexión en grados, radio de la curva, grado de curvatura, longitud de subtangente y longitud de curva circular obtenidos anteriormente.

VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.

Del alineamiento horizontal se tiene:

CURVA C1

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en kph.
PI =	42+744.143	punto de inflexión
□c =	6.499231	Deflexión en grados.
Rc =	1145.92	Radio de curvatura en m.
Gc =	1.00	Grado de curvatura en °.
St =	65.062	Subtangente en m.
Lc (m) =	129.985	Longitud de la curva circular.

Transición del bombeo a la sobreelevación.

Calculo del Pc y del Pt.

Pc =	Pi - St =	42+679.081
Pt =	Pc + Lc =	42+809.066

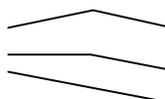
De las Normas de Servicios Tecnicos para Proyecto Geometrico en la tabla 004-(5,6,7 o 8, según el caso) usando el tipo de camino y la velocidad de proyecto. tenemos:

Camino tipo:	C		
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	1.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m) =	0.7	Ampliacion de Curva	
Sc max(%) =	4	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m) =	13.0	Longitud de espiral mínima	

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

$N = (b/Sc) \times Lc = 6.50$ (metros)

Cálculo de PLT a la entrada:

PLT - N =	42+666.081	bombeo (-2 , -2)	
PLT = Pc - 05Le =	42+672.581	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	42+679.081	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	42+679.081	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 2.0 - 2.0	

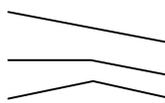
Cálculo de TLT a la entrada.

TLTentrada = Pc + 0.5Le =	42+685.581	bombeo (+Smax , -Smax.)
		bombeo + 4.0 - 4.0

Cálculo de TLT de salida.

TLTsalida = Pt - 0.5Le =	42+802.566	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)
		bombeo + 4.0 - 4.0

Cálculo de PLT a la salida.

Pt =	42+809.066	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	termina ampliación completa.	bombeo + 2.0 - 2.0	
PLT - N =	42+809.066	bombeo (+2 , -2)	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	42+815.566	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	42+822.066	bombeo (-2 , -2)	

VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.

Del alineamiento horizontal se tiene:

CURVA C2

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en kph.
PI =	43+725.429	punto de inflexión
□c =	8.662619	Deflexión en grados.
Rc =	572.96	Radio de curvatura en m.
Gc =	2.00	Grado de curvatura en °.
St =	43.396	Subtangente en m.
Lc (m) =	86.626	Longitud de la curva circular.

Transición del bombeo a la sobreelevación.

Calculo del Pc y del Pt.

Pc =	Pi - St =	43+682.033
Pt =	Pc + Lc =	43+768.659

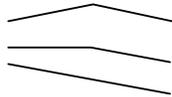
De las Normas de Servicios Tecnicos para Proyecto Geometrico en la tabla 004-(5,6,7 o 8, según el caso) usando el tipo de camino y la velocidad de proyecto. tenemos:

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en KPH. Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	2.00	Grado de curvatura en °.
Ac (m) =	0.7	Ampliacion de Curva
Sc max(%) =	4	Sobreelevación max. en la curva
Le (m) =	13.0	Longitud de espiral mínima

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

$N = (b/Sc) \times Lc = 6.50$ (metros)

Cálculo de PLT a la entrada:

PLT - N =	43+669.033	bombeo (-2 , -2)	
PLT = Pc - 05Le =	43+675.533	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	43+682.033	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	43+682.033	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 2.0 - 2.0	

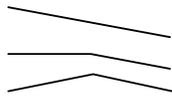
Cálculo de TLT a la entrada.

$TLT_{entrada} = Pc + 0.5Le = 43+688.533$ bombeo (+Smax , -Smax.)
bombeo + 4.0 - 4.0

Cálculo de TLT de salida.

$TLT_{salida} = Pt - 0.5Le = 43+762.159$ bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)
bombeo + 4.0 - 4.0

Cálculo de PLT a la salida.

Pt =	43+768.659	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	termina ampliación completa.	bombeo + 2.0 - 2.0	
PLT - N =	43+768.659	bombeo (+2 , -2)	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	43+775.159	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	43+781.659	bombeo (-2 , -2)	

VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.

