

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C

Incorporación No. 8727 – 15

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DEL PROYECTO GEOMÉTRICO PARA EL TRAMO CARRETERO DEL CAMINO VIEJO A LA HIDROELÉCTRICA DE LA CFE, EN URUAPAN, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

presenta:

Omar Jerzain Vargas Martínez

Asesor: Ing. Sandra Natalia Parra Macías

Uruapan, Michoacán, 27 de agosto del 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios, por dejarme llegar hasta esta etapa en mi vida, por brindarme la familia que me ha dado, por darme la fuerza necesaria para levantarme en cada tropiezo de mi vida y, sobre todo, por darme salud para poder tener los logros y triunfos obtenidos hasta hoy.

Agradezco profundamente a mis padres, José Vargas Sánchez y Guillermina Martínez Aguilera, por confiar en mí y permitirme llegar hasta el lugar al que he llegado, por apoyarme en mis dificultades, compartir alegrías y ayudarme en esos momentos difíciles en los cuales necesité de un consejo y me brindaron su hombro para sostenerme.

A mis hermanos, José Alberto Vargas Martínez y Zaira Yedith Vargas Martínez, por ser mis cómplices y hacer locuras a mi lado, así como brindarme un buen consejo al caminar a mi lado y, sobre todo, por brindarme un amor incondicional.

A todos mis maestros que confiaron en mi y me impulsaron a seguir adelante, a no darme por vencido, a no conformarme, y muy en especial a mi asesora, la Ing. Sandra Natalia Parra Macías, por ayudarme a concluir este trabajo.

Y, por último, pero no menos importante, a todos mis amigos que me han acompañado a lo largo de mi preparación y con los cuales he aprendido el valor de tenerlos a mi lado. Mi especial agradecimiento a Noemí Amador, quien se preocupó y me motivó para poder concluir este trabajo.

ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	1
Planteamiento del problema	5
Objetivos	5
Pregunta de investigación	6
Justificación	6
Marco de referencia.	8
Capítulo 1.- Vías terrestres.	
1.1. Antecedentes de caminos	9
1.2. Infraestructura	10
1.3. Clasificación de caminos	10
1.4. Red mexicana de caminos.	13
1.5. Elementos de ingeniería de tránsito usados para el proyecto	16
1.5.1. Problemas de tránsito.	16
1.5.2. Solución de problemas de transito	16

1.6. Velocidad	17
1.7. Volumen de tránsito	19
1.8. Densidad de tránsito	21
1.9. Derecho de vía	21
1.10. Capacidad y nivel del servicio.	22
1.11. Distancia de visibilidad de rebase	23
1.12. Distancia de visibilidad de parada.. . . .	24
1.13. Curvas circulare.	25
1.13.1. Curva circular simple.	25
1.13.2. Curvas circulares compuestas.	30
1.14. Sobreelevación.	31
1.15. Sobre-ancho de curvas.	32
1.16. Distancia de visibilidad de parada en curvas horizontales.	34
1.17. Curvas verticales.	35
1.17.1. Distancia de visibilidad en curvas verticales.	36
1.18. Mecánica de suelos	45
1.18.1. Suelos, origen y formación.	45

1.18.2. Relaciones volumétricas y gravimétricas.	47
1.18.3. Granulometría de suelos.	48
1.19. Curva granulométrica.	50
1.19.1. Graduación de un suelo.	51
1.19.2. Descripción del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).	51
1.20. Plasticidad de los suelos.	53

Capítulo 2.- Drenaje en vías terrestres.

2.1. Importancia del drenaje en carreteras.	56
2.2. Consideraciones hidrológicas aplicables al estudio del drenaje	59
2.3. Clasificación del drenaje	60
2.4. Drenaje longitudinal	61
2.4.1. Cunetas.	61
2.4.2. Contracunetas	64
2.4.3. Canales de encauzamiento	67
2.4.4. Bombeo	67
2.4.5. Vados	68
2.4.5.1. Proyecto estructural.	70

2.5. Drenaje transversal	71
2.5.1. Alcantarillas	71
2.5.1.1. Tubos	73
2.5.1.2. Bóvedas	74
2.5.1.3. Losa sobre estribos.	76
2.5.1.4. Cajones.	76
2.5.1.5. Proyecto de alcantarillas.	77
2.6. Ubicación de la obra y proyecto de la plantilla	78
2.7. Diseño hidráulico	81
2.8. Elección del tipo de obra	82
 Capítulo 3.- Resumen de macro y microlocalización.	
3.1. Generalidades	85
3.2. Entorno geográfico	88
3.3. Reporte fotográfico	90
 Capítulo 4.- Metodología análisis e interpretación de datos.	
4.1. Método empleado	93
4.1.2. Método matemático	94

4.2. Enfoque de la investigación	95
4.2.1. Alcance de la investigación	97
4.3. Diseño de la investigación	97
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	98
4.5. Descripción del proceso de investigación.	99
4.6. Análisis e interpretación de datos	100
Conclusiones	106
Anexo.	113
Bibliografía.	115
Otras fuentes.	117

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

Las carreteras son parte importante para el desarrollo de la sociedad, por lo que su adecuado diseño resulta en verdad relevante, pues de ello dependerá en gran medida su funcionabilidad, vida útil y, sobre todo, seguridad para los usuarios de dicha vía.

Por lo anterior, hay que considerar que el diseño geométrico de una carretera es la parte en donde se establece la configuración geométrica tridimensional con el propósito de que la vía sea funcional, cómoda, estética, segura, lo más económica posible y, ante todo, segura.

La vía terrestre podrá ser funcional dependiendo del tipo de carretera que se desea hacer, características geométricas, volumen de tránsito y tipo de vehículos considerados como usuarios, además de tomar en cuenta la velocidad de diseño de la misma.

De acuerdo con James Cardes Grisales (2002) las carreteras son una gran infraestructura de transporte acondicionada en un palmo de terreno al que se le denomina derecho de vía, en el cual después de cierto tipo de trabajos estará acondicionado para el paso vehicular con los niveles adecuados de seguridad y comodidad.

En la tesis “Alternativas de proyecto geométrico en la denominada ‘Curva del Diablo’ carretera Carapan-Playa Azul, tramo Carapan-Uruapan km 65+000 al 66+160”, elaborada por Dorian Vladimir Hernández Báez (2008), teniendo como

objetivo el revisar el proyecto geométrico que comprende el tramo de la mencionada, llegando a la conclusión de que su grado de curvatura es mayor al permitido, por ello la curva no es totalmente segura, y que además la SCT propone para un camino tipo “C” con velocidad de proyecto de 60 km/ hrs, con un grado de curvatura menor a 11° grados, y que actualmente la curva presenta un grado de curvatura de 11°43´ 55.2´ siendo el error de 43´55.2´.

De igual forma, se encontró también en la Biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. otra tesis relacionada con proyectos geométricos de vías terrestres, titulada “Alternativas de proyecto geométrico de la intersección ubicada en el km 108 de la carretera Zihuatanejo-Lázaro Cárdenas sobre el libramiento Guacamayas”, elaborada por José Ricardo Arrollo Rodríguez en el año 2008, y tuvo por objetivo realizar la revisión del proyecto geométrico de la intersección en el libramiento Guacamayas, sobre la carretera Zihuatanejo-Lázaro Cárdenas, llegando a la conclusión de que se puede lograr una mejor conducción del camino, más rápido y seguro, tomando en cuenta una velocidad de proyecto de 70 km/hrs y un tipo de camino “B”, en tanto que las visibilidades se tomaron en cuenta en todos los casos, para así poder dar los radios adecuados a las curvas calculadas.

También la tesis “Alternativas de proyecto geométrico del camino Churumuco-Cuatro Caminos, tramo Zicuirán Churumuco km 42 + 340 al 45 + 420 en el estado de Michoacán”, realizada por Oscar Francisco Martínez (2008), hecha con el objetivo de definir la geometría en las curvas horizontales y verticales y definir las modificaciones del proyecto geométrico para el camino a Churumuco, llegó a la conclusión que las modificaciones geométricas propuestas por medio del programa de cómputo

CivilCAD el cual está basado en la normatividad de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) coincide con lo anterior además para el trazo del camino se hizo un estudio topográfico para poder realizar el dibujo de la planta, en el perfil restante se dibujó la sección transversal a cada 20 metros con sus cortes y terraplenes, pendientes, elevaciones, la ubicación de la corona, subcorona, taludes y obras complementarias.

Ahora bien, desde 1925 el gobierno mexicano inició la construcción de carreteras y éstas llegaron a formar la estructura básica de las carreteras del país la cual se financio con recursos del gobierno federal. Así se construyó la primer carretera pavimentada para ligar a la Ciudad de México con el entonces Puebla y cuyo destino final era Veracruz.

En este año es cuando se crea la entonces llamada Comisión Nacional de Caminos ahora conocida como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

En 1930 y 1940 se adicionaron a la red de carreteras 8,500 km, por lo que la red, hasta ese entonces, se constituía de 10,000 km que permitieron que en una producción del país se iniciara el desarrollo.

En 1947, se detectó la necesidad de crear y desarrollar caminos vecinales y locales con el fin de lograr la penetración vial hacia lugares apartados buscando que las comunidades rurales contribuyeran en su realización.

En 1960 a 1970 se suman a la red de carreteras nacionales 26,630 km para terminar en 1970 con unas longitudes totales de 71,520 km incluidas las federales,

de cuota, estatales y vecinales, de los cuales 8,500 eran terracerías, 21.100 revestidas y 41,920 pavimentadas.

En la actualidad el sistema carretero mexicano cuenta con más de 333,247 km de longitud de los cuales 41,918km pertenecen a carreteras libres de jurisdicción federal, 64,353 km son carreteras libres de jurisdicción estatal, 5,978 corresponden a carreteras de cuota y 220,878 km corresponden a caminos rurales y brechas.

Planteamiento del problema.

Sin lugar a dudas, el diseño una carretera implica no sólo el considerar los costos, sino ante todo su funcionalidad y seguridad para el usuario, por lo que ha de tomarse en cuenta las condiciones naturales del terreno, las características de en número y tipo de vehículos que la usarán en el momento actual y futuro, esto es, considerar todos aquellos aspectos que permitan realizar primeramente el mejor diseño y posteriormente una adecuada construcción de la vía terrestre en cuestión, por lo que se distingue fácilmente la necesidad de que dicho diseño sea realizado por un profesional, pues en caso de que no se tenga la precaución necesaria en dicha tarea, se corre el riesgo de hacer gastos innecesarios, pero sobre todo, que pongan en riesgo a los usuarios, de ahí que cabe preguntarse para la presente investigación: ¿cuál es el diseño idóneo del proyecto geométrico del camino viejo a la Hidroeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Uruapan, Michoacán?, pregunta que habrá de resolverse a lo largo del presente estudio.

Objetivos.

Objetivo general:

Diseñar el proyecto geométrico para el tramo carretero del camino viejo a la Hidroeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Objetivos específicos:

- 1) Conceptualizar una vía terrestre.
- 2) Señalar las características de una vía terrestre.
- 3) Definir los pavimentos.
- 4) Señalar los tipos de carretera.
- 5) Citar los elementos que conforman un proyecto geométrico.
- 6) Establecer la velocidad de tránsito, así como el aforo vehicular que transita por el tramo carretera en estudio.

Pregunta de investigación.

Con la presente investigación se pretende dar respuesta a:

¿Cuál es el diseño idóneo del proyecto geométrico del camino viejo a la Hidroeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Uruapan, Michoacán?

Justificación.

Con el presente trabajo se pretende dar una solución al camino de terracería que se encuentra en el camino viejo hacia la CFE hidroeléctrica de la ciudad de Uruapan, Mich., debido a que es difícil para los trabajadores de dicha paraestatal circular por este tipo de camino en tiempo de lluvia, además de que por este camino se acerca la gente a hacer ejercicio y con los baches que se llegan a hacer también

se hace un encharcamiento, por lo cual se llega a dificultar salir a correr, en tiempo de estiaje se llega a levantar demasiado polvo lo que imposibilita la visibilidad de quienes transitan por dicha vía.

Ahora bien, considerando que en los alrededores del tramo carretero en estudio hay un fraccionamiento privado llamado Residencial Olimpia, al cual se introduce mucho polvo y provoca molestias a sus habitantes porque no está bien pavimentado, además de que suele haber demasiados baches, por lo que también para las huertas aledañas sería un acceso más adecuado para la entrada y salida de sus camionetas o carros si se realiza un diseño y posterior habilitación de la vía en estudio.

Por lo tanto, con la presente investigación se todas aquellas personas que requieren de utilizar este tramo carretero, así como también los estudiantes de la Esc. De Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C., pues podrán consultar este trabajo como referencia para posteriores investigaciones, además de que la misma ingeniería civil se verá beneficiada al contar con otra resolución de un problema práctico en la que se aprecie la utilidad de esta ciencia.

Marco de referencia.

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Uruapan, Michoacán, que de acuerdo con el INEGI, se encuentra delimitada por las poblaciones de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán. La ciudad cuenta con una extensión territorial de 954.17 km² y una población aproximada de 238975 habitantes, se encuentra a 1620 de altitud con respecto al nivel del mar, está ubicada a 19°25'10" norte y 102°03'30" oeste, sus principales cerros son el de La Cruz, Charanda y Jicalán, su principal río el Cupatitzio que es el que abastece de agua a la mayor parte de la ciudad, las principales actividades son el cultivo de aguacate, caña de azúcar, maíz, durazno, café, guayaba y algunas hortalizas como son el jitomate, chile y calabaza, además se tiene la cría de ganado bovino, porcino, caprino y equino.

El tramo carretero específico de este estudio se encuentra localizado en el camino viejo de Zumpimito, con destino a la planta hidroeléctrica de la CFE (Comisión Federal de Electricidad), el cual cuenta con una longitud de 2 km y conecta a la planta de CFE, un par de huertas de aguacate y algunas viviendas con la carretera principal, en sus alrededores se podrá encontrar con algunas huertas de aguacate, negocios comerciales y viviendas, en principio el camino cuenta con algunos metros de asfalto, después se podrá apreciar que comienza la terracería por la cual algunas personas suelen ir a hacer deporte.

CAPÍTULO 1

VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordan los antecedentes de los caminos, su clasificación, los elementos de ingeniería usados en el proyecto, los problemas de tránsito, la solución a los problemas de tránsito, velocidad, volumen de tránsito, densidad de tránsito, derecho de vía, capacidad y nivel del servicio, distancia de visibilidad de rebase, distancia de visibilidad de parada, mecánica de suelos, suelos origen y su formación, relaciones volumétricas y gravimétricas, granulometría de suelos, descripción de un sistema unificado de suelos (SUCS), y finalmente la plasticidad de los suelos.

1.1. Antecedentes de caminos.

Desde la antigüedad se han construido caminos, los primeros fueron hechos por tribus nómadas, estos eran de tipo peatonal al deambular por todos lados en la búsqueda de alimento, agua, entre otras cosas.

Algunos años más tarde el hombre decide establecerse en un sólo lugar, por este motivo necesitaba de un modo sencillo de trasladarse de un lado a otro, con este fin los caminos fueron evolucionando poco a poco, fueron teniendo finalidades de conquista, comerciales, intercambios, religiosos. En México se tuvieron este tipo de caminos principalmente con las civilizaciones maya y azteca.

Con el paso del tiempo el hombre fue evolucionando y con éste los inventos lo llevaron a la aparición de la rueda, con la aparición de la rueda surgió la necesidad

de nuevos caminos y tiempo más tarde surgen las carreteras, las cuales mejoraron la forma de trasladarse de un lugar a otro en tiempo y comodidad.

1.2. Infraestructura.

Las vías terrestres son parte importante en el desarrollo de un país; los caminos son la infraestructura para lograr el desarrollo en una ciudad, una vez construido uno, es más sencillo dar cavidad a otro tipo de servicios. Un camino terrestre tiene algunas ventajas sobre otro tipo de estructuras de transporte como lo son las vías férreas, aeropuertos, entre otros.

En el punto de vista de la infraestructura las vías terrestres tienen gran importancia económica, por lo que deben de ser programadas de acuerdo a los beneficios sociales, económicos y culturales que éstas tendrán en una ciudad, así hay caminos para el desarrollo y caminos entre zonas desarrolladas, mismos que se explican en los subtemas siguientes.

1.3. Clasificación de los caminos.

Los caminos se han llegado a clasificar de acuerdo con la utilidad que tendrán; entre estos se encuentran: los de integración nacional, de tipo social, aquellos que proporcionarán desarrollo y los de las zonas ya desarrolladas, mismos que se amplían a continuación:

1) Caminos de integración nacional:

Son aquellos caminos que su finalidad principal es la de unir el territorio de un país. En México los primeros caminos se programaron para unir la capital de la república con otros estados y más tarde con las cabeceras municipales.

2) Caminos de tipo social:

La finalidad principal de este tipo de caminos es la de incorporar las ciudades ya desarrolladas con las comunidades marginadas por la falta de comunicación.

Este tipo de caminos se evalúan en base al costo por habitante servido, este se calcula dividiendo el costo de la obra entre el número de ciudadanos que viven en la población.

En México a estos caminos tienen una corona que es de un sólo carril, y la superficie de rodamiento está hecha por una capa suficientemente compactada y aglutinada, ya sea en forma natural o con productos químicos para resistir las condiciones regionales del medio ambiente.

3) Caminos para el desarrollo:

Estos caminos fomentan principalmente las actividades agrícolas, ganaderas, comerciales, industriales y turísticas de la ciudad y su evaluación económica está de acuerdo con el índice de productividad, este se obtiene dividiendo los beneficios entre el costo de la obra; los beneficios son la suma de los costos de producción generada en un lapso de tiempo que generalmente es de 5 años. La corona de este tipo de caminos va de 7m a 11m.

4) Caminos entre zonas desarrolladas:

Este tipo de caminos comunican las zonas desarrolladas y son construidas para disminuir el costo de operación de los usuarios que transitan por ellas, además de que ayudan a mejorar el tránsito por caminos regionales. Este tipo de caminos tienen el objetivo de comunicar solo los puntos que tienen mayor desarrollo, por lo que estos caminos son directos, así se reduce el tiempo de recorrido, siendo la operación más cómoda, segura y rápida.

