



# UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporado No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

## DISEÑO DEL PROYECTO GEOMÉTRICO DEL TRAMO KM 7+600 AL 9+600 DE CHILCHOTA - HUECATO, MUNICIPIO DE CHILCHOTA MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

José Manuel Sánchez Barragán

**Asesor:**

I.C. José Antonio Sánchez Corza

Uruapan, Michoacán, 10 de Febrero del 2014.



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**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y el tener unos grandiosos padres que me han apoyado en todo momento, se que con mucho esfuerzo y trabajo me dieron la oportunidad de sobresalir y que cumpliera mis metas, ahora que ya soy un ingeniero me lleno de orgullo y por medio de este pequeño escrito quiero agradecerles de corazón papas.

A mis hermanos quiero agradecerles por compartir su vida conmigo, sus consejos, sus risas y los bellos recuerdos, de verdad son algo que llevare conmigo toda la vida. Quiero decirles que los amo y agradecerles por todo lo que han hecho por mí.

Papas, hermanos de verdad les agradezco por todo, y por siempre estar conmigo en los momentos buenos y malos, siempre estaremos juntos y unidos los amo.

## ÍNDICE

### Introducción

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del Problema. . . . .	3
Objetivo. . . . .	4
Pregunta de Investigación. . . . .	4
Justificación. . . . .	5
Marco de referencia. . . . .	5

### Capítulo 1.- Vías terrestres

1.1. Concepto de vías terrestres. . . . .	7
1.2. Clasificación de las carreteras. . . . .	7
1.2.1. Clasificación por Transitabilidad. . . . .	8
1.2.2. Clasificación administrativa. . . . .	8
1.2.3. Clasificación técnica oficial. . . . .	9
1.3. Velocidad de proyecto. . . . .	10
1.4. Tipo de tránsito. . . . .	11
1.5. Factores que reducen la capacidad de la carretera. . . . .	13
1.6. Derecho de Vía. . . . .	15
1.7. Alineamiento. . . . .	16
1.8. Velocidad. . . . .	16
1.8.1. Velocidad de recorrido total. . . . .	17
1.8.2. Método del cronómetro. . . . .	17
1.8.3. Método del radar. . . . .	18
1.9. Curvatura. . . . .	18

1.10. Sobreelevación.	20
1.11. Ampliación.	21
1.12. Transición.	24
1.13. Pendiente.	26
1.14. Visibilidad.	29
1.15. Ancho de sección.	30

## **Capítulo 2.- Proyecto geométrico.**

2.1. Concepto de proyecto geométrico.	32
2.2. Elección de ruta.	32
2.3. Elementos del proyecto geométrico.	34
2.4. Drenaje de los caminos.	45
2.4.1 Drenaje artificial.	45
2.4.2 Factores que afectan el escurrimiento del agua.	46
2.4.3 Clasificación del drenaje.	47
2.4.4. Drenaje longitudinal.	48

## **Capítulo 3.- Resumen de macro y micro localización.**

3.1 Generalidades.	57
3.2 Entorno geográfico.	60
3.3. Clima e Hidrología.	63
3.4 Toponimia.	64
3.5. Demografía.	64
3.6. Social y cultura.	65
3.7. Turismo.	66

3.8. Comercio y servicios. . . . .	68
3.9. Informe fotográfico. . . . .	69

**Capítulo 4.- Metodología.**

4.1. Método científico. . . . .	77
4.1.1. Método matemático. . . . .	78
4.2. Enfoque de la investigación. . . . .	78
4.2.1. Alcance de la investigación. . . . .	79
4.3. Tipos de diseño de la investigación. . . . .	80
4.3.1. Investigación transeccional. . . . .	80
4.4. Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	81
4.5. Descripción del proceso de investigación. . . . .	82