Del alineamiento horizontal se tiene:

CURVA C3

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en kph.
PI =	44+213.070	punto de inflexión
□c =	14.507025	Deflexión en grados.
Rc =	572.96	Radio de curvatura en m.
Gc =	2.00	Grado de curvatura en °.
St =	72.925	Subtangente en m.
Lc (m) =	145.071	Longitud de la curva circular.

Transición del bombeo a la sobreelevación.

Calculo del Pc y del Pt.

Pc =	Pi - St =	44+140.145
Pt =	Pc + Lc =	44+285.216

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

Camino tipo:	C		
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	2.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m) =	0.7	Ampliacion de Curva	
Sc max(%) =	4	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m) =	13.0	Longitud de espiral mínima	

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

$N = (b/Sc) \times Lc = 6.50$ (metros)

Cálculo de PLT a la entrada:

PLT - N =	44+127.145	bombeo (-2 , -2)	
PLT = Pc - 0.5Le =	44+133.645	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	44+140.145	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	44+140.145	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 2.0 - 2.0	

Cálculo de TLT a la entrada.

TLTentrada = Pc + 0.5Le = 44+146.645 bombeo (+Smax , -Smax.)
bombeo + 4.0 - 4.0

Cálculo de TLT de salida.

TLTsalida = Pt - 0.5Le = 44+278.716 bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)
bombeo + 4.0 - 4.0

Cálculo de PLT a la salida.

Pt =	44+285.216	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	termina ampliación completa.	bombeo + 2.0 - 2.0	
PLT - N =	44+285.216	bombeo (+2 , -2)	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	44+291.716	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	44+298.216	bombeo (-2 , -2)	

VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.

Del alineamiento horizontal se tiene:

CURVA C4

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en kph.
PI =	44+815.848	punto de inflexión
□c =	22.784252	Deflexión en grados.
Rc =	229.184	Radio de curvatura en m.
Gc =	5.00	Grado de curvatura en °.
St =	46.179	Subtangente en m.
Lc (m) =	91.138	Longitud de la curva circular.

Transición del bombeo a la sobreelevación.

Calculo del Pc y del Pt.

Pc =	Pi - St =	44+769.669
Pt =	Pc + Lc =	44+860.807

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

Camino tipo:	C		
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	5.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m) =	0.8	Ampliacion de Curva	
Sc max(%) =	5	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m) =	13.0	Longitud de espiral mínima	

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

$$N = (b/Sc) \times Lc = 5.20 \quad (\text{metros})$$

Cálculo de PLT a la entrada:

PLT - N =	44+757.969	bombeo (-2 , -2)	
PLT = Pc - 0.5Le =	44+763.169	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	44+768.369	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	44+769.669	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 2.5 - 2.5	

Cálculo de TLT a la entrada.

$$TLT_{\text{entrada}} = Pc + 0.5Le = 44+776.169 \quad \text{bombeo (+Smax , -Smax.)}$$

bombeo + 5.0 - 5.0

Cálculo de TLT de salida.

$$TLT_{\text{salida}} = Pt - 0.5Le = 44+854.307 \quad \text{bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)}$$

bombeo + 5.0 - 5.0

Cálculo de PLT a la salida.

Pt =	44+860.807	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	termina ampliación completa.	bombeo + 2.5 - 2.5	
PLT - N =	44+862.107	bombeo (+2 , -2)	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	44+867.307	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	44+872.507	bombeo (-2 , -2)	

VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.

Del alineamiento horizontal se tiene:

CURVA C5

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en kph.
PI =	45+040.869	punto de inflexión
□c =	17.333344	Deflexión en grados.
Rc =	229.184	Radio de curvatura en m.
Gc =	5.00	Grado de curvatura en °.
St =	34.934	Subtangente en m.
Lc (m) =	69.333	Longitud de la curva circular.

Transición del bombeo a la sobreelevación.

Calculo del Pc y del Pt.