En México a este tipo de carreteras se les conoce como autopistas, que por lo general son caminos de cuota y su administración está a cargo de una dependencia oficial o privada.

Este tipo de caminos se evalúan con la relación beneficio-costos o también denominada índice de recuperación, este se obtendrá al dividir los ahorros que se tendrán cuando la obra entre en funcionamiento entre el costo de la construcción.

Ahora bien, de acuerdo con la SCT (2010) los caminos también se pueden clasificar de la siguiente manera:

➤ Tipo "A"

Los caminos tipo "A" son aquellos que están pavimentados, con dos carriles de circulación, además acotamientos revestidos, se cuenta con un control parcial de acceso y entronque a nivel. Está diseñado para recibir mayor tránsito pesado.

➤ Tipo “B”

Son caminos pavimentados de dos carriles de circulación y acotamientos revestidos. Además con un control parcial de acceso y entronques a nivel.

➤ Tipo “C”

Son caminos pavimentados, con dos carriles de circulación, generalmente las tiene bajo jurisdicción la administración estatal para su construcción y mantenimiento.

➤ Tipo “D”

Son caminos de características geométricas muy modestas, así como la pavimentación. Cuenta con una carpeta de revestimiento de material compactado de 20 cm a 30 cm de espesor.

➤ Tipo “E”

En este tipo de camino se encuentran las llamadas brechas, y los caminos revestidos. Entendiéndose por brecha aquellos caminos los cuales son vías de comunicación improvisadas elaborados por los propios usuarios para su acceso y uso con lo cual no cuenta con obras de drenaje y solo son transitables en algunos meses del año.

1.4. Red Mexicana de caminos.

De acuerdo con Fernando Olivera (2006), la red nacional de caminos divide a los caminos en cuatro divisiones principales, de acuerdo con su importancia:

- Red troncal libre.
- Red de cuota.
- Red de caminos vecinales.
- Red de caminos rurales.

a) Red troncal libre:

También se les conoce como vías federales, que son caminos de una longitud considerable y comunican a los puertos con la capital de la república, unen entre ellos las capitales de los estados, liga a los litorales, formando una red básica, su construcción ha satisfecho las principales necesidades en los centros de producción y consumo.

b) Red de cuota:

Este tipo de carreteras ofrece grandes ventajas al proporcionar grandes ahorros a la economía global del transporte, gracias a sus grandes especificaciones geométricas proporciona una gran comodidad y seguridad en su recorrido, mayor distancia de visibilidad, pendientes moderadas, mayores dimensiones de sus carriles y acotamientos, características que las hacen así mejores carreteras del país y de mayor velocidad.

No se encuentran interrupciones en su recorrido, ya sea por cruces a nivel y/o entronques perpendiculares lo que permite un tránsito continuo y fluido de un lugar a otro.

Además, permite tener un gran ahorro, en combustible, tiempo de traslado de un sitio a otro, en todos los casos es mayor el ahorro al de la cuota a pagar.

Debido a que se ha tenido especial cuidado al seleccionar el terreno por el lugar por donde va a pasar la carretera dentro del territorio nacional, se capturan grandes volúmenes de tránsito que las utilizan, por lo cual los ahorros obtenidos son considerables para el beneficio de un país.

c) Red de caminos vecinales:

Este tipo de caminos son aquellos que unen ciudades de menor importancia y los centros de abastecimiento con las ciudades importantes, estas pueden llegar también a algún centro de población o unirse a un camino troncal.

Estas se pueden encontrar como vías federales (o sea que, son construidas y conservadas por el gobierno federal), estatales (que son construidas y conservadas por el gobierno estatal) o en su defecto, bipartitas que serán en un 50 % el estado federal y un 50 % el estado estatal.

d) Red de caminos rurales:

A este tipo de carreteras se les ha ido dando mayor importancia, pues éstas unen a las comunidades, centros de abastecimientos de materia prima, agrícolas, ganaderas, maderas finas entre otras.

1.5. Elementos de ingeniería de tránsito usados para el proyecto.

La ingeniería de tránsito es aquella que se encarga del estudio del movimiento de personas y de vehículos por calles y caminos, con el propósito de hacer más rápido, seguro y eficaz el traslado de un lugar a otro.

1.5.1. Problema del tránsito.

Algunos de los factores más importantes que intervienen en los problemas de tránsito son:

- 1.- Existe gran variedad de vehículos circulando por una misma calle tales como son, carros pequeños, camionetas, camiones, tráiler motos, bicicletas, etcétera.
- 2.- Vías de comunicación ineficientes como lo pueden llegar a ser malos trazos urbanos, caminos angostos, las pendientes muy fuertes y banquetas muy cortas.
- 3.- No existe una educación vial correcta además de que se carece de reglamentos que se adapten a las necesidades de los usuarios.

1.5.2. Solución a los problemas de tránsito.

A continuación se mencionan las soluciones a los problemas más frecuentes de tránsito:

- a) Solución integral: consistiría en crear un camino adecuado para el tipo de vehículo moderno en el cual este dentro del tiempo razonable de la prevención.

b) Solución parcial de altos costos: este consiste en realizar cambios que en su momento van a requerir de grandes inversiones tales como son ensanchamiento de calles, arterias de acceso controlado, intersecciones canalizadas, etcétera.

c) Solución de bajos costos: en este se requiere de un aprovechamiento al máximo de las condiciones ya existentes, con un mínimo de obras y un máximo en la regulación del tránsito.

1.6. Velocidad.

La velocidad es un dato importante en el proyecto de un camino, de este dependerá la utilidad que tendrá además de un correcto funcionamiento, este factor influirá en la rapidez y seguridad con la cual transitarán las personas y mercancías que se muevan a través de él. Existen 3 tipos de velocidad:

- Velocidad de proyecto:

Esta velocidad será aquella que ha sido escogida para que sea respetada y gobierne en un tramo carretero, esta tendrá que relacionar las características y el promedio geométrico en su aspecto operacional. Todos los aspectos geométricos deberán de calcularse en función de la velocidad de proyecto elegida.

tipo de camino	plano o con poco lomerío	con lomerío fuerte	montañoso pero poco escarpado	montañoso pero muy escarpado
tipo especial	110	110	80	80
tipo A	70	60	50	40
tipo B	60	50	40	35
tipo C	50	40	30	25

Tabla 1.1.- Velocidad de proyecto recomendada de acuerdo a la topografía (km/hr)

Fuente: Manuel de proyectos geométricos de la SCT.

Los caminos mencionados en la tabla son los siguientes:

Caminos tipo especial: son aquellos caminos que van a tener un volumen de tránsito medio anual superior los 3000 vehículos esto es equivalente a 360 o más vehículos por hora.

Caminos tipo A: son aquellos caminos que van a tener un volumen de tránsito promedio anual que va de 1500-3000 vehículos esto equivale a tener de 180-300 vehículos por hora.

Camino tipo B: este tipo de caminos va a tener un volumen promedio anual de 500-1500 vehículos diarios lo que equivale a tener de 60 a 180 vehículos por hora.

Camino tipo C: este tipo de caminos tendrá un volumen promedio anual de 50-500 vehículos diarios que es equivalente a tener de 6-60 vehículos por hora.

- Velocidad de operación:

Ésta será la velocidad real con que van a circular los vehículos sobre el camino y nos da una idea del grado de eficiencia que proporcionara el camino a los

conductores. Este tipo de velocidad se podría definir que es aquella velocidad que se mantiene constante a lo largo de un tramo, y esta se obtiene al dividir la distancia recorrida entre el tiempo en que se recorrió dicha distancia.

- Velocidad de punto:

Esta velocidad es aquella que lleva un vehículo cuando pasa por un punto en particular del camino.

Esta velocidad es utilizada para caminos pequeños en los cuales sus características de operación varían muy poco, la velocidad de operación se puede considerar representativa de la velocidad de operación, y para tramos largos, en donde la velocidad varía mucho la media aritmética de las velocidades de punto, se toman en sitios representativos de cada una de las velocidades, esto nos dará la velocidad de operación a lo largo de un tramo de carretera o camino.

1.7. Volumen de tránsito.

El volumen de tránsito es la cantidad o número de vehículos que se mueven en una o dos direcciones específicas sobre uno o más carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino o carretera en un periodo de tiempo.

Los periodos de tiempo que se utilizan son los siguientes:

a) Volumen promedio diario anual (VPDA): es el número de vehículos que transita por una carretera en un punto en específico durante un periodo de tiempo de un año y este número de vehículos se divide entre 365 días.

b) Volumen máximo horario anual (VMHA): es el volumen horario más alto que acontece para un determinado año.

El VMHA no será el más apropiado para el proyecto de un camino, este no indica las variaciones que se tendrán durante los diferentes meses del año, las semanas y horas del día.

Una de las formas más apropiadas para poder determinar el volumen horario es formar una gráfica que muestre las variaciones que hay en el volumen horario en un periodo de un año.

El volumen de tránsito se podrá obtener de estadísticas hacer un conteo directo del tránsito, esto se podrá realizar en forma manual o mecánica.

La forma manual es realizada por muestreos y se lleva a cabo en el periodo de tiempo de 5 a 10 días continuos, para el caso de que se realice durante 5 días únicamente se deberá de tomar en cuenta un fin de semana además de que se tomara en las 24 horas del día. En caso de optar por los 10 días se deberá de tomar las 24 horas en los primeros 5 días de muestreo y en los siguientes días se deberá de hacer de 7:00 am a 7:00 pm.

El conteo de forma mecánica se lleva a cabo poniendo en el pavimento un contador mecánico de tubo de gomas muy flexible instalado en el lugar.

Para llevar a cabo este tipo de conteo se recomienda el método manual, ya que con este se obtendrán datos precisos además de saber el tipo de vehículos que circularon y con el método mecánico se obtendrán resultados más variados debido a

que lo hace por ejes en este caso no se sabrá si el vehículo que paso fue un carro o un tráiler.

1.8. Densidad de tránsito.

La densidad de tránsito son la cantidad o número de vehículos que se encuentran en un espacio de terreno de la carretera en un momento determinado.

No debe confundirse la densidad de tránsito con el volumen de tránsito, éste como ya se vio anteriormente expresa la cantidad de vehículos que pasan por un tramo carretero en un tiempo determinado, de tal manera se puede poner como ejemplo un camino congestionado en el cual en un momento el volumen puede llegar a ser igual a cero por lo contrario la densidad será muy alta.

El volumen de tránsito = (velocidad) (densidad)

En esta fórmula podrá observar que la velocidad permanecerá constante mientras que la densidad va a variar, en teoría se dice que existe una relación lineal entre el volumen a la densidad, pero en realidad sabrá que, al aumentar el volumen de automóviles se disminuirá la velocidad con que pueden viajar los conductores por lo cual en la práctica esta relación no llega a ser lineal.

1.9. Derecho de vía.

Se llama derecho de vía al palmo de terreno que se otorga para desplantar o poder construir, al ancho que se otorga, y se tendrá que respetar este ancho. En México está establecido como derecho de vía un mínimo de 40 metros, lo que quiere

decir que se ocuparán 20 metros para cada lado de eje, reduciendo así el ancho de las calles en el paso por zona urbana.

Para poder obtener un derecho de vía, variará de acuerdo al tipo de camino que se desea construir, teniendo en cuenta la obtención de los fondos para su construcción, ya sea de cooperación bipartida, federales o cooperación tripartita.

Para el trámite de la documentación y pagos de las afectaciones se llevarán a cabo por medio de la dirección general de asuntos jurídicos, departamento de derechos de vía de la secretaría de obras públicas; comprobando con los documentos que se es el dueño de la propiedad y valuando las afectaciones con precios unitarios que están ya establecidos por la propia SCT.

1.10. Capacidad y nivel del servicio.

Hablar de capacidad del servicio se refiere a la medida de eficiencia que podrá tener un camino o calle. El nivel de servicio será determinado por las condiciones de operación que se tengan por un conductor durante el viaje, el nivel de servicio va a variar de acuerdo con el volumen de tránsito y de éste dependerá la capacidad del camino, que será uno de los niveles que pueda operar el camino.

La capacidad será medida como el número máximo de vehículos que podrán circular por el con las condiciones prevalecientes de tránsito y durante un periodo de tiempo dado.

El periodo de tiempo está considerado en las condiciones de la capacidad y deberá de ser determinado lo más exacto posible. Este periodo se deberá de hacer en lapsos cortos como podrán ser de una hora o menos. Cuando se consideran periodos muy largos, la capacidad dependerá de los conductores ya que estos crearan variaciones horario diario y estacional, se verá un promedio de volumen que arrojará como resultado la utilización total del camino cuando la demanda sea máxima.

El nivel de servicio será una medida cualitativa que dependerá de algunos factores como lo son: la velocidad, tiempo de recorrido, seguridad, comodidad, libertad de manejo, costos de operación entre otros. Estos son algunos de los factores más importantes que afectan las condiciones de operación y que se presentan con diferentes volúmenes de tránsito.

Un camino será hecho para operar en diferentes niveles de servicio, dependiendo del volumen y composición del tránsito, y de las velocidades máximas y mínimas que puedan alcanzarse.

1.11. Distancia de visibilidad de rebase.

Es una distancia que tendrá que ser la suficiente para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra por delante en su línea de circulación pero evitando encontrarse con otro vehículo que venga en sentido contrario.

La distancia de visibilidad de rebase se deberá de determinar en base a una longitud necesaria para poder llevar a cabo la maniobra con seguridad.

En aquellos caminos que están hechos con dos carriles normalmente los vehículos que transitan con mayor velocidad deberán de rebasar a los vehículos con menor velocidad debiendo invadir por un cierto periodo de tiempo el carril contrario por el que circulan los vehículos en el sentido contrario. Para hacer un rebase con seguridad de observar el conductor una distancia suficiente sin vehículos de modo tal que pueda completar la maniobra con toda seguridad y sin provocar ningún accidente.

1.12. Distancia de visibilidad de parada.

Esta distancia tendrá que ser la necesaria para que un vehículo que se mueve a la velocidad de proyecto pueda hacer la parada total o parcial de su vehículo antes de llegar a impactarse contra un objeto fijo que se encuentre en su línea de movimiento.

Para las condiciones de visibilidad de parada que el ojo humano está a 1.15 metros sobre el nivel del pavimento y que el objeto tenga una altura mínima de 15 metros.

La distancia de visibilidad de parada está comprendida por dos incisos:

- a) La distancia que requiere desde que se percibió un objeto en su línea de acción hasta que el conductor coloca su pie en el pedal de frenado.

- b) La distancia de frenado es aquella que tiene el vehículo desde el momento en que se está pisando el pedal de frenado hasta que el vehículo se detiene por completo.

De acuerdo con Olivera (2006) el alineamiento horizontal es la proyección del centro de una línea recta sobre un plano horizontal. Los elementos que la integran son: tangentes, curvas circulares y curvas de transición.

1.13. Curvas circulares.

Las curvas circulares son aquellas que son arcos de círculo, las cuales forman proyecciones horizontales que tienen como finalidad unir dos tangentes consecutivas para la formación de una curva circular, este tipo de curvas pueden ser simples o compuestas, el diseño de estas curvas deberá de cumplir con la seguridad necesaria y al mismo tiempo dependerá de las características de dicha curva (velocidad del proyecto, grado de curvatura, sobre-elevación, ampliación, visibilidad, entre otros aspectos).

1.13.1. Curva circular simple.

Son aquellas curvas las cuales tienen como función unir dos tangentes entre sí por medio una curva circular, esta será totalmente independiente del sentido en que se encuentre (derechos o izquierdos).

La siguiente figura muestra las partes de una curva circular simple:

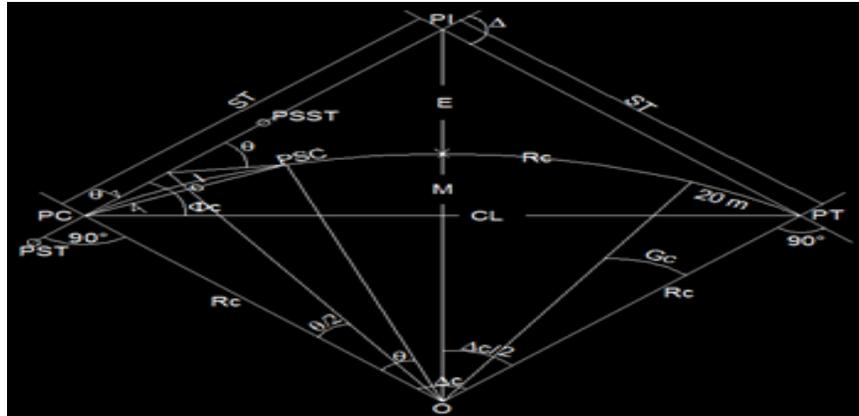


Figura 2.2. Curva Circular Simple.

Fuente: MPGC, SCT, 1991

En donde:

PI: Punto de intersección de las tangentes.

PC: Punto de comienzo.

PT: Punto de término.

PST: Punto sobre la tangente.

PSST: Punto sobre la subtangente.

PSC: Punto sobre la curva circular.

O: Centro de la curva circular.

Δ : Ángulo de flexión de las tangentes.

Δ_c : Ángulo central de la curva circular.

θ : Ángulo de deflexión a un PSC.

Φ : Ángulo de una cuerda cualquiera.

Φ_c : Ángulo de la cuerda larga.

G_c : Grado de curvatura.

R_c : Radio de la curva circular.

ST: Subtangente.

E: Externa.

M: Ordenada media.

C: Cuerda.

Cl: Cuerda larga.

I: Longitud de un arco.

I_c : Longitud de la curva circular.