**Capítulo 5.- Cálculo, Análisis e Interpretación de resultados.**

5.1. Aforo vehicular. . . . .	83
5.2. Marco normativo. . . . .	87
5.3. Levantamiento topográfico. . . . .	88
5.3.1. Equipo topográfico. . . . .	89
5.4. Cálculo de curvas. . . . .	91
<b>Conclusiones.</b> . . . . .	94
<b>Bibliografía..</b> . . . . .	100

**Anexos**

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Según Crespo (2005) desde la existencia del hombre hace aproximadamente 100,000 años, la necesidad de alimentarse, vestirse y comunicarse fue de vital importancia, a si pues al desplazarse de un pueblo a otro fueron creando pequeños caminos (veredas), sin darse cuenta que creaban una vía de comunicación, que mas adelante tendrían problemas en las condiciones del terreno, ya que al llover se creaban lodazales y los caminos se volvían blandos, seguramente tratándose de mejorar sus condiciones, arrojaban rocas sobre el camino y a si lograban una superficie mas solida.

La invención de la rueda fue un auge para la comercialización de productos, en lo cual se vieron en la necesidad de ampliar los caminos y transformándolos en carreteras. De nuevo el problema de terrenos blandos los obligo a revestirlas con piedras hasta empedrarlas de tal manera que las ruedas no se incrustaban en el terreno si no que rodaban sobre la superficie sin mayor problema.

Los Espartanos y Fenicios fueron los pioneros en la construcción de caminos de los que se tiene una referencia, los romanos también construyeron caminos para la extensión de su dominio lo cual les favoreció en su economía y poder. De lo cual cabe mencionar la famosa y mundialmente conocida vía Appia.

En la presente investigación se llevará a cabo un diseño de proyecto geométrico. Del cual su selección se genera en la etapa de planeación de un tramo carretero, y sus etapas más destacadas resaltan la topografía, velocidad de proyecto y la cantidad de vehículos que transitaran por el camino.

En la búsqueda sobre información de tesis en la Universidad Don Vasco A.C. se encontraron diversas tesis relacionadas con proyectos geométricos, de las cuales se hace mención:

En la tesis titulada Diseño del proyecto geométrico de la carretera " El Capulín", del tramo km 0+000 al km 2+740 en el municipio de Zitácuaro, Mich. del año 2011, elaborada por Omar Medina Martínez, la cual muestra que su objetivo general fue el diseño del proyecto geométrico de la carretera "El Capulín", con lo cual se concluye que el diseño del proyecto fue elaborado correctamente y cumpliendo con el objetivo.

La tesis titulada Alternativa de proyecto geométrico en la denominada "Curva del diablo" carretera Carapan-Playa azul, tramo Carapan-Uruapan km 65+000 al 66+160, del año 2008, elaborada por Dorian Vladimir Hernández Báez, se encontró que el objetivo fue el de revisar el proyecto geométrico que comprende el tramo de la curva denominada "Del diablo", la cual se concluye que fue correctamente elaborada y cumpliendo con el objetivo planteado.



El alumno Juan Ricardo Puga Magaña realizó su tesis con el título alternativa de proyecto geométrico para el entronque "Caracha" km 92+739 del camino directo Pátzcuaro-Uruapan, del 2008, señalando como objetivo general realizar modificaciones geométricas en dicho entronque, las cuales tendrán por resultado eliminar accidentes y su seguridad será de mayor grado y presenta que se llevaron a cabo las modificaciones geométricas dichas que coinciden con las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### **Planteamiento del problema.**

En la presente investigación el tema a tratar es el proyecto geométrico de la carretera (Chilchota-Huecato) del tramo 7+600 al 9+600, en el municipio de Chilchota Mich., ya que este camino se encuentra en una lateral de un canal de irrigación, el cual conduce a huertas de diferentes variedades de frutos.

Este camino se encuentra a nivel de terracerías y prácticamente con un carril, lo cual es un gran problema ya que al pasar diariamente camiones de carga y jornaleros, se obstruyen el paso ocasionando un embotellamiento vial, sin contar que en temporada de lluvias puede llegar a ser intransitable, al igual que el pueblo se ve perjudicado al ser su única ruta de acceso .