Pc =	Pi - St =	45+005.935
Pt =	Pc + Lc =	45+075.268

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

Camino tipo:	C		
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	5.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m) =	0.8	Ampliacion de Curva	
Sc max(%) =	5	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m) =	13.0	Longitud de espiral mínima	

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

$N = (b/Sc) \times Lc = 5.20$ (metros)

Cálculo de PLT a la entrada:

PLT - N =	44+994.235	bombeo (-2 , -2)	
PLT = Pc - 05Le =	44+999.435	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	45+004.635	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	45+005.935	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 2.5 - 2.5	

Cálculo de TLT a la entrada.

TLTentrada = Pc + 0.5Le =	45+012.435	bombeo (+Smax , -Smax.)
		bombeo + 5.0 - 5.0

Cálculo de TLT de salida.

TLTsalida = Pt - 0.5Le =	45+068.768	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)
		bombeo + 5.0 - 5.0

Cálculo de PLT a la salida.

Pt =	45+075.268	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	termina ampliación completa.	bombeo + 2.5 - 2.5	
PLT - N =	45+076.568	bombeo (+2 , -2)	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	45+081.768	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	45+086.968	bombeo (-2 , -2)	

VERIFICACION DE SOBREELEVACION EN CURVAS.

Del alineamiento horizontal se tiene:

CURVA C6

Camino tipo:	C	
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en kph.
PI =	45+210.855	punto de inflexión
□c =	14.824128	Deflexión en grados.
Rc =	190.987	Radio de curvatura en m.
Gc =	6.00	Grado de curvatura en °.
St =	24.846	Subtangente en m.
Lc (m) =	49.414	Longitud de la curva circular.

Transición del bombeo a la sobreelevación.

Calculo del Pc y del Pt.

Pc =	Pi - St =	45+186.009
Pt =	Pc + Lc =	45+235.423

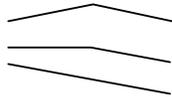
De las Normas de Servicios Tecnicos para Proyecto Geometrico en la tabla 004-(5,6,7 o 8, según el caso) usando el tipo de camino y la velocidad de proyecto. tenemos:

Camino tipo:	C		
Vel. Proy. =	60	Vel proyecto en KPH.	Usando la Normas de Servicios Tec.
Gc =	6.00	Grado de curvatura en °.	
Ac (m) =	0.8	Ampliacion de Curva	
Sc max(%) =	6	Sobreelevación max. en la curva	
Le (m) =	13.0	Longitud de espiral mínima	

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

$N = (b/Sc) \times Lc = 4.33$ (metros)

Cálculo de PLT a la entrada:

PLT - N =	45+175.176	bombeo (-2 , -2)	
PLT = Pc - 05Le =	45+179.509	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	45+183.842	bombeo (+2 , -2)	
Pc =	45+186.009	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	inicia ampliación completa.	bombeo + 3.0 - 3.0	

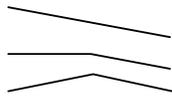
Cálculo de TLT a la entrada.

TLTentrada = Pc + 0.5Le =	45+192.509	bombeo (+Smax , -Smax.)
		bombeo + 6.0 - 6.0

Cálculo de TLT de salida.

TLTsalida = Pt - 0.5Le =	45+228.923	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)
		bombeo + 6.0 - 6.0

Cálculo de PLT a la salida.

Pt =	45+235.423	bombeo (+1/2Smax , -1/2Smax.)	
	termina ampliación completa.	bombeo + 3.0 - 3.0	
PLT - N =	45+237.590	bombeo (+2 , -2)	
PLTsalida = Pt + 0.5Le =	45+241.923	bombeo (0 , -2)	
PLT + N =	45+246.256	bombeo (-2 , -2)	

CALCULO DE LAS CURVAS VERTICALES

CURVA NUMERO: CV-02

CURVA EN CRESTA

DATOS:

V= 60 Km/hr

P1= -2 %

P2= -3.3 %

PIV= 42 + 743.820

ELEV= 261.15 m

CALCULANDO

Longitud de la Curva:

L= 0.6 V
L= 36 m

Por conveniencia se tomara la longitud de la curva de
L= 80 m

Diferencia Algebraica de las Pendientes:

A= P1+P2
A= -5.3
A= -5.3

Utilizando la formula:

$$Z_n = Z_o + ((P1/100) + (A*I)/(200*L)) * I$$

Realizando los Calculos en la siguiente Tabla

Por lo tanto tenemos que:

PCV= 42 + 703.820

ELEV= 261.95 m

Se tomaran las estaciones para el calculo @ 20 m

I	n	Zo	P1	A	L	Zn
42 + 703.820	0	261.95	-2	-5.3	80	261.95
42 + 723.820	20	261.95	-2	-5.3	80	261.42
42 + 743.820	40	261.95	-2	-5.3	80	260.62
42 + 763.820	60	261.95	-2	-5.3	80	259.56
42 + 783.820	80	261.95	-2	-5.3	80	258.23

CALCULO DE LAS CURVAS VERTICALES

CURVA NUMERO: CV-06

CURVA EN CRESTA

DATOS:

V= 60 Km/hr

P1= 1.7 %

P2= -6 %

PIV= 43 + 335.715

ELEV= 247.07 m

CALCULANDO

Longitud de la Curva:

$$L = 0.6 V$$

$$L = 36 \text{ m}$$

Por conveniencia se tomara la longitud de la curva de
L= 120 m

Diferencia Algebraica de las Pendientes:

$$A = P1 - P2$$

$$A = 7.7$$

$$A = -7.7$$

Utilizando la formula:

$$Z_n = Z_o + ((P1/100) + (A \cdot I) / (200 \cdot L)) \cdot I$$

Realizando los Calculos en la siguiente Tabla

Por lo tanto tenemos que:

PCV= 43 + 275.715

ELEV= 246.05 m

Se tomaran las estaciones para el calculo @ 20 m

I	n	Zo	P1	A	L	Zn
42 + 275.72	0	246.05	1.7	-7.7	120	246.05
42 + 295.72	20	246.05	1.7	-7.7	120	246.26
42 + 315.72	40	246.05	1.7	-7.7	120	246.22
42 + 335.72	60	246.05	1.7	-7.7	120	245.92
42 + 355.72	80	246.05	1.7	-7.7	120	245.36
42 + 375.72	100	246.05	1.7	-7.7	120	244.54
42 + 395.72	120	246.05	1.7	-7.7	120	243.48

CALCULO DE LAS CURVAS VERTICALES

CURVA NUMERO: CV-11

CURVA EN CRESTA

DATOS:

V= 60 Km/hr

P1= 5.80 %

P2= -2.30 %

PIV= 44 + 799.278

ELEV= 230.65 m

CALCULANDO

Longitud de la Curva:

L= 0.6 V
L= 36 m

Por conveniencia se tomara la longitud de la curva de
L= 120 m

Diferencia Algebraica de las Pendientes:

A= P1-P2
A= 8.10
A= -8.1

Utilizando la formula:

$$Z_n = Z_o + ((P1/100) + (A*I)/(200*L)) * I$$

Realizando los Calculos en la siguiente Tabla

Por lo tanto tenemos que:

PCV= 44 + 739.278

ELEV= 227.18 m

Se tomaran las estaciones para el calculo @ 20 m

I	n	Zo	P1	A	L	Zn
42 + 739.278	0	227.18	5.8	-8.1	120	227.18
42 + 759.278	20	227.18	5.8	-8.1	120	228.21
42 + 779.278	40	227.18	5.8	-8.1	120	228.96
42 + 799.278	60	227.18	5.8	-8.1	120	229.45
42 + 819.278	80	227.18	5.8	-8.1	120	229.66
42 + 839.278	100	227.18	5.8	-8.1	120	229.61
42 + 859.278	120	227.18	5.8	-8.1	120	229.26

CONCLUSIONES

Se concluye que en el presente proyecto se lograron cumplir los objetivos satisfactoriamente, y como objetivo tiene como realizar las modificaciones geométricas del camino Zicuirán-Churumuco Mich. Todas las modificaciones del proyecto geométrico en estudio están basadas de acuerdo a los lineamientos del Manual de Proyectos Geométricos.

Las modificaciones geométricas que se hicieron en el proyecto es para tener una mejor seguridad en el camino, en base a los estudios realizados se define el tipo de camino para poder hacer la clasificación y las especificaciones del camino según SCT.