- Grado de curvatura (G_c): es el ángulo con referencia en el centro el cual tendrá un desarrollo de 20 m en relación al radio de curvatura. Se obtendrá en función de la circunferencia:

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

- Radio de curvatura (R_c): es el radio que tiene la curva circular:

$$R_c = \frac{1145.91}{G_c}$$

- Ángulo central (D_c): es el ángulo obtenido por la curva circular. En las curvas circulares simples va a ser igual a la deflexión existente entre las dos tangentes.
- Longitud de la curva (I_c): es aquella longitud que existe desde el punto de comienzo (P_c) hasta el punto de término (P_t).

$$\frac{I_c}{2\pi R_c} = \frac{\Delta c}{360^\circ} \quad \therefore \quad I_c = \frac{\pi \Delta c}{180^\circ} R_c$$

Sustituyendo el radio de la curvatura circular en la expresión anterior se tiene que:

$$I_c = 20 \frac{\Delta c}{G_c}$$

- Subtangente (ST): es la distancia existente entre el punto de intersección de las tangentes (PI) y el punto de comienzo (PC) o el punto de término (PT). Del triángulo formado por el punto de intersección de las tangentes (PI) el centro de la curva circular (O) y el punto de término (PT) se tiene que:

$$ST = R_c \tan \frac{\Delta c}{2}$$

- Externa: es la distancia mínima que hay entre la curva y el punto de intersección de tangentes (PI), se podrá localizar dentro del triángulo formado por el punto de intersección de tangentes (PI), el centro de la curva circular (O) y el punto de término (PT):

$$E = R_c \operatorname{sen} \frac{\Delta c}{2} - R_c = \frac{R_c}{\cos \frac{\Delta c}{2}} - R_c$$

- Ordenada media (M): es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva, la cual se podrá localizar dentro del triángulo formado por el punto de intersección de las tangentes (PI), el centro de la curva circular (O) y el punto de término (PT):

$$M = Rc - Rc \cos \frac{\Delta}{2}$$

- Deflexión a un punto cualquiera de la curva (θ): es el ángulo que existe entre la prolongación de la tangente en el punto de comienzo (PC) y la tangente en el punto considerado:

$$\frac{\theta}{L} = \frac{Gc}{20} \quad \therefore \quad \theta = Gc \frac{L}{20}$$

- Cuerda (c): es la recta que se encuentra comprendida entre dos puntos de la curva. Estos puntos son el punto de comienzo (PC) y el punto de término (PT), dando como resultado la cuerda larga, comprendida dentro del triángulo formado por el punto de comienzo (PC), el centro de la curva circular (O) y el punto sobre la curva circular (PSC).

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

Y para la cuerda larga

$$CL = 2Rc \operatorname{sen} \frac{\Delta c}{2}$$

- Ángulo de la cuerda: es el ángulo existente entre la prolongación de la tangente y la cuerda considerada, se localiza dentro del triángulo formado por el punto de comienzo (PC), el centro de la curva circular (O) y el punto sobre la curva circular (PSC).

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

Sustituyendo θ

$$\phi = Gc \frac{L}{40}$$

Y para la cuerda larga

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

El principio de la curva (Pc) = PI – ST

El principio de la tangente (PT) = P_c – L_c

1.13.2. Curvas circulares compuestas.

Son el conjunto de curvas que se encuentran formadas por dos o más curvas circulares uniéndose en algún punto de la tangente, existen dos tipos de conjuntos de curvas, uno de ellos son aquellas en las que ambas curvas se encuentran orientadas al mismo lado pero estas tienen diferente radio de longitud este tipo de curvas son llamadas curva compuesta directa, pero si las curvas están orientadas en sentidos contrarios se les llamará curva compuesta inversa, este tipo de curvas tendrán un punto de unión (tangencia) al cual se le conoce como punto de curvatura compuesta.

En cualquier tipo de camino se deberá de evitar este tipo de curvaturas puesto que resulta ser muy peligroso los cambios de curvatura, y preferencialmente son variables para las intersecciones.

1.14. Sobreelevación.

Se llama sobreelevación a la pendiente transversal descendente la cual se encuentra localizada del centro de la corona hacia el centro de la curva, esta sobreelevación tiene la finalidad de reducir la fuerza centrífuga que llega a desarrollar un automóvil dentro de las curvas horizontales. En carreteras la volcadura de un automóvil y deslizamiento con frecuencia llegan a ocurrir en las curvas horizontales, este fenómeno se logra reducir dando una sobreelevación adecuada.

Para el cálculo de la sobreelevación la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) ha establecido la siguiente expresión:

$$S = \frac{V^2}{127R} - \mu$$

En donde:

S sobreelevación (en valor absoluto)

V velocidad de proyecto (km/h)

R radio de la curvatura (mts)

μ coeficiente de fricción lateral

Recientemente SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) informó que la fórmula anterior arroja resultados muy altos, lo que podría tener como consecuencia que los vehículos tengan deslizamiento en la curva por la cual se está circulando a una velocidad menor a la velocidad establecida en el proyecto, por lo tanto, se calcula de una manera proporcional el grado de curvatura, considerando el

tipo de carretera y tomando en cuenta el valor máximo será empleado en aquellos lugares que presenten heladas y tengan un porcentaje bajo de circulación de vehículos pesados. En aquellos lugares en los cuales hay un porcentaje alto de vehículos pesados pero no existen heladas o nevadas se usara un 10 % y en los lugares en los que existe heladas o nevadas frecuentes se deberá de utilizar el 8 % como valor máximo. Para efectos prácticos se utilizan algunas tablas.

1.15. Sobre-ancho de curvas.

El sobre-ancho de curvas es una ampliación que se realiza al pavimento sobre las curvas con relación de la tangente, las curvas horizontales son ampliadas en cantidad constante desde el punto de comienzo (PC) hasta el punto de termino (PT) y después de este disminuye gradualmente hasta llegar al ancho de la tangente, a esta longitud se lo conoce como transición.

En México la SCT ha desarrollado formulas empíricas para el cálculo del sobre-ancho del pavimento en las curvas horizontales, para tales cálculos se debe de tomar en cuenta algunos aspectos como son: velocidad de proyecto, tipo de vehículo, el grado de curvatura y el resultado de estas se expone en algunas tablas publicadas por la SCT las cuales son el resultado de la ampliación dadas por cada formula y dependiendo del tipo de camino, grado de curvatura y velocidad de proyecto.

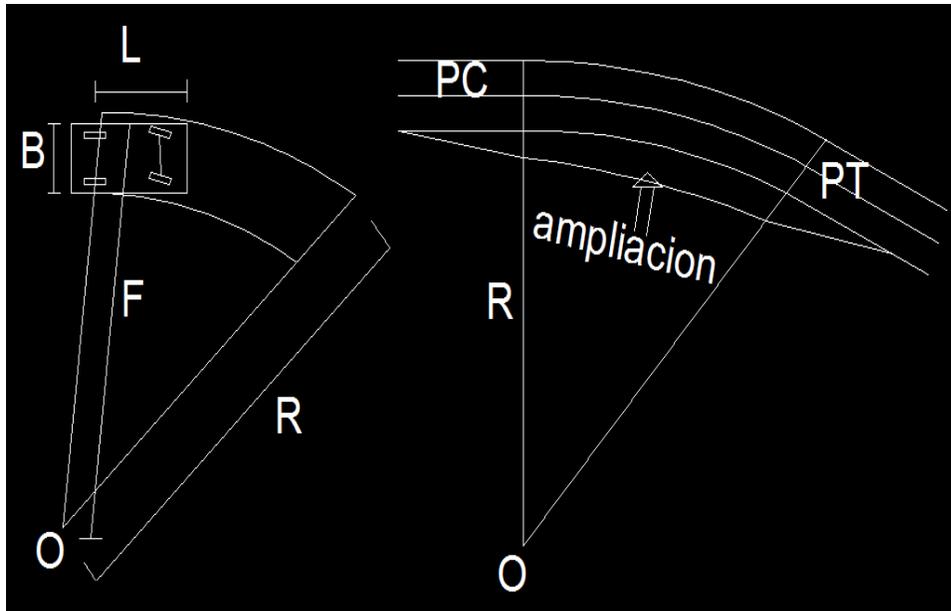


Figura 3.2. Ampliación de las curvas.

Fuente: Vías de comunicación (carreteras), Crespo, 1996.

$$a) X' = (R - \sqrt{R^2 - L^2} - L^2)N + \frac{0.10V}{\sqrt{R}}$$

$$b) X' = \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} + \frac{26.62}{R} \right) N$$

En donde:

X': sobre-ancho.

N: número de carriles.

R: radio (mts).

L: distancia del eje trasero a la defensa delantera (mts) usualmente se considera de 6mts.

V: velocidad de proyecto (km/h).

1.16. Distancia de visibilidad de parada en curvas horizontales.

En cualquier curva horizontal se deberá de satisfacer la necesidad de visibilidad, ya que si llegara a existir un objeto ubicado cerca de la línea interna del camino este podría obstruir la visibilidad haciendo que dicha curva llegue a ser peligrosa, claro ejemplo de obstáculo es el de los taludes, estos impiden que se tenga una visibilidad adecuada, para ello cuando llegue a existir un obstáculo en el lado interior de la curva, deberá existir una distancia “m” que deberá de haber entre el objeto y el eje del carril interior:

$$m = R'(1 - \cos \frac{G \cdot d_0}{20})$$

La SCT ha determinado en base a estudios realizados que la distancia mínima que se deberá de tener en curvas horizontales medida a lo largo del arco de la curva será:

$$2d_0$$

Siendo d_0 la distancia de visibilidad de parada.

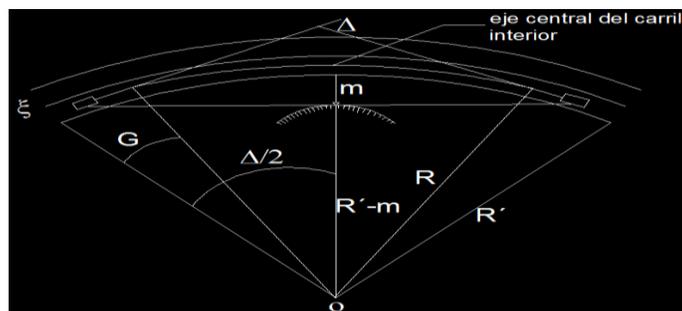


Figura 3.4. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

Fuente: Vías de comunicación (carreteras), Crespo, 1996.

1.17. Curvas verticales.

La curva vertical es un arco de parábola con el eje vertical el cual unirá dos tangentes, utilizada por lo general para pasar de una pendiente determinada a otra pendiente diferente y diseminadas para el mejor aprovechamiento de la topografía existente, existen dos casos de curvas verticales: el primero es conocido como curvas en cresta (la concavidad es hacia abajo), y el segundo caso son las curvas conocidas como en columpio (con la concavidad hacia arriba).

En la siguiente imagen se podrán apreciar los diferentes tipos de curvas verticales:

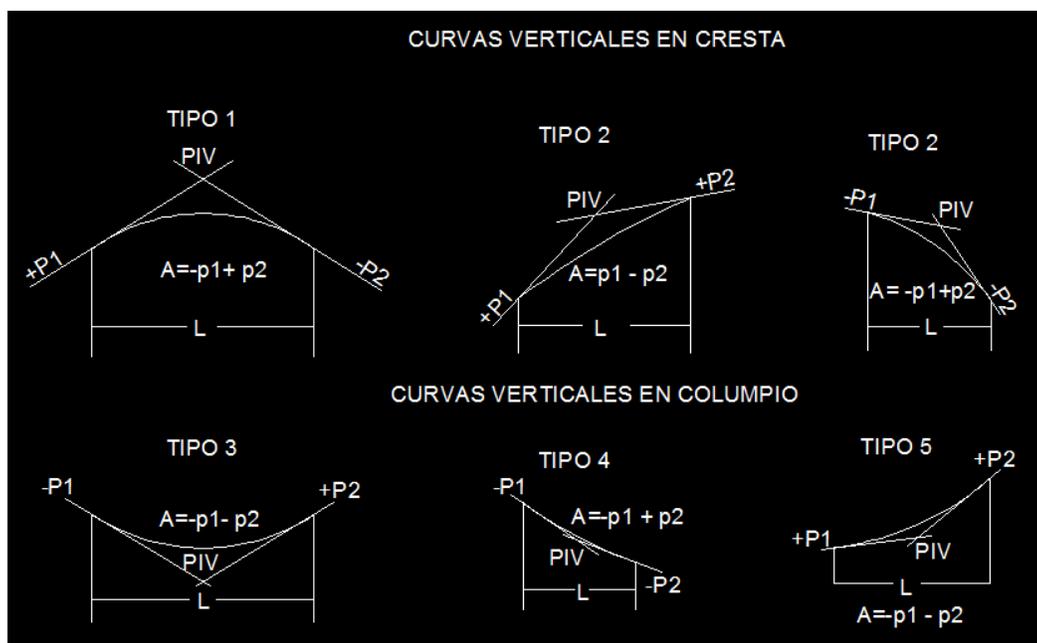


Figura 3.8. Tipos de curvas verticales.

Fuente: MPGC, SCT, 1991.

En donde:

P1: pendiente de entrada.

P2: pendiente de salida.

A: diferencia de pendientes.

L: longitud de la curva.

K: variación de longitud por unidad de pendiente $K = \frac{L}{A}$

Será importante resaltar la aclaración que hace la SCT (secretaría de comunicaciones y transportes) y algunos otros autores, la cual señala que únicamente se deberá proyectar aquella curva vertical la cual tenga una diferencia algebraica entre dos pendientes mayor a 0.5 %, ya que si esta fuera menor o igual a lo anteriormente mencionado no se deberá de proyectar, ya que en el proceso constructivo se perderá.

1.17.1. Distancia de visibilidad en curvas verticales.

En las curvas verticales será necesario tener una buena visibilidad dentro de la curva para que cualquier conductor que circule por la curva pueda ver de manera continua lo que está delante de él dentro de una distancia razonable, para de este modo poder llegar a tomar una decisión adecuada y oportunamente. Esta distancia se le conoce como distancia de parada.

La distancia de parada se compone de dos elementos: la distancia recorrida y la distancia de frenado:

$$d_0 = D_r + D_f$$

$$D_r = \frac{V \cdot t}{3.6}$$

$$D_f = \frac{V^2}{254(f \pm l)}$$

En donde:

d_0 : distancia de parada (mts).

V : velocidad de proyecto (km/h).

f : coeficiente de fricción (variara entre 0.2 a 0.9, es recomendable 0.4)

t : tiempo de percepción y reacción del conductor (de 1 a 2.5 seg)

La pendiente en las formulas anteriormente mencionadas deberán de ser usadas de manera fraccional y la convección de los signos en l será de (+) para subir y (-) para bajar.

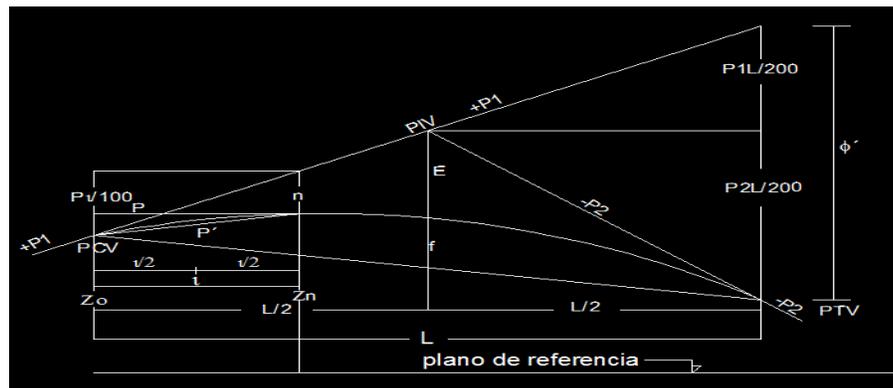


Figura 4.1. Elementos de una curva vertical.

Fuente: MPGC, SCT, 1991.

En donde:

PIV: punto de intersección de las tangentes.

PCV: punto en donde comienza la curva vertical.

PTV: punto en donde termina la curva vertical (inicio de la tangente).

n : punto cualquiera sobre la curva.

P1: pendiente de entrada de la tangente en por ciento.

P2: pendiente de salida de la tangente en por ciento.

P: pendiente en un punto cualquiera de la curva en por ciento.

P': pendiente de la cuerda a un punto cualquiera en por ciento.

A: diferencia algebraica entre las pendientes de tangente de entrada y salida.

L: longitud de la curva.

E: externa.

f : flecha.

ι : longitud de la curva aun punto cualquiera.

t : desviación respecto a la tangente de un punto cualquiera.

K: variación de longitud por unidad de pendiente, $K = \frac{L}{A}$

Z_0 : elevación del PCV.

Z_n : elevación de un punto cualquiera.

1. Longitud. Es aquella distancia que se mide horizontalmente entre el punto en donde comienza la curva vertical (PCV) y el punto en donde termina la curva vertical (PTV). La SCT menciona cuatro criterios para el cálculo de la longitud: de comodidad, de apariencia, drenaje y seguridad, siendo el más importante e indispensable el de seguridad para cualquier proyecto, es por eso que la longitud se calculara en virtud a la seguridad, por eso se presentan las siguientes gráficas que cumplen este criterio:

(GRAFICAS DE PAG. 114)

La longitud mínima en curvas verticales en forma de cresta va a estar en función de la visibilidad de parada, y se presentan dos casos:

a). Cuando $d_0 > L$ (la distancia de visibilidad es mayor que la longitud de curva). La longitud mínima va a ser:

$$L = 2d_0 - \frac{200(\sqrt{h} + \sqrt{h})^2}{p}$$

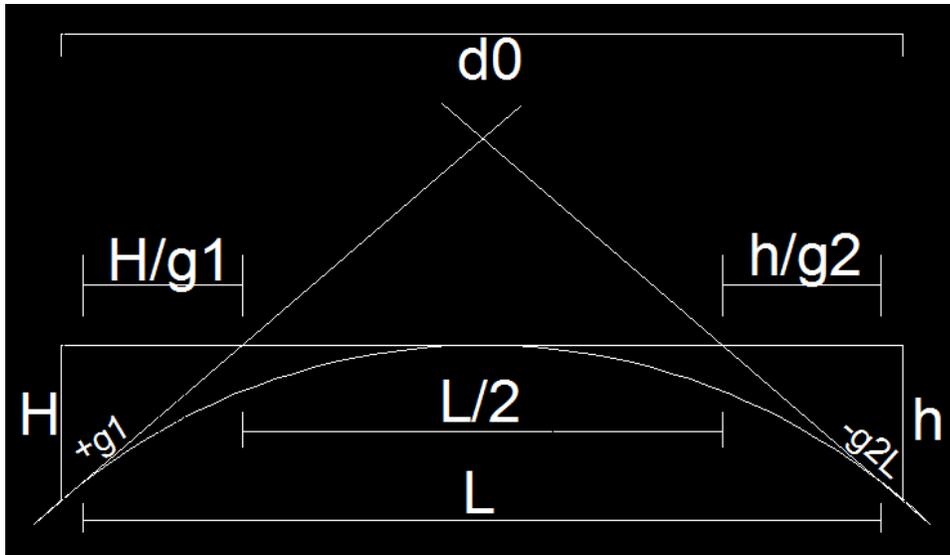


Figura 4.2. Curva vertical en cresta.