Por ello se vio la necesidad de diseñar un proyecto geométrico que se adecue a las necesidades de tránsito y a las características geométricas del camino, permitiendo a sí el paso ágilmente de los automóviles.

**Objetivo general:**

Diseñar el proyecto geométrico del tramo carretero 7+600 a 9+600 camino Chilchota-Huecato.

**Objetivos particulares:**

1. Determinar el aforo vehicular del camino.
2. Definir las vías terrestres.
3. Determinar las características del tramo a diseñar.
4. Definir proyecto geométrico.
5. Señalar las partes que conforman un proyecto geométrico.

**Pregunta de investigación.**

¿Cuál es el diseño de proyecto geométrico idóneo para la carretera al camino Chilchota-Huecato.?

**Preguntas secundarias:**

1. ¿Cuáles son los tipos de automóviles que transitan?
2. ¿Cómo es la topografía del lugar?
3. ¿Qué beneficios tendría la comunidad con este proyecto?
4. ¿Qué es un proyecto geométrico?
5. ¿Cómo se llevaría a cabo el proyecto geométrico?
6. ¿El derecho de vía sería fácil de obtener?

## **Justificación.**

Esta investigación tiene como finalidad aportar los conocimientos a las personas y consultores que tengan acceso a ella. En la realización de este trabajo serían muchas las personas beneficiadas ya que al tener un buen camino se descongestionaría la vía y los agricultores, residentes del pueblo y sus alrededores podrían de manera más ágil sacar sus cosechas y comercialización de la misma.

Al igual se beneficiará la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco al ser una nueva aportación a la investigación, ya que con ésta se contara con mas fuentes de información, y servirá como apoyo para trabajos que se vayan a realizar en un futuro. De igual manera será un apoyo para los alumnos de la misma institución o de diferentes universidades al poder contar con una experiencia más, en lo que es el proyecto geométrico de un tramo carretero.

## **Marco de referencia.**

El tramo que se analizará se ubica en el municipio de Chilchota Michoacán con coordenadas  $19^{\circ}51'$  de latitud norte y  $101^{\circ}87'$  de latitud oeste. Se encuentra a una altura de 1,770 metros sobre el nivel del mar y su superficie es de 305.13 km<sup>2</sup>. Cuenta con una población de 29,247 habitantes y su tasa de crecimiento es del 2.2 % anual. Limita al norte con el municipio de Purépero, al este con Zacapu y Paracho y al noroeste con Tangancícuaro.

Su clima es templado, con lluvias en épocas de verano, con una precipitación pluvial promedio anual de 1,000 mm y con temperaturas que van desde 2,5 a 38°C. Su relieve se constituye por el sistema volcánico transversal, cerros viejos, Cobre y San Ignacio, y su hidrografía la constituyen los ríos Duero y Rito, y cuenta con manantiales dentro de su poblado.

La explotación forestal representa el 30% de su actividad económica, así como la producción de azahares que es su principal industria y su principal fuente de empleos, ya que estas artesanías son distribuidas en toda la república mexicana y de exportación hacia los E.U.A. Sus principales cultivos son: maíz, trigo, frijol, zarzamora, fresa, aguacate, durazno y lima.

Los principales problemas que presenta el municipio es el gran desempleo, esto provoca que los habitantes se desplacen a otras ciudades tales como Zamora y Jacona, pero desafortunadamente estas ciudades se encuentran también con las mismas condiciones de desempleo, y por tales motivos la opción es emigrar a los E.U.A

# **CAPÍTULO 1**

## **VÍAS TERRESTRES.**

En el presente capítulo se dará a conocer el concepto de vías terrestres, así como la determinación del aforo vehicular de un camino, el cual determinará el tipo de tránsito que circula por un tramo carretero, para que así mismo se pueda determinar la velocidad de proyecto requerida de acuerdo con las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### **1.1. Concepto de vías terrestres.**

" La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada." ( Crespo;2005: 1)

### **1.2. Clasificación de las carreteras.**

Con lo dicho por Crespo (2005) la clasificación de las carreteras ha sido de diversas maneras en distintos lugares del mundo, ya sea por su transitabilidad o el uso que se exija. La clasificación vial de México coincide con la de otros países, las cuales son: Clasificación por Transitabilidad, Clasificación por su Aspecto Administrativo y Clasificación Técnica Oficial.