De acuerdo a la pregunta de investigación se plantea, Geométricamente, ¿Cuál es la modificación a realizar al proyecto geométrico para el camino Zicuirán-Churumuco 4 caminos?, ¿Qué son los cálculos geométricos? Y ¿Para qué sirven los cálculos geométricos?, para dar respuesta a lo anterior se realizaron las modificaciones geométricas propuestas por medio de un programa llamado CivilCad el cual utiliza como base para su trazo las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras por lo tanto, las correcciones llevadas a cabo en el programa de computadora coincide con la normatividad de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes; además los cálculos realizados en las curvas horizontales y verticales fueron hechas en Excel. Para el trazo del camino Zicuirán-Churumuco se hizo un estudio topográfico para poder hacer el dibujo de la planta, el perfil de la rasante y se dibujaron las secciones transversales a cada 20m. de acuerdo a los conceptos mencionados ayudan para poder ver los cortes, terraplenes,

pendientes, las elevaciones y tener una mejor ubicación de la corona, subcorona, taludes y para las obras complementarias.

En base a este proyecto geométrico del camino Zicuirán-Churumuco demuestra que se ha logrado una mejor construcción de camino rápida y segura para el usuario, tomando en cuenta una velocidad de proyecto de 60 km/hr. La visibilidad se tomo en cuenta en todos los casos, y así mismo poder darle los radios adecuados en las curvas calculas del dicho tramo en estudio.

La ventaja del proyecto geométrico es que se pueda tener una mejor ejecución en una carretera. El proyecto geométrico se basa principalmente en la selección de ruta, que es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino.

El proyecto geométrico es el resultado de los diversos estudios que se mencionaron en todos los casos previstos y se a establecido normas para la realización de la obra.

El proyecto geométrico involucra varias actividades, desde el acopio de datos, examen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones transversales y calculo de volúmenes y movimientos de terracerías.

Las obras de drenaje quedan definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruza el camino y adecuado a la topografía que tenemos en tramo en estudio.

Es muy importante este proyecto porque en base a esta construcción de la carretera de Churumuco. El pueblo tendió en aumentar de tamaño y densidad de la población, la comunicación con otras regiones es mas rápido y seguro, también se

resolvieron los problemas para suministrar alimentos o transportarlos a otros pueblos.

Por lo tanto el proyecto geométrico es muy importante en las vía terrestres ya que nos sirve para poder tener una mejor ejecución y una mejor geometría en una carretera.

BIBLIOGRAFIA.

Arias Rivera,G. Carlos

Cuaderno de comportamiento de suelos.

Fac. Ing. UNAM.

Hernández S., Roberto y Cols. (2004).

Metodología de la investigación.

Ed.Mc.Graw Hill. México.

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. (1994).

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

México.

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

Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

México 1986.

Medieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de Investigación y Manual Académico.

Ed. Thomson. México

Olivera Bustamantes Fernando (2006)

Estructuración de Vías Terrestres II

Ed. Continental. México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION.