Fuente: Vías de comunicación, Crespo, 1996.

b). Cuando $d_0 < L$ (la distancia de visibilidad es menor a la longitud de la curva). La longitud mínima será:

$$L = p \frac{d_0^2}{200(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}$$

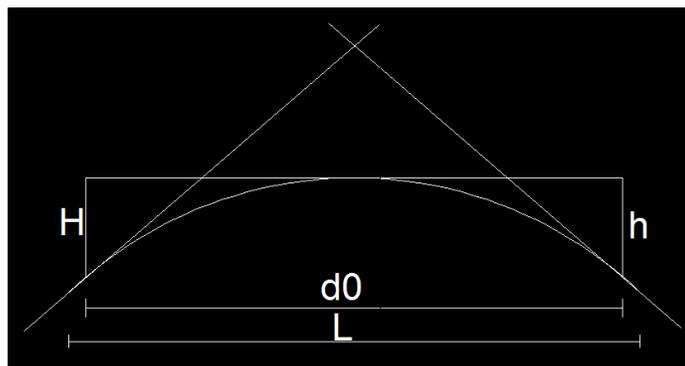


Figura 5.8. Curva vertical en cresta.

Fuente: Vías de comunicación, Crespo, 1996.

En ambos casos los elementos que componen a la curva son:

L : longitud mínima de la curva (mts).

d_0 : distancia mínima de visibilidad de parada (mts).

p : diferencia algebraica de pendientes (% o decimal).

H : altura de el ojo del conductor sobre la calzada (mts, actualmente se considera de $H=1.14$ mts).

h : altura del objeto (mts, actualmente es considerada de $h= 0.15$ mts).

La longitud mínima que tendrá una curva en columpio estará en función de la visibilidad de parada y será vinculada con la condición de visibilidad nocturna, se proponen dos condiciones:

a). La distancia de visibilidad es mayor que la longitud de la curva $d_0 > L$, por lo tanto la longitud mínima es:

$$L = 2d_0 - \frac{H + d_0 \tan \alpha}{p}$$

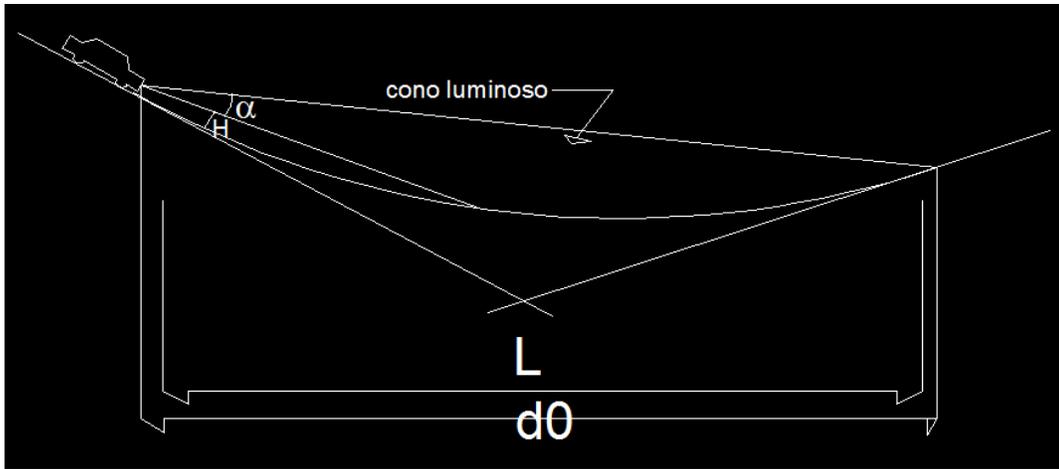


Figura 9.9. Curva vertical en columpio.

Fuente: Vías de comunicación, Crespo, 1996.

b). Cuando la distancia de visibilidad es menor que la longitud de la curva, $d_0 < L$, la longitud mínima será expresada como sigue:

$$L = p \frac{pd_0^2}{200(H + d_0 + \tan \alpha)^2}$$

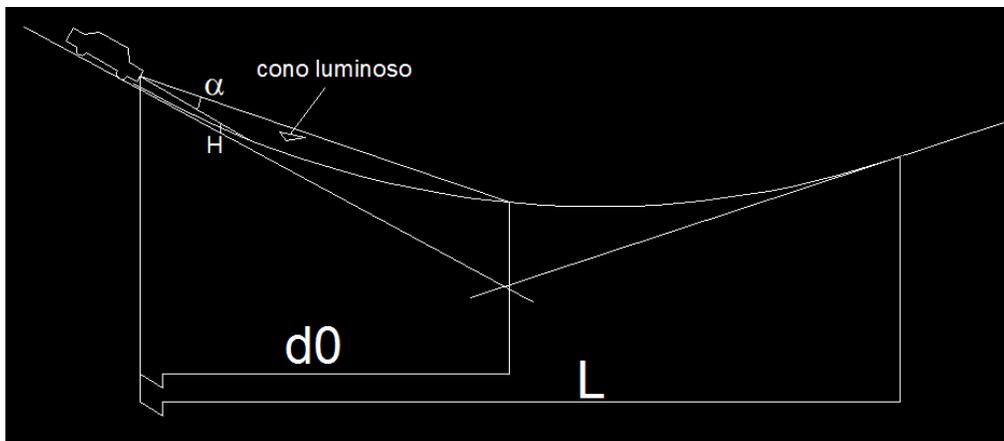


Figura 10.1. Curva vertical en columpio.

Fuente: Vías de comunicación, Crespo, 1996.

En donde:

H: será la altura al centro de los faros sobre el pavimento, actualmente es considerado de 0.60 m.

α : ángulo existente en los rayos del cono luminoso del faro del automóvil, suele usarse 1°.

Existen varios métodos para el trazo de curvas verticales, una forma simple de hacer la proyección es la siguiente: sabiendo que las curvas verticales son parábolas, calculadas con la fórmula $Y = K \cdot X^2$ y la constante $K = \frac{p}{10L}$. Se conoce como el método del cuadrado de ecuaciones.

En donde:

Y: es la ordenada de la curva vertical, considerada en relación con la tangente de la curva en la estación correspondiente. Este tipo de ordenadas son restadas de las cotas de las tangentes si la curva está en cima y se adicionan si la curva está en columpio.

α : diferencia algebraica de pendientes.

L: longitud de la curva vertical en intervalos de 20 mts.

X: número de orden que le corresponderá a cada estación para la cual se calculará la ordenada Y.

2. Pendiente en un punto cualquiera de la curva: comenzará con la propiedad de la variación de la parábola a lo largo de esta con respecto a su longitud.

$$P = P1 - \frac{AE}{L}$$

En donde:

P, P1 y A: están expresados en por ciento y £ y L estarán en metros.

3. Pendiente de la curva en un punto cualquiera (P'): la pendiente de una cuerda será el promedio de las pendientes de las tangentes a la parábola en los puntos extremos de la cuerda.

$$P' = P1 - \frac{Al}{2L}$$

4. Desviación respecto a la tangente: va a ser la diferencia de las ordenadas entre la prolongación de la tangente y de t.

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

5. Externa (E): es la distancia que existe entre el punto de intersección de las tangentes (PIV) y la curva.

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

6. Flecha: es la distancia existente entre la curva y la cuerda [punto donde comienza la curva vertical (PCV) y el punto en donde termina la curva vertical (PTV)].

$$f = P2 \frac{L}{200} - E - p = \frac{P2L}{200} - \frac{AL}{800} - p$$

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

Como se puede ver se tiene que $f = E$

7. Elevación de un punto cualquiera de la curva (Z_n):

$$Z_n = Z_{n-1} + \frac{P1}{5} - \frac{A}{10N} (2n - 1)$$

1.18. Mecánica de suelos.

1.18.1. Suelos, origen y formación.

De acuerdo con Juárez Badillo (2006) los suelos están formados por partículas de minerales que han tenido que degradarse por miles de años, estos se forman por la descomposición de las rocas por lo que en la formación del mismo quedan vacíos que pudieran llegar a ser ocupados o no por agua.

La mecánica de los suelos, es una rama de la ingeniería civil que se enfoca al estudio y aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica que trata con los sedimentos y algunas otras acumulaciones no muy considerables de partículas que tengan material orgánico.

En los suelos se podrá distinguir 3 fases principales:

- c) Sólida.
- d) Líquida.
- e) Gaseosa.

La fase sólida es aquella que está conformada por las partículas minerales de las rocas o el suelo (incluyendo la fase sólida adsorbida). La fase líquida está compuesta principalmente por agua (libre específicamente) ya que en los suelos pudiera existir algún otro tipo de líquido aunque este llegue a ser de menor significación. La fase gaseosa está compuesta por aire, si bien puede estar presente en otro tipo de gases.

En los suelos a la fase comprendida entre la fase líquida y gaseosa suele comprenderse en el volumen de vacíos, mientras que a la fase sólida se le constituye en la fase de los sólidos.

Los procesos que dan lugar a la alteración de las rocas son dos, la desintegración mecánica y la descomposición química, las cuales se mencionaran en seguida con sus principales causas:

a) Desintegración mecánica:

- Congelación del agua (efecto de cuña al aumentar el volumen del agua)
- Efectos de la gravedad (taludes, derrumbes, etcétera)
- Cambios de temperatura
- Esfuerzos tectónicos
- Efectos telúricos (sismos terremotos, etcétera)
- Efectos de los organismos (raíces, roedores, bichos, etcétera)
- Efectos abrasivos del viento y del agua

b) Descomposición química:

Esta descomposición se lleva a cabo por medio de la presencia de agua a en ocasiones de otro tipo de sustancias naturales, lo que da lugar, por lo general a los suelos finos.

Las rocas conocidas como ígneas y silíceas en general contienen feldespato, propio del granito, lo cual al descomponerse llega a producir un suelo arcilloso.

Los suelos se han llegado a clasificar en dos tipos de suelos, los suelos transportados y los suelos residuales. Los suelos residuales son aquel tipo de suelo que se encuentra en el lugar en el cual se ha formado es decir que nunca se ha movido de su lugar, mientras que por el otro lado los suelos transportados son aquellos suelos que su origen no es en el que se encuentran en la actualidad sino que fueron llevados o transportados hasta su nuevo lugar de origen, siendo los principales transportes el viento, el agua, los glaciares, la gravedad, etcétera.

1.18.2. Relaciones volumétricas y gravimétricas.

Al observar un suelo a simple vista se podría definir como un sistema de partículas en el cual hay espacios y cuyos espacios pueden estar o no ocupados por agua. Ahora bien, para poder identificar un suelo, así como para poder predecir su comportamiento mecánico y facilitar la solución de problemas, se han establecido relaciones entre peso y volumen, en donde se ha acostumbrado a idealizar el suelo como sigue:

V_m = volumen total de la masa o muestra

V_v = volumen de vacíos en la muestra

V_a = volumen de vacíos

V_w = volumen de líquidos

V_s = volumen de sólidos

W_m = peso de la masa o muestra

W_a = peso de vacíos

W_w = peso del agua

W_s = peso de sólidos

1.18.3. Granulometría de los suelos.

La granulometría es la parte de la mecánica de suelos que estudia lo referente a las diferentes formas y distribución de los tamaños de las partículas que constituyen a un suelo. Los suelos en la naturaleza se van a encontrar en gravas, arenas, limos y arcillas.

El análisis o medición de las partículas de los suelos se puede efectuar de las siguientes maneras:

a) Análisis directo: este tipo de medición se puede hacer a las partículas del suelo, que sean mayores de 3 pulgadas de tamaño con aparatos de precisión manual.

b) Medición con mallas: este tipo de análisis se hace principalmente en suelos gruesos, su principio consiste en ordenar las mallas en orden descendente, se coloca el suelo seco en un juego de mallas agitándolas en forma horizontal o vertical en un tiempo de 5 a 10 minutos, una vez hecho esto se pesa la cantidad de suelo retenido en cada malla para después calcular el porcentaje retenido por cada malla y comparándolo con respecto al total de la cantidad total puesta.

c) Granulometría por lavado: este procedimiento es para clasificar a los suelos finos, llevando el suelo a lavado por la malla N0 200.

La forma en que se ponen las mallas van de ser la mayor de 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" malla No 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200.

El material fino será aquel que pase por la malla número 200.

Se conoce como estructura de un suelo a su ubicación, arreglo y orientación, también pueden ser gruesos o finos cuyos tamaños se mencionan en la siguiente tabla:

Nombre	límite del tamaño
Boleo	305 mm (12 pulg) o mayores menor a un balón de básquetbol
Canto rodado	76 mm (3 pulg) a 305 mm (12 pulg) toronja
Grava gruesa	19 mm (3/4 pulg) a 76 mm (3 pulg) limón o toronja
Grava fina	4.76 mm (tamiz No 4) a 19 mm (3/4 pulg) chícharo o uva
Arena gruesa	2 mm (tamiz No 10) a 4.76 mm (tamiz No 4) sal mineral
Arena mediana	0.42 mm (tamiz No 40) a 22 mm ((tamiz No 10) azúcar - sal mesa
Arena fina	0.074 mm (tamiz No 200) a 0.42 mm (tamiz No 40) azúcar en polvo
Finos	menores que 0.074 mm (tamiz No 200)

Tabla número 1.2.- Tipo y tamaño de los suelos.

Fuente: Comportamiento de suelos cuaderno de trabajo.

Una vez que se han tomado las mediciones correspondientes se prosigue a hacer la curva granulométrica.

1.19. Curva granulométrica.

La curva granulométrica es una distribución de granulométrica que indica la distribución que tiene un suelo en cuanto a gruesos o finos, lo bien o mal graduado que ésta. La curva granulométrica se dibuja en referencia a los porcentajes que se tienen poniéndolas en el eje de las ordenadas y las partículas en el eje de las abscisas.

Si el suelo está bien graduado se tendrá un porcentaje uniforme en cuanto a los tamaños

Pero si el suelo está al graduado se podrá observar que hay ausencia de tamaños intermedios.

1.19.1. Graduación de un suelo.

Una vez hecha la curva de distribución granulométrica se podrán obtener 2 datos importantes los cuales son indicadores que caracterizan un suelo:

a) Coeficiente de uniformidad $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

b) Coeficiente de curvatura $Cc = \frac{(D_{30})}{(D_{10})(D_{60})}$

D10 es el diámetro efectivo, este diámetro corresponde a las partículas cuyo tamaño será mayor o igual que el 10 % en peso total de partículas de un suelo.

D30 es el diámetro de las partículas el cual su tamaño es mayor o igual al 30 % en peso total de las partículas.

D60 es el diámetro de las partículas el cual su tamaño es mayor o igual al 60 % en peso total de las partículas.

1.19.2. Descripción de un Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Por medio del SUCS se podrá clasificar un suelo de acuerdo al tamaño de sus partículas, según el SUCS un suelo será grueso si más del 5 % de sus partículas (en peso) son gruesas y será suelo fino si más del 50 % de sus partículas en peso pasan por las mallas ya mencionadas anteriormente.

Las gravas y arenas se llegaron a clasificar dependiendo de las características de limpieza y graduación de porcentaje de finos.

Símbolo	Características de limpieza
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

Tabla 1.3.- Símbolos de los suelos

Fuente: Comportamiento de suelos cuaderno de trabajo.

También se tendrá dentro del SUCS dos letras que representan a cada grupo de los suelos más típicos:

G (gravel) gravas

S (sand) arenas y suelos arenosos

Con los símbolos ya vistos precedidos de la grava o arena darán lugar a los grupos que a continuación se mencionan:

GW y SW suelos bien graduados con pocos finos o bien limpios (finos menores al 5 % en peso).

Para arena $C_u > 6$ y C_c entre 1 y 3

Para grava $C_u > 4$ y C_c entre 1 y 3

GP y SP suelos mal graduados no cumplen los requisitos antes mencionados.

GM y SM porcentaje e finos mayores al 12 % $I_p < 4$

GC y SC porcentaje de finos mayores al 12 % $I_p > 7$

I_p = índice de plasticidad

El SUCS consideró que los suelos deberían de estar formados por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio parecido a este se dividió a los suelos gruesos de la siguiente manera:

símbolo genérico	material
M (limo)	limos orgánicos
C (clay)	arcillas orgánicas
O (organic)	limos y arcillas orgánicas

Tabla 1.4.- Tipo de suelos

Fuente: Comportamiento de suelos cuaderno de trabajo.

1.20. Plasticidad de los suelos.

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad que tiene un material de soportar deformaciones sin tener un rebote elástico, sin que exista variación volumétrica apreciable y llegar a desmoronarse o agrietarse. Para esto se tienen pruebas, las pruebas que a continuación se mencionaran:

Límite líquido (LL): con este límite se medirá el contenido de agua que contiene un suelo fino para el cual se tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr/cm². Este valor se determinara en laboratorio utilizando el método conocido como copa de casa grande (este es un método empírico).

Este método consiste en poner sobre una copa una mezcla homogénea de material y después enrasarlo, para después hacer una ranura con un ranurador, después se levanta la coa y se dejara caer repetidamente hasta que la ranura cierre, se deberán contar los golpes con la cual la ranura cerro para ir anotando lo datos correspondientes.

Límite plástico (LP): en este límite se medirá el contenido de agua según el cual el suelo comenzara a perder sus propiedades plastias para pasar a un estado semisólido. Este valor se determinará en laboratorio, se colocará 1 cm³ aproximadamente, de material haciendo la mezcla agua-suelo, sobre un vidrio pulido para después formar rollos de 3 mm hasta que se comiencen a agrietar.

Límite de contracción (LC): cuando el suelo pierde agua el suelo tiende a disminuir su volumen, esto se debe principalmente a las fuerzas de tensión capilar que son producidas por fuerzas intersticiales (huecos), mientras más grande sea el límite líquido este será más compresible.