### **1.2.1. Clasificación por Transitabilidad.**

Según Crespo (2005) esta clasificación pertenece a las etapas de construcción de la carretera y son divididas en:

a) Terracerías: Es cuando se construye la sección del camino, hasta llegar al nivel de subrasante que es transitable en época de secas.

b) Revestida: Esta etapa se da cuando por encima de la subrasante se coloca varias capas de material granular lo cual permite una estabilización mejor en el suelo y es transitable todas las épocas del año.

c) Pavimentada: Se conoce a si, cuando sobre la subrasante se ha colocado totalmente el pavimento.

### **1.2.2. Clasificación administrativa.**

En el aspecto administrativo las clasificaciones de las carreteras son:

1. Federales: es cuando la federación costea totalmente la obra y ésta se encuentra a su cargo.

2. Estatales: estos caminos son construidos por el llamado sistema de cooperación, lo cual indica que el gobierno del estado aporta el 50% de la obra, y la federación aporta el 50% restante. Dichas obras quedan a cargo por la Junta Local de Caminos, que es una secretarías del estado.

3. Vecinales o rurales: las obras construidas por este aspecto son financiadas por tres partes, la primera será por los vecinos que estarán beneficiados directamente, pagando una tercer parte de esta, otro tercio lo aportara el gobierno federal, y el tercio restante lo cubrirá el gobierno del estado, a si pues, cubriéndose totalmente la obra. Su construcción y conservación lo llevará a cabo la Junta Local de Caminos.

4. De cuota: unas de estas carreteras están a cargo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios y Conexos y otras serán concesionadas a la iniciativa privada, estableciendo a si una cuota de paso.

### **1.2.3. Clasificación técnica oficial.**

Esta clasificación, según Crespo (2005), tomando en cuenta el volumen de tránsito del camino se determina en forma precisa la categoría física de este, al final de un periodo económico y especificaciones geométricas que se aplican. En México, la Secretaria de Comunicaciones y Transportes clasifica estas carreteras en:

1. Tipo especial: para un tránsito promedio diario anual superior de 3,000 vehículos, que es aproximado a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o mas, este tipo de caminos pueden tener de dos a cuatro carriles en un sólo cuerpo.

2. Tipo A: esta clasificación se da para un tránsito promedio diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos.

3. Tipo B: se clasifican en tipo B un tránsito promedio diario anual de 500 a 1,500 vehículos, que equivale a un tránsito horario máximo de 60 a 180 vehículos.

4. Tipo C: para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, que equivale a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

### 1.3. Velocidad de proyecto.

De acuerdo con Crespo (2005), se puede definir a la velocidad de proyecto a la velocidad asignada para gobernar una carretera, tomando en cuenta las características geométricas en su aspecto operacional. La velocidad de proyecto es la que determina el costo del camino, ya que al elevar la velocidad, sus curvas tanto verticales como horizontales deben ser más suaves, y esto hace que los conductores no tenga sorpresas sobre el mismo.

A continuación se muestra la tabla de velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte:

VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES				
TOPOGRAFÍA				
TIPO DE CAMINO	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero poco escarpada	Montañosa, pero muy escarpada
Tipo especial	110 km/hr	110 km/hr	80 km/hr	80 km/hr
Tipo A	70	60	50	40
Tipo B	60	50	40	35
Tipo C	50	40	30	25

**Tabla 1.1.- Velocidades de proyecto recomendables.**

**Fuente: Crespo; 2005: 6.**



Un promedio de inclinación del terreno es el que determina qué tipo de región es la que se tiene. En una distancia de 30 km, si la inclinación es mayor a un 4% se considera montañoso. Cuando la pendiente oscila entre 2% y 4% es ondulado o lomerío, y en caso que de que la pendiente sea menor al 2% se considera como terreno plano.