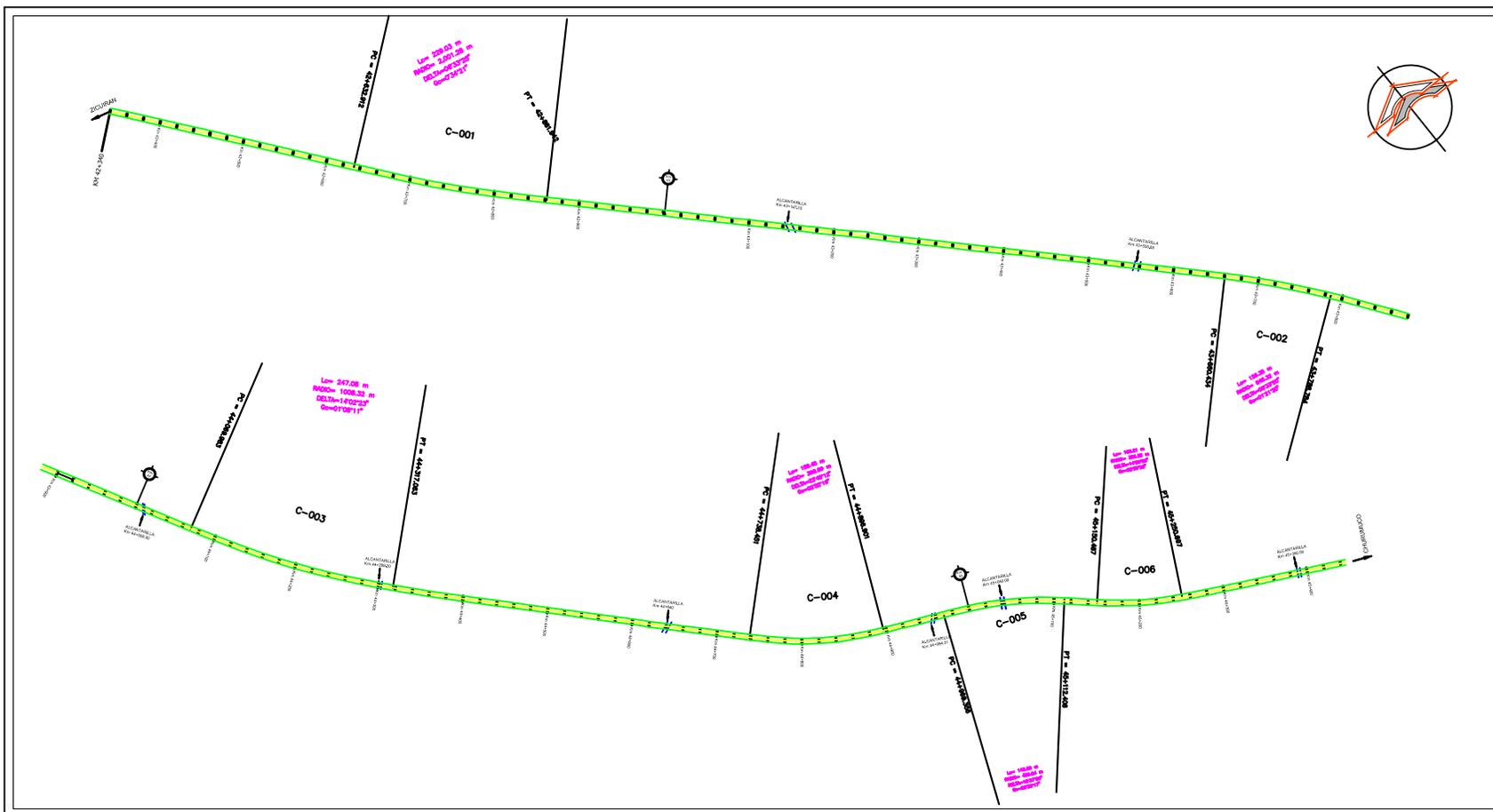
www.ecumed.net/coursecon/libreria/2004/fme/1d.htm.



PLANTA

PROYECTO
PROYECTO ORIGINAL

DIRECTOR DE LA ESCUELA: ING. ANTONIO BLANCO ESPINO	ELABORADO POR: OSCAR FRANCISCO MARTÍNEZ
URUAPAN, MICH., 2008	ESCALA: 1:1000
PLANTA ORIGINAL	PLANO No. 1



CUNTIIFICACIÓN DE SEÑALAMIENTO VERTICAL DE PROYECTO

ABRIGACION	LADO	CLAVE	DIMENSIONES	DESCRIPCION
0001	IZQ	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0002	DER	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0003	IZQ	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0004	DER	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0005	IZQ	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0006	DER	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0007	IZQ	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL
0008	DER	10	1.2x1.2	SEÑAL VERTICAL

CUNTIIFICACIÓN DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL DE PROYECTO