También se tendrá como ayuda la carta de plasticidad, que mostrara las características del comportamiento de los suelos, dentro de esta carta se han agrupado los suelos formando un símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas:

símbolo	significado
M	limos orgánicos
C	arcillas inorgánicas
O	limos y arcillas orgánicas

Tabla 1.5.- Símbolos de los suelos

Fuente: Comportamiento de suelos cuaderno de trabajo.

Estos grupos a su vez tendrán la siguiente división:

Si el $L.L < 50 \%$ el suelo será de mediana a baja compresibilidad "L" (Low Compresibility).

Si el $L.L > 50 \%$ el suelo será de alta compresibilidad "H" (High compresibility).

De acuerdo con Carlos Arias Rivera (1996) se tendrán los siguientes grupos:

CL y CH arcillas inorgánicas

CL $L.L < 50\%$ $L.P > 7$

CH $L.L > 50 \%$

ML y MH

ML $L.L < 50 \%$ $L.P < 4$

MH $L.L > 50 \%$

OL y OH estos son suelos de tipo inorgánico

CAPÍTULO 2

DRENAJE EN VÍAS TERRESTRES

En el presente capítulo se abordan los temas relacionados con el drenaje en vías terrestres, tales como: la definición del problema que genera el agua en las carreteras, las condiciones hidrológicas que se aplican en el estudio del drenaje, la clasificación de los drenajes como lo son: drenaje longitudinal en el cual se verán las cunetas, contracunetas, canales de encauzamiento, bombeo, vados, el proyecto estructural, y en el drenaje transversal se encontraran las alcantarillas, tubos, bóvedas, losas sobre estribos, cajones, el proyecto de una alcantarilla, la ubicación de la obra, el diseño hidráulico y la elección del tipo de obra.

2.1. Importancia del drenaje en la carretera.

De acuerdo con Fernando Olivera (2006), en los caminos uno de los mayores problemas es el agua, ya que por lo general disminuye la resistencia de los suelos, dando así fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Esto ha obligado a construir el drenaje más adecuado para cada tipo de carretera para alejar el agua en la menor brevedad de tiempo posible y que sea de forma eficiente logrando con esto que el agua se aleje con la mayor rapidez posible.

Con lo anterior se podría deducir que en los caminos un buen drenaje se va a convertir en el alma del mismo, ya que este va a permitir el correcto uso y se podrá evitar que allá desgaste por el agua.

Los drenajes artificiales se puede decir que es aquella obra que va a servir para capturar, conducir y desalojar el agua de un camino para así evitar todo tipo de problemas que éste trae.

Este tipo de drenaje va a ser muy útil en caminos con poco tránsito que no cuenten con su superficie de rodamiento adecuada, que no esté revestida o que sea impermeable y en que sus materiales están completamente expuestos al agua. Por esto para construir este tipo de caminos o cualquier tipo de vía terrestre se requiere de un estudio muy cuidadoso del tipo de drenaje; y aquellos ingenieros que las construyen deben de tener amplios conocimientos en este tipo de materia, con el fin de que las obras sean seguras y cumplan con el objetivo para el cual se están diseñando.

Al construir un camino, por lo general se corta el escurrimiento natural del agua, por lo que el proyectista se encargará de permitir el paso sólo en lugares en donde él lo decida, de esta forma se alejara el agua lo más pronto posible.

De esta manera el agua que antes corría libremente por donde ahora va a ser nuestro camino se construyen obras de captación y conducción para llevarla así al lugar más adecuado lejos del camino sin dañar la zona de rodamiento.

Por otro lado, se tiene que las características de las cuencas se alteran al construir un camino, porque se modifica del uso de la tierra al proporcionar el desarrollo económico en una zona de influencia. De esta manera en un área boscosa se llevan a cabo desmontes que alteran la rapidez de concentración del agua, lo que

aumenta la erosión de la cuenca y provoca la acumulación de azolves aguas abajo que al final modifica todo hasta el régimen pluviométrico.

El estudio del drenaje se deberá de iniciar con la elección de la ruta por la que se tengan menos problemas de escurrimiento, ya que con esto el agua se infiltrará a el subsuelo, esto aflojará o reblandecerá los taludes y la cama del camino provocando inestabilidad e inseguridad, por ello será necesario cortar los fluidos o profundizar el nivel de las aguas friáticas.

Si desde que se está en la etapa de la elección de las zonas por donde va a pasar el camino no se eligen adecuadamente se tendrán problemas durante la vida del camino aumentando así los costos de su conservación. Por ello aunque las longitudes del camino sean cortas será necesario reconocer a pie o en el lomo de un animal el tipo de suelo que se tiene en el lugar y las condiciones, ahora que si el camino ya es de distancias muy considerables será necesario el uso de la fotogrametría o fotos aéreas, ya sea para la construcción o rehabilitación de un camino, se podría decir que gran parte del éxito de un camino dependerá de la buena elección la ruta.

El estudio y diseño completo del drenaje se llevará a cabo en el anteproyecto o el proyecto definitivo, los efectos de una mala elección de ruta se verán reflejados tanto en estas etapas como después, en la operación y construcción del camino.

2.2. Consideraciones hidrológicas aplicables al estudio del drenaje.

Los factores que alteran el escurrimiento del agua son los siguientes:

- Cantidad de precipitación
- Tipo de precipitación
- Tamaño de la cuenca
- Declive superficial
- Permeabilidad de suelos y rocas
- Condiciones de saturación
- Cantidad y tipo de vegetación

Con la cantidad y tipo de precipitación se deberá tener en cuenta la cantidad de agua anual que cae y si lo hace en forma de aguacero o de lluvia fina por periodos largos.

Es muy importante conocer el tamaño del área que se va a drenar ya que un aguacero podría abarcar la totalidad de la pequeña cuenca. También será importante la pendiente de la cuenca ya que se concentrara con mayor rapidez si las pendientes son muy grandes y la topografía permite cauces más directos.

Si la permeabilidad del suelo y roca es grande por la causa de la formación geológica (estratigrafía, fracturación, etc.) así será menor el escurrimiento ya que una buena parte del agua se infiltrara. Por lo contrario en los suelos que tienen una saturación muy alta o una cubierta de pastizales cerrada el escurrimiento es mayor aunque más lento al final.

2.3. Clasificación del drenaje.

El drenaje artificial se clasifica según su posición en el terreno, pudiendo ser superficial o subterráneo, esto va a depender de si el agua que escurre lo hace por las capas de la corteza terrestre o no. El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal, dependiendo de la posición que éste guarde con el eje del camino.

El drenaje longitudinal tendrá por objeto el capturar los escurrimientos evitando así que lleguen al camino o permanezca mucho tiempo sobre él, y llegue a causar desperfectos. En este tipo de drenaje se tienen las cunetas, contracunetas, bordillos, y canales de encauzamiento. Se les ha denominado drenaje longitudinal porque se colocan casi paralelos al eje del camino.

El drenaje transversal es aquel que da paso al agua cruzándola de un lado a otro del camino, o bien, retirándola lo más rápido posible de la corona, este tipo de drenaje también se conoce como tubos, losas, cajones, bóvedas, lavaderos, vados, sifones invertidos, puentes y bombeo de la corona.

Según las dimensiones del claro de las obras del drenaje transversal, se ha podido dividir el drenaje en mayor y menor. El drenaje mayor requerirá obras de mayor claro o superior a 6 metros. A las obras de drenaje mayor se les ha llamado puentes y al drenaje menor alcantarillas.

2.4. Drenaje longitudinal.

2.4.1. Cunetas.

Las cunetas se hacen a los lados de la cama del camino en forma de canales, cuya función va a ser capturar el agua que escurre de la corona, de los cortes del talud y del terreno natural contiguo, para ser conducida hacia una corriente natural o en su defecto a una obra transversal y así desalojarla lo más pronto posible de la zona de rodamiento del camino.

En este tipo de drenaje es necesario calcular el área hidráulica además de las características del área que se desea drenar. En la mayor parte de los casos es considerada suficiente la utilización de una sección transversal triangular con una profundidad aproximada de 33 cm, un ancho de 1 metro y taludes, del lado de la corona de 3:1 y, del lado de corte, el que le sea correspondiente dependiendo del material que se encuentre en el lugar. La longitud de una cuneta no debe exceder de los 250 metros; si se sobre pasa esta longitud se deberá de construir una obra de alivio que permita reducir esa longitud al captar y conducir el caudal de la cuneta aguas abajo o fuera del camino.

También se han llegado a utilizar secciones en forma rectangular y trapezoidal, pero, por lo general, cuando son en caminos muy estrechos llegan a ser inestables provocando inseguridad y molestias a los pasajeros cuando llegan a caer en ellas.

Por todo lo mencionado anteriormente, se llega a usar la sección triangular, que llega a ser más fácil de conservar con equipo mecánico. Con el fin de evitar que

el agua se salga de la cuneta cuando el camino llega a ser quebrado o que se produzca un azolve en los caminos de pendiente longitudinal, se debe de procurar que no existan cambios de velocidad, lo cual se provoca con cambios de sección y transiciones adecuadas.

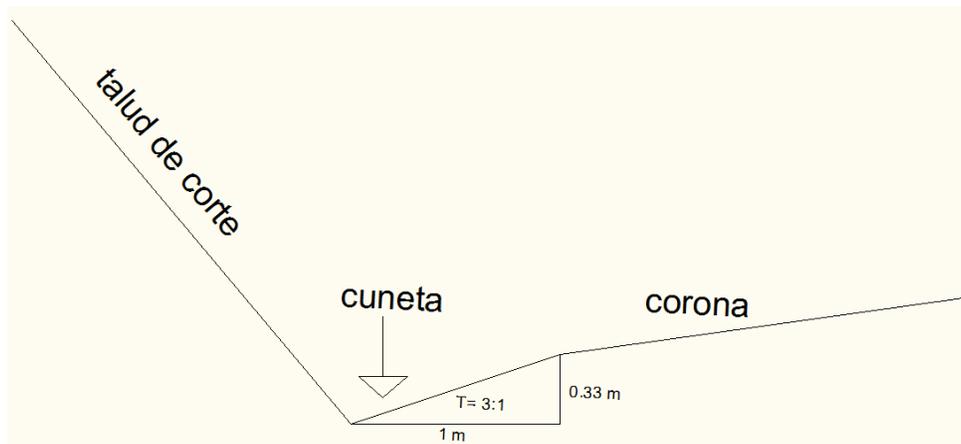


Figura 2.1.- Sección típica de una cuneta.

Fuente: Estructuración de vías terrestres (2006),

Cuando el material de la cuneta es erosionable será necesario reducir la velocidad del agua, esto se logrará reduciendo la pendiente de la cuneta y provocando caídas para que el fondo de la cuneta se encuentre siempre por debajo de la subrasante, o bien, aumenta la sección del canal y, por lo general, se encuentra revestida.

Cuando aunado a las cunetas se encuentran obras de alivio, por lo general es necesario construir algunas otras obras auxiliares, tales como simples muros interceptores que se construyen dentro de la sección de la cuneta o los cajones de entrada con desarenadores, que son más recomendables y ventajosos.

En los cajones de entrada con desarenador, el agua que pasa sobre la cuneta cae primero sobre la caja antes de llegar a la alcantarilla, la cual, un nivel más abajo de la alcantarilla, tendrá un depósito desarenador el cual tendrá el propósito de retener, por sedimentación, todo aquello que arrastra la corriente de agua que es conducida por la cuneta.

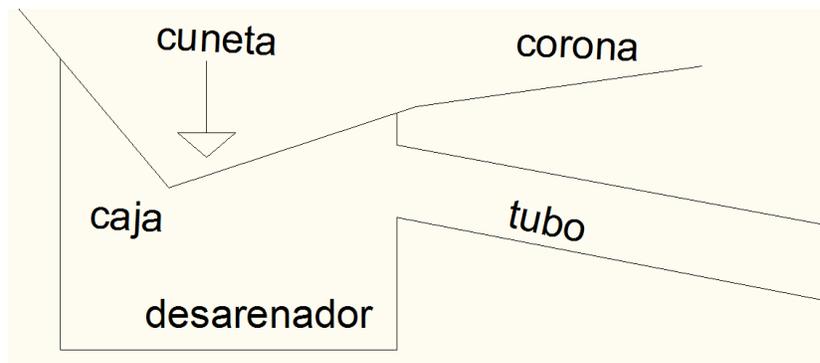


Figura 2.2.- Describe: sección de obra de alivio para desalojar lateralmente el caudal de una cuneta muy larga.

Fuete: Estructuración de vías terrestres (2006).

Este tipo de obras son de gran importancia para el buen funcionamiento y desempeño del camino, por lo que se debe tener especial cuidado en construirlas con la sección completa y que no vaya a azolvar con arrastres o derrumbes que tengan los taludes adyacentes durante su operación. Esto requerirá de una conservación constante.

2.4.2. Contracunetas.

Las contracunetas son zanjas que se construyen sobre el cerro o los cortes, con la finalidad de capturar el agua que escurre por la ladera y de esta manera ser conducida hacia alguna cañada inmediata o alguna parte baja del terreno; de esta manera se podrá evitar que el agua que corre sobre los taludes los erosione y por esta razón sea mayor el caudal de las cunetas.

Las contracunetas no siempre van a traer beneficios, también existe un alto porcentaje de fallas en los taludes de red nacional, esto se debe por la mala calidad de los materiales o por una mala localización, a tal grado que los especialistas se han inclinado a recomendar que no se construyan sistemáticamente contracunetas en las zonas en donde existan cortes, ya que por lo general se obtienen más daños que beneficios con este tipo de obras. Lo anterior sólo aplica cuando las contracunetas no se construyen de manera adecuada, es decir, que no son impermeabilizadas y, por lo tanto, el agua se infiltra aflojando el talud y provocando los derrumbes.

En los caminos de bajo tránsito, por lo general, los cortes son de poca altura, por lo que la erosión de los taludes tal vez no sea un problema grave.

Así, cuando se construyen contracunetas se debe tomar en cuenta que su principal función va a ser que el caudal de las cunetas no aumente, pues si esto llegara a suceder se podría humedecer la terracería, lo que provocaría una ineficiencia en la capa de revestimiento y se podría llegar a interrumpir el tránsito, lo

que va en contra del criterio general del diseño, el cual es lograr que un camino sea seguro y transitable durante todo el año.

Es preciso considerar las contracunetas como obras que forman parte de los elementos que cuidarán del camino, con el fin de que no se vuelva un elemento destructor, en el proyecto y durante la construcción se deberán de tomar en cuenta los factores a continuación se describen.

Deberán de construirse sólo en aquellos lugares en donde el escurrimiento sea transversal al camino y provenga de una cuenca grande de modo tal que se pudiera sobrepasar a la capacidad de la cuneta. Para su localización y proyecto, es importante la formación geológica, la topografía y la cubierta vegetal del terreno.

En el proyecto de la contracuneta intervendrán, la precipitación, el área que se desea drenar, la forma y pendiente que tenga la ladera, la cubierta vegetal y el tipo de suelo que existe en el área.

La forma de una contracuneta, por lo general, es de forma trapezoidal con el fin de asegurar un buen funcionamiento fue establecido, para este tipo de caminos, que sus dimensiones sean, en la plantilla de 80 cm y de profundidad 50 cm. El talud aguas abajo deberá ser suficiente para que no se derrumbe, mientras que el talud de arriba deberá de ser igual o mayor para evitar la erosión con el escurrimiento. Con el material extraído se deberá dejar una merma que será de 50 cm.

La distancia total de la contracuneta al borde del corte será como mínimo de 5 metros o igual a la altura del corte, si éste es mayor. La pendiente longitudinal deberá de ser uniforme desde su punto de inicio hasta el desfogue para evitar los trastornos

que se pudieran llegar a producir debido a los cambios de pendiente, tales como excavaciones y azolves.

Será necesario cuidar que la pendiente no exceda cierto valor máximo, que estará limitada por la velocidad de socavación en el material del que se trate.

En el desfogue se deberá de tener un desnivel importante al llegar a la cañada aun cuando se tenga la pendiente máxima permisible de acuerdo con el tipo de terreno que se tenga, se hará una caída rápida de esta manera se protegerá el terreno natural cuando esto sea necesario, con zampeado o un revestimiento de concreto. Cuando las ramas de la contracuneta se alejen lo necesario o lo suficiente del camino, se dará salida libre al cauce del agua.

Cuando haya la posibilidad de una falla en el talud debido a la contracuneta y el tipo del material, será necesario impermeabilizar el canal con un procedimiento económico, o en su defecto sustituirlo con un bordo hecho con material de préstamo, en un lugar en el cual no se afecte al camino, este bordo tendrá que contar con la pendiente longitudinal adecuada.

En el acta de entrega de la carretera que se hace a la dependencia que se hará responsable del mantenimiento de la carretera, se deberá indicar con claridad el lugar de localización de las contracunetas y de los bordos, así como la importancia que tendrá el adecuado y constante mantenimiento para ellos y los conductores, de esta manera se mantendrá en buenas condiciones la carretera.

2.4.3. Canales de encauzamiento.

Para los terrenos sensiblemente planos, en los cuales el escurrimiento se da de tipo torrencial y no tiene causas definidos, será necesaria la construcción de canales que intercepten el agua antes de que llegue a un camino y sea conducida a los sitios elegidos con anticipación, en los cuales se pueda construir una obra transversal y poder efectuar el cruzamiento. Si el material extraído de dicha obra tiene la calidad adecuada, podrá ser utilizada en la construcción de terraplenes. La pendiente del canal se proyectará con base en que las descargas se harán en el sitio ya preestablecido y se evitará la construcción de canales de salida de gran magnitud, entre otros factores.

2.4.4. Bombeo.

El bombeo es un tipo de drenaje ubicado en las tangentes del trazo horizontal, con una pendiente horizontal llevada desde el centro del camino hasta los hombros del mismo. Su función será dar salida expedita al agua que llegue a caer sobre el pavimento y evitar en lo más posible que el agua llegue a penetrar en las terracerías. En las curvas horizontales, el camino tendrá una sobreelevación en la parte exterior de la curva para que de esta manera se concentre la fuerza centrífuga. Esta sobreelevación servirá para poder dar salida al agua que caerá en estas partes del camino.