#### **1.4. Tipo de tránsito.**

Según Crespo (2005), todos los tipos de caminos están afectados o dependen del tipo de vehículos que deban circular por él. Cuando se tiene un camino donde su uso sea principalmente el transporte de turistas, se tendrán principalmente el uso de automóviles personales, lo cual indica que el camino no tiene una gran exigencia, sin embargo si se tiene un camino el cual servirá para trabajar en una mina, se utilizaran vehículos de mayor peso dependiendo de las condiciones que se requieran.

Con esto se determina que el tipo de tránsito es de gran importancia conocerlo ya que con éste se escoge el mejor proyecto geométrico que se adecúe a las necesidades y se reducen costos, ya que de lo contrario se pueden llegar a tener problemas de tráfico o de fracturas del camino si no se hacen los estudios necesarios.

Cuando un camino ya se encuentra construido es fácil determinar el tránsito que fluye en él, y hasta el tipo de automóvil que circula. Existe un método para el conteo de vehículos, que se le denomina conteo automático, en el cual se utiliza un tubo de hule cerrado por una membrana en un extremo.

Este tubo se coloca transversalmente en el camino, y a la vez que un auto pase por encima de él, se genera un impulso de aire que genera un conteo en un aparato eléctrico, la desventaja de este método es que no indica el tipo de automóvil que lo cruza, sólo indica la cantidad que transita por dicha vía.

De lo contrario cuando todavía no se construye una carretera, se deben realizar una serie de estudios diferentes para la determinación de este aspecto, los cuales son: geográfico-físico, socioeconómicos y políticos de la región donde se desea construir, a si mismo se estipula un promedio del tránsito que pueda pasar por esa vía y el tipo de automóviles que lo puedan transitar.

Existe un método más para el conteo de los automóviles, que es el manual, el cual consiste en que una persona toma la cuenta manualmente y hace su registro, indicando el tipo de vehículo que transita por la vía, su desventaja es que si el número de autos supera la capacidad de la persona, se debe contratar mas personal y podría ser costoso, a si que el método más utilizado es el automático.

La capacidad máxima que debe alcanzar un camino, según el Departamento de Caminos Federales de los Estados Unidos de América, es de 900 vehículos por hora en ambos carriles de 3.66 m cada uno, y a sí mismo con pendientes y alineamientos adecuados. La capacidad una carretera puede medirse por la cantidad de autos que circulan por ella, por carril o dos carriles, según el caso que se tenga. Esta capacidad se ha tenido en cuenta como un valor de velocidad promedio entre 70 y 80 kilómetros por hora, y con una distancia entre vehículos de 30 metros.

Aplicando la fórmula  $Q=1000v/s$  se obtiene una cantidad de dos mil vehículos por hora en un aproximado. Donde  $V$  se entiende como la velocidad media de los vehículos y  $S$  es el intervalo entre ellos. Haciendo un recuento y basándose en experiencias se llega a la conclusión que las capacidades prácticas de trabajo para caminos de 2 a 4 carriles o más, son los siguientes:

Camino de dos carriles: 900 vehículos/hora.

Caminos de tres carriles: 1500 vehículos/hora.

Caminos de cuatro o más carriles: 1000 vehículos/hora, por carril, en carriles de dirección máxima al movimiento.

### **1.5. Factores que reducen la capacidad de la carretera.**

De acuerdo con Crespo (2005), al momento de construir carreteras siempre se pensará en condiciones ideales para que el tránsito vehicular sea el adecuado, sin embargo, siempre se encontrarán restricciones las cuales impedirán a que se llegue a la máxima optimización del proyecto, esto se debe a que existen diversos factores que afectan, y no se cumplan esas condiciones. Estas principales condiciones que afectarán la capacidad de la carretera serán: el ancho de sección, la visibilidad, pendiente, ancho de los acotamientos, cantidad de vehículos pesados que circulan por la vía y la obstrucción lateral.