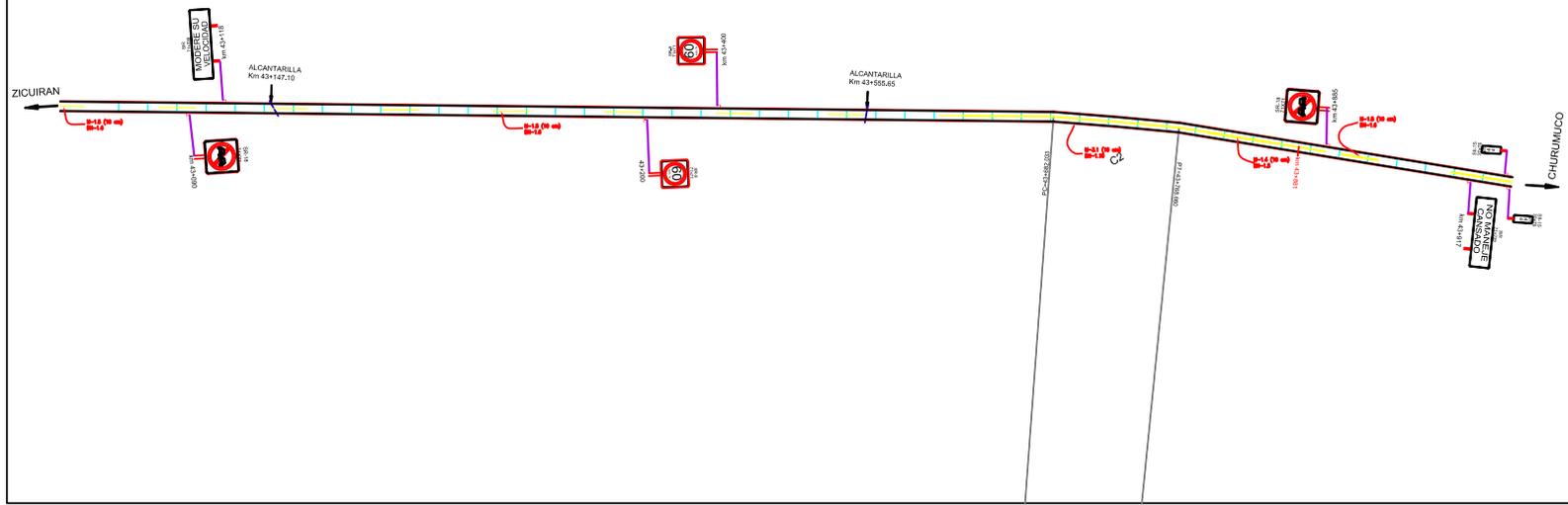
Clasificación	Dimensiones	Cantidad	Descripción	
M01		100	m	Marca horizontal de señalamiento de circulación
M02	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M03	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M04	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M05	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M06	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M07	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M08	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M09	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm
M10	10 cm	100	m	Marca horizontal de señalamiento de 10 cm

CUNTIIFICACIÓN DE VIALETAS DE PROYECTO

Clasificación	Dimensiones	Cantidad	Unidad	Descripción
V01	10 x 10 cm	21	pieza	Señal de tránsito
V02	10 x 10 cm	5	pieza	Señal de tránsito
V03	10 x 10 cm	11	pieza	Señal de tránsito
V04	10 x 10 cm	10	pieza	Señal de tránsito

CUNTIIFICACIÓN DE INDICADORES DE ALINEAMIENTO VERTICAL DE PROYECTO

Clasificación	Dimensiones	Cantidad	Unidad	OBSERVACIONES
I004	15 x 100	48	pieza	Indicador a cada 40 m en segundos
I004	15 x 100	12	pieza	Indicador a cada 100 m en segundos



SIMBOLOGIA

- SEÑAL VERTICAL BALA
- SEÑAL BARRERA
- SEÑAL TIPO PLANTER
- SEÑAL INDIADORA CORRE
- SEÑAL INDIADORA DE LA SALVA DEL PROYECTO
- ALCANTARILLA
- HOMBRO DEL CAMINO
- LINEA DEL CAMINO
- SEÑAL DE PROYECTO
- CLAVE DE LA SEÑAL
- INDICADORES DE LA SEÑAL

DISTRIBUCIÓN ALTERNATIVA DE LOS SEÑALES

SEÑALES LINEALES Y ALIEN DE LOS SEÑALES INDIADORA

UNIVERSIDAD VASCO A.C.
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALI
PROYECTO
 ALTERNATIVA DE PROYECTO GEOMÉTRICO DEL CAMINO A CAMINO TRONCO ZICUIRAN CHURUMUCO KM 42+000 AL KM 46+400 EN EL ESTADO DE MICHÓAN

RECTOR DE LA ESCUELA
 DR. ANASTASIO BLANCO ESPINO

URUPAN, MICH., 2020 **EDICIÓN 1: 2020**

SEÑALAMIENTO PROYECTADO **PLANO N.º 10**