En los caminos rurales, en los cuales la corona solamente está revestida, el bombeo deberá de ser del 4% como máximo; sin embargo, para poder evitar que

exista erosión en terraplenes en balcón y la superficie de rodamiento cuando la pendiente esté muy prolongada se deberá de dar a la corona una pendiente transversal del 5% continua hacia el lado de corte. Esto se hará con el objeto de retirar con rapidez el agua del pavimento hacia la cuneta, la sobreelevación máxima que tendrá será del 10 %.

El bombeo y la sobreelevación se deberán de hacer cuando las terracerías estén afinadas y a continuación se deberá de colocar el revestimiento necesario.

2.4.5. Vados.

Los vados son estructuras de drenaje superficial de los caminos, estos se encuentran ubicados en el cruce con un escurrimiento de agua temporal o permanente de tirante pequeño. Su uso será frecuente cuando existan corrientes de régimen torrencial que permiten el paso a vehículos gran parte del año y en donde el tránsito se interrumpe de 2 a 4 horas en promedio.

El diseño deberá de hacerse lo más aproximado posible a la forma que contenga el terreno natural de esta manera se procurará no alterar el régimen hidráulico, salvo en escala mínima, y para proteger al mismo vado; por consecuencia, es muy común que se elijan este tipo de obras cuando se llegan a tener causes amplios a la rasante de un camino baja.

En el proyecto geométrico de un vado se debe considerar la superficie de rodamiento a ras de tierra, así como adaptarla para ello, al terreno natural, una

catenaria o una parábola, con una pendiente en su entrada que será del 4% máxima y ligará al camino por medio de curvas verticales inversas a la del vado. Estas últimas se deberán de diseñar de acuerdo con las especificaciones.

Una de las formas más prácticas de dar forma de catenaria a la obra, es clavar en las orillas del principio y del final del vado 4 pies derechos de madera de 1.5 metros y que sobresalga un metro; se coloca en la parte superior una cuerda y se tensa lo suficiente para tener las pendientes apropiadas en la entrada y salida. Las excavaciones necesarias se harán al bajar una paralela a la forma que tomó la cuerda.

En el proyecto se deberá de tomar en cuenta que la losa o mampostería con la que se haga la obra o la superficie de rodamiento deberá de estar apoyada sobre una capa de material granular de 30 cm de espesor y compactado con un pisón de mano.

Un vado siempre se encontrará limitado por el nivel de aguas máximas extraordinarias, puesto que no deberá de tener obstáculos para el curso del agua y los arrastres que vayan a provocar un aumento en el ancho de la corriente.

Será importante que la superficie de rodamiento del vado se encuentre a ras de la tierra, ya que cualquier parte de este que quede por arriba del nivel del terreno natural (por baja que sea) será un obstáculo para el escurrimiento que actúa como vertedor, y es posible que ello ocasione un aumento en la socavación.

2.4.5.1. Proyecto estructural.

Cabe recordar que el vado estará formando parte de la superficie de rodamiento del camino, por lo que estará sujeta a la acción de cara viva y al contacto con el agua que llevará cuerpos flotantes y en suspensión. Para poder soportar este tipo de acciones, será suficiente con diseñar el vado con una sección de mampostería de tercera, junteada con mortero de cemento con un espesor mínimo de 30 cm. En este caso, el pegado de la piedra deberá de ser muy cuidadoso con el objeto de evitar vías de agua que vayan a proporcionar erosiones, y con esto se vaya a iniciar la destrucción de la superficie de rodamiento.

En lugar de usar la mampostería se podrá usar concreto hidráulico sin armar con un $f'c = 200 \text{ kg/mc}^2$, en placas de 0.15 x 1.75x 2.50 m en acabado rugoso. En todo caso cualquiera que sea la base del vado estará descansando sobre una superficie de suelo natural o de relleno compactado, con un mínimo en espesor de 30 cm. La superficie de rodamiento se deberá proteger contra la socavación por medio de dentellones colocados aguas arriba y abajo, fabricados con el mismo material con el cual se hizo la superficie de rodamiento. La profundidad de los dentellones va a ser 50 cm mayor a la profundidad máxima de socavación observada o estimada en el terreno natural.

Además, se deberán colocar postes de concreto con poca altura y sobre toda la longitud del vado, para indicar al conductor los límites del mismo además de indicar el espesor de la corriente que pase por aquí y el tirante que será peligroso cruzar.

En cauces de corriente permanente, es decir, en donde siempre está pasando agua por este vado se podrá construir en seco por medio de canales o bordos provisionales que aisle el agua de las zonas de trabajo.

En caminos con baja intensidad de tránsito, es común que el vado sustituya a un puente (mediano o chico) y a las alcantarillas de grandes dimensiones, además de desempeñar un papel de obra definitiva mientras que el avance económico de la región no amerite un camino con superficies geométricas más altas. Cuando el agua tenga un tirante ya más considerable, será recomendable construir los accesos al vado con curvas verticales ya más amplias para que de este modo se pueda evitar la formación de terraplenes dentro del cauce. Será conveniente proteger al vado construyendo zanjas que se encuentren rellenas con boleo en las cuales las dimensiones sean tales que se impida el arrastre de aquellos por medio de la corriente.

2.5. Drenaje transversal.

2.5.1. Alcantarillas.

Las alcantarillas son estructuras de drenaje de tipo transversal cuya función es conducir o desalojar, con la mayor rapidez y eficiencia posible, el agua de los cauces y las partes bajas del terreno, que pasan sobre el camino. Por la forma en su sección, además de los materiales con la que está hecha este tipo de estructuras de drenaje menor, se han llegado a clasificar en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y

cajones. Las alcantarillas se encontraran siempre alojadas sobre el cuerpo de la terracería.

A diferencia de un vado, en donde el régimen hidráulico prácticamente no se modifica, en las alcantarillas el cauce se estrecha. Esto, asociado al aumento del caudal por la concentración de volúmenes al ser recolectada en el agua en cunetas y contracunetas, produce un aumento de velocidad. Con este fenómeno se puede llegar a provocar erosión tanto en la entrada como en la salida de las obras.

La función de cualquier tipo de alcantarilla se va a la mejorar mediante una estructura de transición tanto en la entrada como la salida del conducto, formada por los aleros, que son los muros de contención y guías de conducción de agua, las cuales transforman gradualmente el régimen que tenía en el terreno natural al del interior, y una vez más al del terreno natural. Excepto en los tubos, en los cuales solo se llega a colocar un muro plano de cabeza, los aleros son divergentes, con un ángulo de abertura de 30 grados más o menos respecto al eje longitudinal de la alcantarilla; comienza del mismo nivel de la parte superior del coronamiento de los estribos y descendiendo con un talud de 1:5:1 hasta alcanzar una altura de 30 cm a 0 m en su parte más alejada. Si la alcantarilla se esviaja, el talud que llegará a tener en los aleros será de 1:5:1 en proyección normal al eje del camino, pero en realidad el talud estará en función del esviaje. Para su longitud en los aleros, los extremos serán equidistantes al fondo del arroyo.

En la parte más alejada de los aleros comienza propiamente en la alcantarilla y empieza la variación del régimen hidráulico natural. Excepto en el caso en el cual

se trate de un terreno no erosionable, se realizará en zampeado de protección en el suelo dentro de la obra y entre los aleros de entrada y salida, que quedará a la altura del terreno natural. Así mismo, en cada extremo se deberá de construir un dentellón con una profundidad más grande que la que pueda llegar a socavar el agua.

En los terrenos en los cuales se llegue a tener una fuerte pendiente transversal, convendrá la construcción de las bóvedas y de las losas de concreto hidráulico sobre unos cimientos escalonados en forma de pequeñas plataformas y con una longitud aproximada que va de 1 metro a 2 metros a lo largo de la alcantarilla.

Cualquiera que llegara a ser el tipo de alcantarilla, el terraplén colocado sobre ella deberá de ser construido en capas compactadas de 15 cm a 20 cm de espesor, y se atacaran ambos lados al mismo tiempo hasta llegar a lograr un espesor mínimo de 60 cm en las tuberías y de 1 metro en las bóvedas, desde la parte superior de la clave.

2.5.1.1. Tubos.

Los tubos son alcantarillas con una sección interior que normalmente suele ser circular y que requiere en espesor en el terraplén o un colchón mínimo de 60 cm. El material que se utiliza para este tipo de alcantarillas puede llegar a ser de concreto reforzado o lámina ondulada; en algunos casos llega a ser más conveniente por economía, emplea mampostería de tercera y mortero de cemento, aunque éste es más adecuado en las bóvedas.



Imagen 2.3.- alcantarilla de tubo en un camino

Fuente: www.google.com

2.5.1.2. Bóvedas.

Las bóvedas son estructuras cuya sección transversal interior se conforma por tres partes principales: la plantilla, dos paredes verticales las cuales son las caras interiores de los estribos y, sobre ellas, un arco circular de medio punto o rebajado, que es el intradós en un arco estructural con la sección variable con un mínimo espesor en la clave.

Por lo general, las bóvedas se construyen con mampostería de tercera y mortero de cemento 1:5. Para la construcción del arco se requiere un molde de madera, que se aprovecha también para la colocación de la clave a lo largo de la obra. La clave, de concreto simple de $f'c = 100 \text{ kg/m}^2$, cierra el arco en su centro con juntas radiales y tiene un ancho medio mínimo de 35 cm. Las piedras del arco tendrán hasta donde pueda ser posible, juntas radiales con cuatrapeo longitudinal y una mayor dimensión en el lado del extradós. Cuando se llegue a usar cemento

normal, el descimbrado deberá llevarse a cabo a los 14 días de haberse colocado la clave, tiempo a partir del cual se deberá de construir el terraplén.

El zampeado del piso y los dentellones ubicados aguas arriba y abajo para la protección del suelo contra la erosión podrá llegar a omitirse en terrenos rocosos. Para eliminar el empuje hidrostático sobre los muros, se deberá de colocar una capa de 30 cm de grosor de material granulado en el respaldo de cada estribo.

La curva granulométrica será obtenida en el laboratorio o en campo mediante la observación directa de la muestra representativa. Esta capa deberá de dar salida del agua a través de drenajes inclinados de tubos de barro de 10 cm de diámetro, colocados a cada 3 metros en el cuerpo del muro. Para poder evitar que sea arrastrado el material se deberá de colocar la piedra quebrada en el contacto del tubo con el material graduado.

Se podrán usar bóvedas de lámina ondulada para claros y colchones grandes.



Imagen 2.4.- Alcantarilla de bóveda

Fuente: www.google.com

2.5.1.3. Losa sobre estribos.

Las losas sobre estribos son estructuras conformadas por dos muros de mampostería de tercera con mortero de cemento 1:5, en los cuales se apoya una losa de concreto reforzado. Cuando la resistencia del terreno llega a ser baja se usaran estribos mixtos con un muro hecho de mampostería y sus cimientos de concreto.

El descimbrado de las losas se llevara a cabo a los 21 días, mientras que la formación del terraplén, el zampeado del piso y los dentellones (cuando el piso llega a ser de suelo erosionable), así como la eliminación del empuje hidrostático en el respaldo de sus estribos, se resolverá de la misma manera que como se resolvió en las bóvedas.

2.5.1.4. Cajones.

Los cajones son estructuras que tienen una forma rectangular conformada de paredes, techo y pisos de concreto reforzado, cuya construcción requerirá de cuidados especiales. Este tipo de drenaje trabaja en conjunto como un marco rígido que absorbe el peso y el empuje del terraplén, la carga viva y las reacciones que tiene el terreno.

Tanto las losas como los muros llegan a ser delgados y de poco peso; éste conjunto tiene una amplia superficie de sustentación.



Imagen 2.5.- Alcantarilla de cajón

Fuente: www.google.com

2.5.1.5. Proyecto de alcantarillas.

En los proyectos de las alcantarillas deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- a) Ubicación de la obra y proyecto de la plantilla.
- b) Cálculo del área hidráulica necesaria.
- c) Elección del tipo de obra.
- d) Cálculos dimensional y estructural.
- e) Funcionamiento del drenaje en tramos de 5 km.

2.6. Ubicación de la obra y proyecto de la plantilla.

En el estudio definitivo los ejes de las alcantarillas que se van a poner se ubican en la planta del camino, con la base en los estudios del drenaje que se llevan a cabo en la etapa de selección de la ruta y en el anteproyecto. Cabe recordar que no será necesario o preciso la construcción de una obra en cada escurrimiento, sino que aquellos que no sean de gran importancia se canalizaran hacia aquellos que contienen un caudal mayor, ya sea que se intercepten por medio de canales laterales, contracunetas o cunetas.

En la línea del camino se necesita del conocimiento del cadenamiento, la cota del terreno y la subrasante en donde se llevará a cabo el cruce, así como también el ángulo de esviajamiento de la obra.

Este ángulo de esviaje de la obra de drenaje será el complemento del ángulo menor de deflexión que hace el eje del camino con el eje que lleva la obra según el sentido del cadenamiento, y su curso será contrario al de la deflexión. El esviaje será independiente del sentido del escurrimiento.

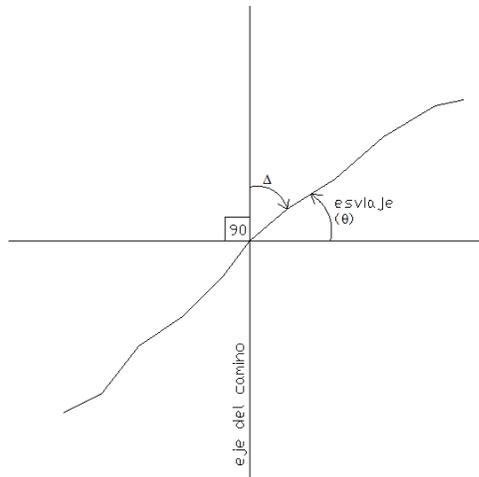


Figura 2.6.- Esviaje (θ) de un escurrimiento.

Fuente: Estructuración de vías terrestres (2006).

En este ángulo o esviaje de una obra de drenaje es el complemento del ángulo menor de la deflexión que se hace en el eje del camino con el eje de la obra conforme al sentido del cadenamamiento, y el curso de este será contrario al de la deflexión. El esviaje será independiente del sentido del escurrimiento (ver la figura 2.6).

Será necesario trazar y nivelar el fondo del cauce con las modificaciones realizadas y, si es necesario, efectuar un mejor proyecto con el levantamiento topográfico de una zona vecina al cauce, el cual será dibujado a escala de 1:500 con las curvas de nivel a cada 50 cm. Con el levantamiento se proyectara la plantilla de la obra y de esta manera se podrán efectuar algunas especificaciones del cauce, tratando de realizar el menor relleno posible con el cuidado de no provocar erosiones, principalmente hacia la salida de la obra.

2.7. Diseño hidráulico.

En el diseño hidráulico de una obra se deberá de calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se almacenara en la entrada; para esto se requiere de un estudio previo que deberá de contener: precipitación pluvial, área, pendiente y formación geológica de la cuenca, además del uso que se dará al terreno aguas arriba de la alcantarilla.

Para calcular el área hidráulica que será necesaria para la obra de drenaje se deberán de utilizar diferentes métodos, como se expuso anteriormente. Sin embargo, por lo general se ha empleado la fórmula de Talbot en alcantarillas, en método de sección y pendiente, además de la fórmula de Manning para puentes.

La fórmula de Talbot se ha determinado mediante grandes cantidades de observaciones:

$$a = 0.183CA^{3/4}$$

En donde:

a = área hidráulica necesaria en la obra, en m^2 .

A = área hidráulica de la cuenca por drenar, en ha.

C = coeficiente que va a variar de acuerdo con las características del terreno.

$C = 1$ para terrenos montañosos con suelos de roca y pendientes pronunciadas.

$C = 0.65$ para terrenos quebrados con pendientes moderadas.

$C = 0.50$ para cuencas irregulares, muy largas.

$C = 0.33$ para terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es de 3 a 4 veces el ancho.

$C = 0.20$ para terrenos llanos, sensiblemente horizontales, no afectados por inundaciones fuertes.

En aquellos terrenos que sea permeables, estos valores que se han obtenido de C se deberán de reducir un 50%, por lo que, además de la formación geológica de la zona, será preciso conocer el tipo de cubierta vegetal y el uso a futuro del terreno.

Utilizando en la tabla, que se encuentra en función de área drenada A y el coeficiente C , se obtendrá el área hidráulica necesaria en la alcantarilla, si se llegara a tratar de un tubo, se encontrara su diámetro.

El área hidráulica de la cuenca se podrá obtener por medio de diferentes métodos topográficos o por medio de la fotogrametría, que llegan a simplificar en gran cantidad el trabajo.

Existen otros métodos empíricos y racionales para el cálculo de los gastos que aportan las áreas hidráulicas hacia las alcantarillas. Algunos de estos métodos son: entre los primeros se tiene el de Jewis-Meyers y el de Dickens, en los segundos contamos con la fórmula racional americana y el de Chow. En ambos métodos la elección de los coeficientes dependerá del buen juicio y la experiencia del ingeniero, además de contar con las características físicas que tiene el terreno. Con el gasto

que va a aportar la cuenca, se calculara el área hidráulica que va a requerir la alcantarilla por medio de las fórmulas de canales de Manning.

2.8. Elección del tipo de obra.

Convendrá tener presente que en la elección del tipo de alcantarilla a usar intervendrán los factores de la funcionalidad hidráulica y estructural, así como el aspecto económico condicionado por los siguientes factores:

- a) Altura del terraplén.
- b) Forma de la sección en el cruce.
- c) Pendiente de la plantilla de la obra.
- d) Capacidad de sustentación del terreno.
- e) Materiales de construcción disponibles en la región.
- f) Tipificación de las obras y dimensiones.

Con respecto a la altura del terraplén, cuando la subrasante ya está definida los tubos y las bóvedas requerirán de un colchón mínimo de terraplén en los hombros de 60 cm y 1 metro, respectivamente; en cambio, las losas y la parte superior de los cajones podrán quedar a la altura de la rasante del camino.

Si llegara a ser necesario, se verá la conveniencia de modificar la rasante para dar lugar al tipo de alcantarilla más adecuado.

Si la sección del escurrimiento en el cruce llegara a ser amplia y no se encuentra bien definida, se podrá utilizar una losa con poca altura pero con un claro amplio o en

su defecto uno o varios tubos. Cuando se tenga un terreno de tipo lomerío suave, en el cual las rasantes a menudo son bajas, pero los escurrimientos ya están definidos, es factible utilizar tubos, losas o cajones. Conforme las secciones se van haciendo estrechas y se van profundizando, las mejores obras a utilizar son las bóvedas, además de losas o tubos, según vaya a ser la altura del terraplén que quedara sobre ellas.