En la obtención de una capacidad práctica de los caminos, se determinó que el ancho óptimo de la sección será de 3.66 m por carril y 1.80 m de acotamiento, siendo a si un ancho total de camino de 11m. Dado que estas dimensiones son las adecuadas, no siempre se contará con esto, dependerá de la topografía del lugar y el tipo de camino por la que se extiende.

En la siguiente tabla dada por la A.A.S.H.T.O. se observa el efecto de anchos de carril en la capacidad práctica:

<b>EFFECTOS DEL ANCHO DEL CARRIL</b>		
<b>Ancho del carril, en metros.</b>	<b>Vehículos por hora, total en los caminos de dos carriles.</b>	<b>Porcentaje de la capacidad con respecto a la sección óptima.</b>
3.66 (óptima)	900	100
3.35	774	86
3.05	693	77
2.75	630	70

**Tabla 1.2.- Efectos del ancho de carril.**

**Fuente: Crespo; 2005: 15.**

La visibilidad y la pendiente son otros factores que afectan directamente la capacidad de las carreteras, ya que están ligadas con el alineamiento y la velocidad de proyecto, esto quiere decir que al tener pendientes muy pronunciadas se reduce la visibilidad al conductor, y esto hace que reduzca la velocidad o si no lo hace, puede que sufra accidentes al no tener un panorama amplio si se le presenta una dificultad o una obstrucción.

El hecho de que una carretera no cuente con acotamientos, por ende se reduce la capacidad práctica de esta, ya que si un auto averiado queda varado a la horilla de la carretera, queda obstruyendo el carril y esto puede provocar un accidente a los demás automóviles que circulan por la misma vía. A sí mismo se puede decir que es de primera necesidad el contar con acotamientos en vías de tránsito.

### **1.6. Derecho de Vía.**

Con base en lo dicho por Mier (1987), el derecho de vía se puede definir como una proporción de terreno que tiene un ancho determinado y que sirve para el alojamiento de una vía de comunicación. La determinación del ancho de derecho de vía dependerá del tipo de proyecto que se tiene, de las normas de seguridad que se requieran y la eficiencia del servicio.

El derecho de vía en México se determinó como una distancia mínima de 40 metros, los cuales son 20 metros por cada carril, partiendo del eje central, en ocasiones se puede reducir el ancho de esta, dependiendo el tipo de obra que se vaya a realizar. En las ciudades o zonas urbanas el derecho de vía se reduce, ya que la distribución de sus calles no fueron las adecuadas y no se puede reclamar por completo este derecho.

### **1.7. Alineamiento.**

De acuerdo con Crespo (2005), al momento de construir un camino, siempre se busca que la vía quede situada por un terreno adecuado, que esté plano casi en su totalidad, lo cual sería lo ideal. Pero no siempre esto es posible, ya que la topografía es muy irregular casi en todas partes, y a si mismo las pendientes pueden ser muy pronunciadas, tanto que no sería factible la construcción de una carretera, por lo que será necesario proponer alternativas de rutas para evitar desniveles muy pronunciados, por estos desarrollos se llega a tener caminos con mayor extensión a la estipulada inicialmente.

Sin embargo de lo que se trata es que el camino quede lo más recto que sea posible, dado que la limitante de esto será el tipo de topografía que se tenga, el tipo de tránsito y los planes que se tengan a futuro para esta obra. Una observación de importancia es que, se debe tomar en cuenta que en los planos de más de 10 km de longitud pueden producir fatiga a los conductores, y esto pueda ser causa de accidentes.

### **1.8. Velocidad.**

De conformidad con Crespo (2005), la velocidad es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo en que se tarda en recorrer el mismo, y su fórmula es  $V= d/t$ . Al describir la velocidad de un automóvil se puede decir que es afectado por diversos factores, como son: el conductor, el clima, la vía , la cantidad de vehículos que circulan por la vía, etc.