Por condiciones de operación y construcción y operación, la pendiente que llevaran las losas se va a ver limitada a un 12%, si la cimentación va a ser continua será del 25%, en el caso de ser escalonada del 20% y en bóvedas será limitada al 25%. La pendiente que tendrán los tubos puede ser del 30% sin anclajes intermedios ni en sus extremos, o por el contrario si se llegaran a tener estos últimos se verá limitada al 40%. En términos generales, los tubos llegan a ser económicos para alcantarillas hidráulicas de hasta 1.5m^2 .

La capacidad de carga que tiene cada terreno influye en el costo y la elección del tipo de obras, pues las cimentaciones que llegan a necesitar tendrán un costo diferente en cada caso, y gracias a esto, se utilizan a menudo cajones para aquellos terrenos que cuentan con baja capacidad de carga. Por razones económicas, los materiales que se encuentran disponibles en la región para la construcción de alcantarillas llegan a jugar un papel preponderante en la elección del tipo de obra a elaborar.

En caminos que tengan una longitud corta, las cuencas llegan a ser semejantes en superficie, pendiente, precipitación pluvial, vegetación y características del suelo,

además de que llegan a necesitar obras del mismo tipo y de dimensiones casi iguales. Cuando esto llega a suceder, convendrá llegar a la tipificación. Aunque a la hora de hacer el estudio se llegue al resultado de que se necesitan varias obras con tipos y dimensiones diferentes, en la elección final será importante unificar este tipo de características hasta donde sea posible. De acuerdo con los factores anteriores, se deben de elegir las obras más adecuadas; sin embargo, cuando exista dos o más alternativas para cada una de las obras, se deberá de elegir la más barata.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se aborda la ubicación geográfica del tramo en estudio así como la vegetación existente, las condiciones de servicio actuales y un reporte fotográfico.

3.1. Generalidades.

De acuerdo con la página www.emegico.gob.mx, la ciudad de Uruapan está localizada en el estado de Michoacán, el cual está localizado en centro-oeste de la república mexicana en las coordenadas latitud norte $20^{\circ} 23'27''$ y $17^{\circ} 53'50''$ y longitud oeste de $100^{\circ} 03'32''$ con $103^{\circ} 44'49''$. El estado de Michoacán se encuentra limitado al norte por Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga, al sur con Guerrero y el océano pacífico, al este con México, Guerrero, y Querétaro de Arteaga, y finalmente al oeste con el océano pacífico, Colima y Jalisco.



Figura.3.1. Localización del estado de Michoacán.

Fuente: www.mapasmexico.net

La extensión territorial del estado de Michoacán es de 59 928 km² ocupando con esta extensión el 16 lugar del territorio nacional, lo cual representa el 3% de todo México. El estado cuenta con 213 km de litoral 1490 km² de aguas marítimas.

El estado de Michoacán está conformado por 2 grandes regiones de montañas o provincias fisiográficas, estas son la Sierra Madre del Sur y un sistema volcánico transversal y sus valles montañosos (la cordillera tarasca).

La sierra madre del sur atraviesa al estado de Michoacán en aproximadamente 200 km al suroeste por los municipios de Chinicuila y Arteaga. Se ha considerar como una continuación de la Sierra Madre Occidental, y algunas otras Sierras de América del Norte como son la Sierra Nevada y las Montañas Rocosas.

La otra región montañosa con la que cuenta el estado es la que constituya al Sistema Volcánico Transversal mejor conocido como Cordillera Neovolcánica que está localizada al sur de la altiplanicie mexicana y la cual fue formada gracias a la aparición de numerosos volcanes. Estos volcanes tienen una longitud de 300 km una amplitud de 130 km.

En este estado hay una gran orografía la cual podrá ser representada por la Sierra de Tancítaro, la cual está conectada con la Sierra de Peribán y son enlazadas con las Sierras de San Ángel y Tarécuaro por el noroeste, por el este se encuentra Paracho y Carapan la cual ubica a la meseta Tarasca el cual es conocido por el volcán Paricutín.

Por el lado este se encuentra la Sierra de Mil Cumbres la cual es la continuación de la Sierra de Acuitzion. Un poco más allá se localiza la Sierra de San

Andrés, esta región es mejor conocida como Los Azufres que se encuentran muy cerca de Ciudad Hidalgo, Maravatío, Tlalpujahua, Angangueo y Zitácuaro.

El estado de Michoacán tiene muchas elevaciones orográficas pero algunas de las más importantes son el cerro Tancítaro con 3857 m en el municipio de Tancítaro, Patambán con 3525 m en el municipio de Tangancícuaro, en cerro del Quinceo con 2750 m en Morelia, Tzirate de 3300 m en Quiroga y el volcán de San Andrés de 3605 m en Ciudad Hidalgo.

El estado de Michoacán cuenta con una red pluvial de gran consideración, por aquí pasan 2 grandes ríos, el río Lerma y el río Basas; los ríos que pasan por el estado van a desembocar directamente al Océano Pacífico y ya por último se tiene una red pequeña que está representada por los lagos de Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro y el lago de Zirahuén.

La flora es muy variada, presenta bosque mixto de pino, encino, fresno, oyamel, parota, ceiba, mango, guaje, tepemezquite, palma, chirimoya, zapote, guanábana entre otros. La fauna está compuesta por palomo, codorniz, tordo, urraca, coyote, tlacuache, zorra, tejón, mapache, zorrillo, venado, conejo, pato, armadillo, ardilla, liebre, lince, cacomixtle, comadreja, gato montés, águila, cuervo, gavilán, perico, boa, faisán, además de contar con carpa, mojarra, nutria, langosta, tiburón entre otros.

3.2. Entorno geográfico.

La ciudad de Uruapan Michoacán se encuentra a 19° 25'10" norte y 102° 03'30" oeste, se encuentra a 1620 msnm (metros sobre el nivel del mar), teniendo una población mayor a 235 000 habitantes con un clima templado húmedo, variando sus temperaturas con desde los 12°C hasta los 30°C, tiene 3 cerros principales los cuales son el cerro de La Cruz, La Charanda y Jicalán, teniendo como ríos principales el río Cupatitzio y el río Santa Bárbara.



Imagen 3.2. Localización de la ciudad de Uruapan Michoacán

Fuente www.mapasmexico.net

Las principales actividades agrícolas son el cultivo del aguacate, azúcar, maíz, durazno, café, guayaba, algunas hortalizas como son jitomate, chile y calabaza,

3.3. Reporte fotográfico.

En el siguiente reporte fotográfico se podrá apreciar el estado en que se encuentra el tramo de estudio, con respecto a su estado físico y la vegetación.



Foto 3.1. Entrada a la Hidroeléctrica.

Fuente propia.



Foto 3.2. Estado actual del camino.

Fuente: Propia



Imagen 3.6. Tipo de vegetación de la zona.

Fuente: Propia

Como se puede observar, el camino aún cuando es de terracería se encuentra en buen estado ya que está bien definido y sin ningún pozo que llegue a darle mal aspecto aunque las cunetas son improvisadas lo cual provoca una mala circulación del agua en tiempo de lluvias formando algunos charcos en los tiempos de lluvias y por el contrario en tiempo de estiaje se llega a levantar una gran cantidad de polvo al circular cualquier tipo de vehículo.

El tipo de vegetación con la que se cuenta son bastantes huertas de aguacate por ambos lados del camino durante todo el recorrido hacia la hidroeléctrica.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se abordan los temas relacionados a la metodología, como son el método empleado en la investigación, el enfoque de la investigación, diseño de la investigación, instrumentos de recopilación de datos, población y muestra y la descripción del proceso de investigación.

De acuerdo con la página <http://definicion.de>, la palabra metodología es una palabra que se encuentra compuesta por 3 vocablos que provienen del griego, los cuales son meta (más allá), odós (camino) y logos (estudio). Estas 3 palabras están dirigidas a que es un método de investigación que permitirá lograr algún objetivo con la ayuda de una ciencia. Por lo tanto, se dirá que la metodología va a ser un conjunto de métodos que rigen en una investigación científica.

4.1. Método empleado.

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2000) en la presente investigación se aplicó el método científico, y se considera que en este método será de tipo matemático, ya que se hará uso de las matemáticas para poder dar solución al diseño geométrico del tramo en estudio.

De acuerdo con la página www.definicion.de, el método científico proviene de la palabra griega methodos (camino o vía) la cual se refiere a un conjunto de pasos que serán necesarios realizar para obtener conocimientos validos o reales con base en instrumentos confiables.

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2000) el método científico es aquel procedimiento por el cual se van a descubrir las condiciones por medio de las cuales se presentan algunos sucesos en específico, y éste se caracteriza por ser verificable, de razonamiento riguroso y de observación empírica.

Con el método científico se pretende descubrir nuevos conocimientos o servir para la comprobación de alguna hipótesis que implicara conductas del fenómeno desconocido hasta el momento.

Lo que será importante y fundamental del método científico no será el descubrimiento de verdades en todos los momentos, sino que también será determinar cuál ha sido el procedimiento para demostrar porque un enunciado va a ser así, según la naturaleza de los hechos en estudio, pero los pasos que se han de seguir para dar solución a este problema van a ser regulados por el método científico.

4.1.2. Método matemático.

De acuerdo con Mendieta Alatorre (2005) una de las primeras nociones que tiene el ser humano es la noción de la cantidad, de esta manera el ser humano sin darse cuenta aplica el procedimiento científico, comparando cantidades para poder obtener nociones derivadas, de importancia, de valor, económico y capacidad.

El método en las matemáticas va a ser genético, o sea que va a indicar el origen de un objeto, peso, medida, áreas, volumen, el número entero será originado por la adición indefinida de la unidad a sí misma.

En cualquier investigación que lleve números con relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones, y éstas se vayan a tomar en cuenta para la afirmación o negación de algo, se estará aplicando el método cuantitativo.

Con mucha frecuencia se ven informes precisos de la aplicación del método matemático en la vida cotidiana, por ejemplo la dosificación de los compuestos de las medicinas de patente, la clasificación de alumnos en un área escolar, por esto en este trabajo de tesis la investigación va a ser realizada con el método matemático para la obtención de resultados basados en cálculos para resolver las variables que existan.

4.2. Enfoque de la investigación.

De acuerdo con la página www.definicion.de, la palabra enfoque está basada en 3 principios: el principio de totalidad (cualquier modificación que haya en una parte un sistema afectará también al resto de las partes, por ello se modificará todo), el principio de causalidad circular (éste será de relaciones complejas de implicaciones mutuas, acciones y retroacciones que se verán envueltas en un ciclo comunicacional) y por último el principio de regulación (en todo acto comunicativo se deberá de obedecer a ciertas normas, reglas y conveniencias).

En el presente trabajo se realizará un enfoque cuantitativo, que es el que ofrece la posibilidad de generalizar resultados de manera más amplia, otorga control sobre los fenómenos y el punto de vista será de conteo y magnitud de estos. También se brinda una posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de los fenómenos en estudio, así mismo se facilita la comparación con otros estudios iguales según Hernández y cols. (2005).

El enfoque cuantitativo permite examinar datos numéricos, cuyo objetivo será alcanzar el conocimiento, intentando buscar con certeza un resultado por medio de las matemáticas o la estadística, el abordaje de los datos cuantitativos son estadísticos, este método se limitará a preguntar, se estará muy apegado a la tradicionalidad de la ciencia y la utilización de la neutralidad valorativa como criterio de objetividad, por esto el conocimiento estará fundamentado en conocer los hechos prestando poca atención a la subjetividad de las personas ajenas a este estudio.

Este método cuantitativo es el más usado por ciencias como la física, química y biología. Por esto, son más propias para aquellas ciencias que se hacen llamar exactas.

En este estudio se usará el método cuantitativo ya que el objetivo es la recopilación de datos como son: las dimensiones de las diferentes partes que conformarán la carretera, los volúmenes que se deberán de mover así como aquellos que se deberán de integrar a las partes en donde esté escaso.

4.2.1. Alcance de la investigación.

El alcance de esta investigación será de tipo descriptivo, que es el tipo de estudios que trata de especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes del fenómeno en estudio. En este tipo de investigación se tendrá por objeto evaluar o recolectar datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno, se podrá medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a los que se está refiriendo.

Se podrán integrar mediciones o información de cada una de las variables o conceptos para describir o decir cómo se manifiesta el fenómeno.

Este tipo de investigación es aceptada ya que en este estudio se obtendrán las dimensiones así como las partes que conformaran la carretera.

4.3. Diseño de la investigación.

En todo trabajo se podrá tener un diseño de investigación no experimental o experimental, y como ya se sabe la investigación es la búsqueda de conocimientos o la solución de cualquier problema, en este trabajo se llevara a cabo una investigación no experimental transversal, ya que se estará enfocando en una simple hipótesis la cual ya existe y podrá ser encontrada descrita en una revista, en un libro o en alguna página de internet.

De acuerdo con Hernández y cols. (2005) la investigación de tipo transversal tendrá la recolección de datos en un solo momento y en un tiempo. El estudio descriptivo es aquel en el que se tiene como objetivo la recolección de datos en diferentes aspectos, como dimensiones y los volúmenes de este trabajo.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

De acuerdo con Hernández y Cols. (2008) la información que se ha recopilado mediante la observación puede ser cuantitativa o cualitativa, en el método cuantitativo se llega a aplicar los cuestionamientos para el análisis estadístico, esto se refiere a llegar a hacer entrevistas, observaciones y algunos documentos que lleguen a ser útiles para la obtención de diferentes puntos de vista sobre las variables que se están estudiando.

En el método que se utiliza la cuantificación se sabe que los datos obtenidos no serán siempre medidos o cálculos de manera exacta pero si deberán de estar dentro de el rango o margen que indique que son confiables.

En esta investigación de tesis la cual se a nombrado Diseño del proyecto geométrico para el tramo carretero del camino viejo a la Hidroeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Uruapan, para la obtención de datos confiables se a tenido la necesidad de utilizar algunos programas de computación así como algunos paquetes de datos a los cuales se le hace referencia a los siguientes:

AutoCAD

Civilcad

Hoja de calculo Excel

Levantamiento topográfico, por medio de la Estación Total.

4.5.- Descripción del proceso de investigación.

Para esta investigación fue necesario saber con claridad cual era el objetivo principal, de este modo se procedió con la ubicación de un terreno el cual cumpliera con algunas características físicas, una vez localizado el terreno a estudiar se continuo con saber las necesidades de las personas que hacen uso de este terreno, sabiendo las necesidades se prosiguió a hacer un levantamiento topográfico con el aparato denominado “estación total”, una vez hecho el levantamiento se tiene la necesidad de bajar los datos a una computadora con el programa llamado prolink, de este modo se pudo trabajar con los datos en el AutoCAD el cual facilita la manipulación de los datos junto con el Civilcad el cual tiene las especificaciones de la SCT para el calculo y diseño de las secciones mas optimas para el terreno, una vez que ya se sabe la forma real del terreno se tiene la necesidad de hacer una hoja de calculo en el programa de computo Excel para el diseño de una curva vertical en cresta y de este modo poder finalizar los cálculos de este diseño geométrico.

4.6. Análisis e interpretación de datos.

En el presente subtema será desarrollado el análisis e interpretación de los resultados obtenidos del tramo en estudio, así como también se presenta el resultado del diseño de una curva vertical en cresta.

En la tabla 4.1. se pueden observar las especificaciones del camino de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, además se indican las características que deberá de llevar el tramo que se está estudiando, el cual se considera Tipo "C" con un terreno de tipo plano, proponiendo una velocidad de proyecto de 60 km/hr y con un aforo vehicular de 150 a 300 vehículos por día.

	Concepto	Especificación	Unidad
1	Tipo de carretera	C	
2	TDPA	150 a 300	veh/día
3	Tipo de terreno	plano	
4	Velocidad de proyecto	50	km/hr
5	Distancia de velocidad de parada	270	m
6	Pendiente gobernadora	0.3	%
7	Pendiente máxima	1	%
8	Ancho de corona	6	m

Tabla No. 4.1. Clasificación y especificaciones del camino según la SCT.

Los datos para el tipo de camino se obtuvieron de la siguiente tabla:

Tipo de camino	Plano o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañoso pero poco escarpado	Montañoso pero muy escarpado
Tipo especial	2° 30'	4° 40'	6°	6°
Tipo A	8°	11°	16° 30'	26°
Tipo B	11°	16° 30'	26°	35°
Tipo C	16° 30'	26°	47°	67°

Tabla No. 4.2. Topografía del terreno

Fuente: Manual de proyectos geométricos de la SCT.

Los datos de la velocidad de proyecto se tomaron de la siguiente tabla:

Tipo de camino	Plano o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañoso pero poco escarpado	Montañoso pero muy escarpado
Tipo especial	110	110	80	80
Tipo A	70	60	50	40
Tipo B	60	50	40	35
Tipo C	50	40	30	25

Tabla No. 4.3. Velocidad de proyecto.

Fuente: Manual de proyectos geométricos de la SCT.

Los cálculos que se han llevado a cabo para el diseño geométrico del tramo en estudio basados en las Normas de la SCT, con la finalidad de dar las mejores

dimensiones y así tener un óptimo desempeño del tramo sin llegar a tener fallas a temprana edad.