Al aumentar la velocidad, se puede llegar a un ahorro de tiempo muy considerable, pero se debe tener en cuenta que las vías de comunicación tienen velocidades de proyecto ya dadas, lo cual al no respetarse se pueden sufrir accidentes. Los conductores son los responsables de hacer cambios de velocidad y a si mismo reducir el tiempo de su viaje, y por lo tanto, la velocidad debe ser regulada, estudiada y controlada por las respectivas autoridades encargadas.

#### **1.8.1. Velocidad de recorrido total.**

La velocidad de recorrido total se obtiene al momento de dividir la distancia de principio a fin del recorrido entre el tiempo total que se necesitó para recorrerla, en todo el recorrido el automóvil varió su velocidad contratadamente, ya que haya sido por tráfico o por cualquier causa que esté relacionada con la vía, excepto a paradas que no tengan que ver con el recorrido. La determinación del recorrido total es necesario para determinar la eficiencia de las vías y así mismo obtener el grado de congestionamiento vial en esta. Ya obtenidos estos datos se indican los lugares donde no se pueden estacionar los autos, colocar anuncios y señales luminosas advirtiéndolo a si, a los conductores de cualquier imprevisto.

#### **1.8.2. Método del cronómetro.**

Este método se puede decir que es el más antiguo y con seguridad el más económico, y consiste en marcar el pavimento con dos rayas a cierta distancia una de otra, y a si hacer pasar automóviles y medir con el cronometro cuanto tardan en recorrerlas, de esta manera se determina que el espacio que se recorre entre el tiempo que tardo en recorrerlo es igual a la velocidad del auto.

### 1.8.3. Método del radar.

"Se trata de un equipo accionado por la batería de un vehículo y que se basa en el principio del radar. El aparato emite ondas de alta frecuencia que rebotan en el vehículo que se acerca. Al regreso de la onda, ésta es registrada en el mismo aparato, el cual, de acuerdo con la intensidad de la onda, indica la velocidad del vehículo que se aproxima." (Crespo;2005: 8)

### 1.9. Curvatura.

Con base en Crespo (2006) es denominado grado de curvatura al ángulo en el centro que corresponde a un desarrollo de arco de 20 m y a su relación con el radio de la curva será:

$$G = \frac{1145.91}{R} = \frac{1146}{R}$$

La tabla siguiente muestra los grados de curvatura que se recomiendan para los distintos tipos de caminos y según la topografía que se tenga en el sitio, el proyectista tiene la facultad de adaptar este grado según la situación que se tenga.

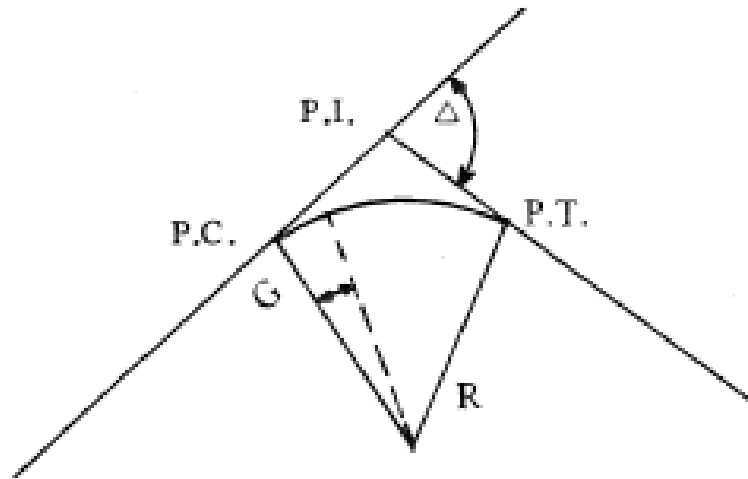
GRADOS DE CURVATURA MÁXIMOS RECOMENDABLES				
TOPOGRAFÍA				
Tipo de camino	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero poco escarpada	Montañosa pero muy escarpada
Tipo Especial	2°30'	4°30'	6°	6°
Tipo A	8°	11°	16°30'	26°
Tipo B	11°	16°30'	26°	35°
Tipo C	16°30'	26°	47°	67°