A continuación se presenta el cálculo de una curva vertical en cresta, siendo la única curva en el tramo en estudio se ha decidido hacer el cálculo y presentarse ya que es importante saber el procedimiento a seguir y así poder aprovechar la topografía que el terreno presenta y de este modo se puede hacer más económica la obra y al mismo tiempo segura:

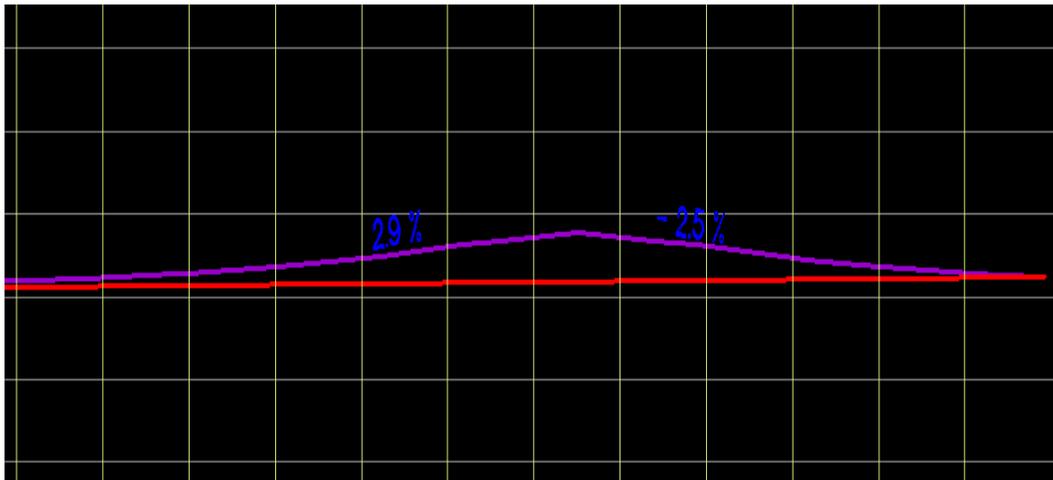
DISEÑO DE CURVA VERTICAL EN CRESTA POR EL METODO DEL CUADRADO DE LAS ESTACIONES.

Obteniendo la longitud de la curva dependiendo de las pendientes:

$$Lc = \Delta$$

Lc: longitud de cuerda

Δ : diferencia algebraica de pendientes.



$$Lc = 2.9 - (-2.5)$$

$$Lc = 5.4 \%$$

Como la pendiente es mayor al 5 % se calculará la curva:

$L_c = 5.4$ se redondea a 6 cadenamientos a partir del punto de inflexión, por lo tanto se tomara que la longitud de la curva será de 11 cadenamientos los que es 220 mts.

$L_c = 220$ mts.

Cálculo de la variable K

$$K = \frac{A}{10L_c} \quad K = \frac{11}{10(220)} = 0.005$$

PCV: Principio de Curva Vertical

Pi: Punto de Inflexión

$P_i = 103.9$ mts.

$$PCV = P_i - \left(\frac{L_c}{2} \Delta i\right)$$

$$PCV = 103.9 - \left(\frac{220}{2} 0.029\right)$$

$PCV = 100.71$ mts.

La altura de el principio de curva es de 100.71 mts.

PTV: Principio de Tangente

$$PTV = P_i - \left(\frac{L_c}{2} \Delta f\right)$$

$$PTV = 103.9 - \left(\frac{220}{2} 0.025\right)$$

$PTV = 101.15$ mts

La altura del punto final de la curva es de 101.15 mts.

Una vez calculados estos elementos se elabora la siguiente tabla:

	cadenaamiento	orden	cuadrado	cuadrado por K	cotas Tan de entrada	cotas curva
PCV	0+820	0	0	0	100.71	100.71
	0+840	1	1	0.04545455	101.29	101.244545
	0+860	2	4	0.18181818	101.87	101.688182
	0+880	3	9	0.40909091	102.45	102.040909
	0+900	4	16	0.72727273	103.03	102.302727
	0+920	5	25	1.13636364	103.61	102.473636
PIVE	0+930	6	36	1.63636364	104.19	102.553636
	0+940	7	49	2.22727273	104.77	102.542727
	0+960	8	64	2.90909091	105.35	102.440909
	0+980	9	81	3.68181818	105.93	102.248182
	1+000	10	100	4.54545455	106.51	101.964545
	1+020	11	121	5.5	107.09	101.59
PTV	1+040	12	144	6.54545455	107.67	101.124545

dp = distancia de parada.

Para curvas en columpio

$$dp \leq L \quad L_{min} = 2dp - \frac{228+3.5dp}{\Delta}$$

$$dp \geq L \quad L_{min} = \frac{\Delta dp^2}{228+3.5dp}$$

Para curvas en cresta

$$dp \geq L \quad L_{min} = 2dp - \frac{423.41}{\Delta}$$

$$dp \leq L \quad L_{min} = \frac{\Delta dp^2}{423.41}$$

Distancia de parada (pd)

$$dp = dr + df$$

$$dr = 0.278Vt$$

V: velocidad del proyecto (m/seg)

t: tiempo que tarda en reaccionar una persona

$$dr = 0.278(13.88)(2) = 7.71 \text{ mts} \quad \mathbf{dr=7.71\text{mts}}$$

La distancia recorrida (dr) es de 7.71mts.

La distancia de frenado (df) será igual a:

$$df = \frac{V^2}{254(f \pm p)}$$

p : pendiente de entrada

f : coeficiente de fricción (se recomienda usar 0.4)

$$df = \frac{50^2}{254(0.4 + 0.029)}$$

df=22.94 mts.

por lo tanto

$$dp = 7.71 + 22.94$$

dp=30.66 mts.

$$L_{min} = \frac{\Delta dp^2}{423.41} \quad \mathbf{\underline{L_{min}= 11.1 mts}}$$

Como la $L_{min} < L_c$ se aceptan las dimensiones dadas para la curva.

CONCLUSIÓN.

Se puede señalar que las vías terrestres son un espacio establecido y para uso público, pensado y construido para que transiten los vehículos y de este modo sea más fácil el transportarse de un lugar a otro, dando también como objetivo principal la comunicación entre comunidades rurales, permitiendo así el desarrollo económico y social y mejorando el nivel socio económico de este tipo de regiones.

Asimismo, se podrá decir también que una vía terrestre es aquella franja de terreno la cual podrá tener variaciones en su ancho entre dos puntos tomando en cuenta las razones políticas, sociales y económicas.

Por otro lado, en la presente investigación quedó definido lo que es un proyecto geométrico así como la planeación y la organización necesaria para que se pueda desarrollar cualquier tipo de vía terrestre, tomando como base de toda carretera su topografía, hidrología y drenaje del terreno en donde se va a llevar a cabo dicho proyecto, de forma que con estas bases sobre un proyecto se podrá dar la solución más adecuada para el trazo de la carretera. Así, el proyecto geométrico tendrá como base el alineamiento horizontal y vertical que permitirán definir las características geométricas y de este modo poder proporcionar los datos necesarios para poder comenzar con los trazos y de aquí realizar todo el proyecto.

Cabe destacarse que la presente investigación tuvo como objetivo general “Diseñar el proyecto geométrico para el tramo carretero del camino viejo a la Hidroeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Uruapan”, el cual ha sido cumplido satisfactoriamente con los cálculos realizados durante la

investigación, señalándose que el proyecto diseñado es una alternativa geométrica que mejorará la vialidad, brindando seguridad para los usuarios al transitar dicho camino, además de que para el conductor le representará mayor confiabilidad y comodidad.

En lo que respecta a los objetivos específicos del presente estudio, se puede decir que el primero de ellos, que consistía en “Conceptualizar una vía terrestre”, se cumplió cabalmente, pues quedó asentado que es un espacio establecido y para uso público, pensado y construido para que transiten los vehículos y de este modo sea más fácil el transportarse de un lugar a otro, dando también como objetivo principal la comunicación entre comunidades rurales, permitiendo así el desarrollo económico y social y mejorando el nivel socio económico de este tipo de regiones.

Se puede decir también que una vía terrestre es aquella franja de terreno la cual podrá tener variaciones en su ancho entre dos puntos tomando en cuenta las razones políticas, sociales y económicas.

En cuanto al otro objetivo específico: “Señalar las características de una vía terrestre”, hay que mencionar que la capacidad de un camino o vía terrestres varían de acuerdo con las características geométricas y de operación, las condiciones ideales se definen de la siguiente manera:

- Circulación continua libre de cualquier tipo de interferencia ya sea vehicular o peatonal.
- Únicamente vehículos ligeros en la corriente de tránsito.
- Carriles de 3.65 mts de ancho con acotamientos laterales de 1.80 mts.

- Alineamiento horizontal y vertical para velocidades de proyecto de 120 km/hr y sin ningún tipo de restricción visual de rebase en los carriles.

Para los fines del tramo en estudio se cumplen con casi todos los puntos dejando uno sin cumplirse debido al ancho de camino ideal pero dejando segura y transitable la vía.

Respecto al objetivo de “Definir los pavimentos”, cabe citar que se estableció en este trabajo de investigación que se le llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

Por otra parte, se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y terraplenes, formadas principalmente por la sub-rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por materiales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento. Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm.

En cuanto al objetivo de Señalar los tipos de carretera, se puede citar que son los siguientes:

1) Por transitabilidad.

Corresponderá a la etapa de la construcción en que se encuentre y se dividen en:

- Terracerías: en esta etapa se ha construido únicamente la sección del proyecto que corresponde a la subrasante y es transitable preferentemente en tiempo de estiaje.
- Revestida: corresponde a la etapa de construcción en la cual se han construido una o varias capas de granular sobre la subrasante, este tipo de carretera será transitable todo el tiempo.
- Pavimentada: en esta etapa ya se a construido en su totalidad el pavimento.

2) Clasificación administrativa.

- Federales. Son costeables en su totalidad por la federación y por lo tanto de se encuentran a su cargo.

- Estatales. Estas carreteras son costeables por un sistema de cooperación aportando un porcentaje el estado y otro la federación, este tipo de caminos quedaran a cargo de la junta local de caminos.
- Vecinales. Esta carretera ser sustentada por los vecinos beneficiados y un apoyo de la federación y el estado, su construcción y conservación será realizada por medio de la junta local de caminos.
- De cuota. Se construyen con dinero de la federación y se deja a cargo de una dependencia oficial descentralizada, denominada caminos y puentes federales (CAPUFE), siendo la inversión inicial recuperada por medio de las cuotas puestas a los conductores.
- Concesionada. Este tipo de carreteras son construidas por particulares las cuales permanecen a su cargo y mantenimiento por un número de años para poder recuperar la inversión y después ser entregada a la federación.

-

3) Clasificación técnica oficial.

- Tipo especial. Son construidas para un paso vehicular medio anual superior a los 3000 vehículos lo que es equivalente a 360 vehículos por hora.
- Tipo A. se tendrá un transito promedio anual de 1500 – 3000 vehículos lo que será equivalente a 180 – 300 vehículos por hora.
- Tipo B. se tendrá un transito promedio anual a 500 – 1500 vehículos o lo que es equivalente a 60 – 180 vehículos por hora.
- Tipo C. se tendrá un transito promedio anual de 50 – 500 vehículos o lo que es equivalente a 6 – 60 vehículos por hora.

En cuanto a “Citar los elementos que conforman un proyecto geométrico”, que era otro de los objetivos específicos que se pretendían, se mencionó ya que el diseño geométrico es una de las partes mas importantes de un proyecto de carreteras y a partir de una serie de elementos y factores, internos y externos, se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la seguridad, comodidad, funcionalidad, entorno, economía, estética y elasticidad.

EL último de los objetivos específicos que se logró cumplir fue el que establecía “Establecer la velocidad de tránsito, así como el aforo vehicular que transita por el tramo carretera en estudio”, señalándose que de acuerdo con las tablas proporcionadas por la SCT se obtuvo la siguiente información al respecto:

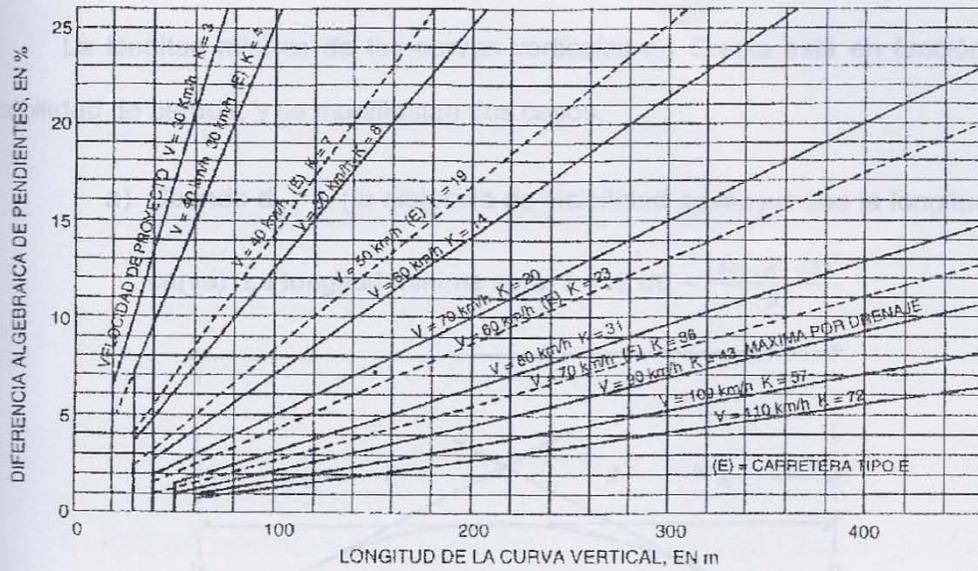
	Concepto	Especificación	Unidad
1	Tipo de carretera	C	
2	TDPA	150 a 300	Veh/Día
3	Tipo de terreno	plano	
4	Velocidad de proyecto	50	km/hr
5	Distancia de velocidad de parada	270	m
6	Pendiente gobernadora	0.3	%
7	Pendiente máxima	1	%
8	Ancho de corona	6	m

Ahora bien, también se logró dar respuesta a la pregunta de investigación del presente estudio que señalaba: ¿Cuál es el diseño idóneo del proyecto geométrico del camino viejo a la Hidroeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de Uruapan, Michoacán?, mencionándose como respuesta que después del estudio realizado y efectuados los cálculos correspondientes se puede decir que el diseño idóneo para el tramo en estudio tendrá un cadenamiento de 0+000 a 1+020

es tener un ancho de corona de 6 metros con un bombeo del 2%, teniendo un camino tipo "C" y una velocidad de proyecto de 50 km/hr, así mismo se tiene el cálculo de una curva vertical en cresta la cual tiene principio en el cadenamiento de inicio en 0+820 y su fin en el cadenamiento 1+020 y teniendo su punto de inflexión en el cadenamiento 0+930, de este modo se está cumpliendo con las normas establecidas las cuales mencionan que se deberá de tener un porcentaje mínimo del 5% para que sea calculada de lo contrario se descarta ya que en el proceso de construcción se perderá, de este modo se puede decir que este diseño presenta seguridad para los usuarios que transitaran por esta vía además de que la conducción no resultara fatiga para el conductor y representa una mayor confiabilidad.

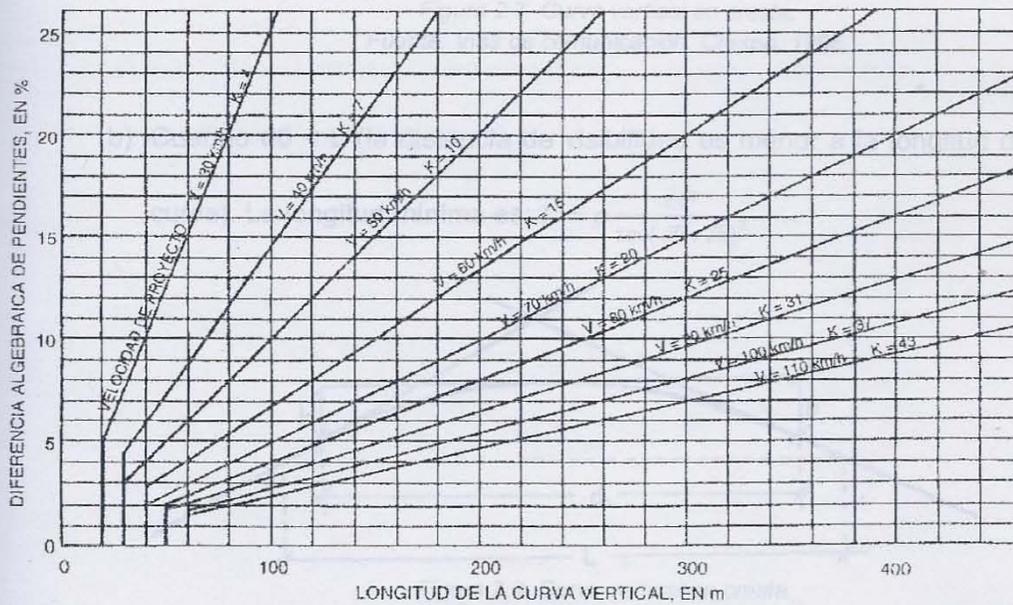
Como conclusión final se podrá decir que en un proyecto geométrico será necesario que se cumplan las normas establecidas, para evitar tener problemas a un futuro y así poder garantizar la seguridad de todo conductor o usuario que transite por el camino, por ello será necesario contar con un proyecto geométrico que cuente con las características adecuadas y necesarias así como las obras complementarias para un correcto desarrollo del camino.

ANEXOS



Gráfica 2.1. Longitud de las curvas verticales en cresta.

Fuente. MPGC.SCT, 1996.



Gráfica 2.2. Longitud de las curvas verticales en columpio.

Fuente. MPGC.SCT, 1996.

Para ambos caso los elementos son los siguientes:

BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera, Carlos G., Mesa Reina, Jorge L.(1984)

Comportamiento de suelos cuaderno de trabajo.

Facultad de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México.

Hernández Sampieri, Roberto y cols.(2004)

Metodología de la investigación.

Mc Graw Hill. México.

Olivera Bustamante, Fernando.(2006)

Estructuración de vías terrestres.

Compañía Editorial Continental. México.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa. México.

Arroyo Rodríguez, José Ricardo. (2008)

Alternativa del proceso geométrico de la intersección ubicada en el km 108 de la carretera Zihuatanejo-Lázaro Cárdenas sobre el libramiento Guacamayas.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

Hernández Báez, Dorian Vladimir. (2088).

Alternativa de proyecto geométrico en la denominada "Curva del Diablo" carretera Carapan-Playa Azul, tramo Carapan-Uruapan km 65+000 a 66+160.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

Martínez Oscar, Francisco. (2008)

Alternativa del proyecto geométrico del camino Churumuco-Cuatro Caminos, tramo Zicuirán-Churumuco km 42+340 al 45+420 en el estado de Michoacán.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, en la ciudad de Uruapan, Michoacán, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

<http://www.definicion.de.com>

<http://www.manualespdf.com>

<http://www.mapasmexico.net>

<http://www.sct.com.mx>