**Tabla 1.3.- Grados máximos de curvatura recomendables.**

**Fuente: Crespo; 2005: 17.**



La siguiente figura indica gráficamente el grado de curvatura, y los elementos que la componen:



**Fig. 1.1.- Grado de curvatura.**

**Fuente: Crespo; 2005: 16.**

P.C. = Principio de curva

P.I. = Punto de inflexión

G. = Grado de curvatura

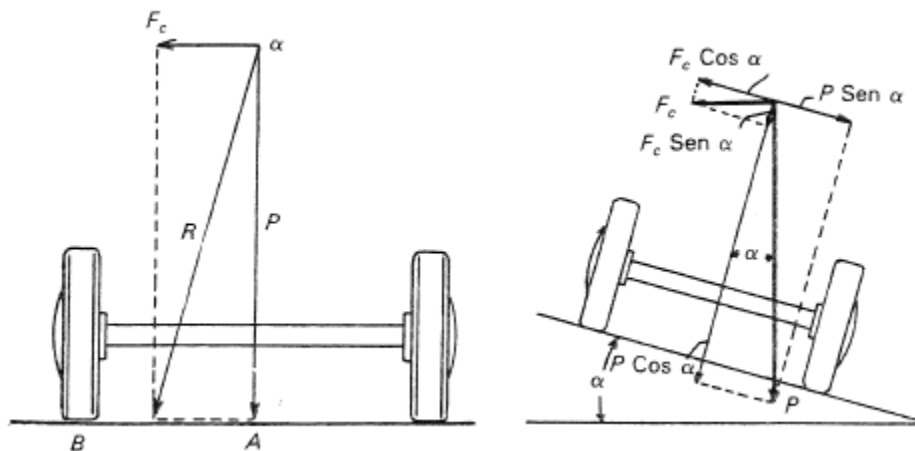
R. = Radio

P.T. = Principio de tangente

### 1.10. Sobreelevación.

De conformidad con Crespo (2006) la sobreelevación es la pendiente transversal que se le da al camino con el propósito de contrarrestar la fuerza centrífuga que se origina cuando el vehículo pasa de una tangente a una curva y esta fuerza origina el riesgo de deslizamiento transversal del vehículo o de volcadura.

La figura representa la inclinación o sobreelevación sobre un camino, el cual afecta directamente a los ejes de los automóviles.



**Fig. 1.2.- Sobreelevación.**

**Fuente: Crespo; 2005: 17.**

La siguiente tabla indica el grado de curvatura y la sobreelevación que corresponde:

GRADO DE LA CURVA	SOBREELEVACIÓN EN %
2° .....	2.0
2° 30' .....	4.0
3° .....	6.0
3° 30' .....	7.4
4° .....	8.5
4° 30' .....	9.3
5° .....	10.0
5° 30' .....	10.6
6° .....	11.0
6° 30' .....	11.4
7° .....	11.7
8° .....	12.3
9° .....	12.6
10° .....	12.8
en adelante .....	12.8

En caminos tipo especial la sobreelevación máxima aconsejable es del 10%.

**Tabla 1.4.- Grados de curvatura y Sobreelevación.**

**Fuente: Crespo; 2005: 19.**

### **1.11. Ampliación.**

Con base en lo dicho por Crespo (2006) la ampliación se debe a que un vehículo que transita por el lado interno de una curva horizontal, lleva las ruedas traseras en coincidencia con el radio de la misma, ya que es rígida la base del automóvil, las ruedas delanteras giran para seguir la trayectoria de la vía, pero los neumáticos traseros no lo hacen, así que prácticamente rotan en un eje y hacen que el vehículo tome trayectoria abarcando todo el carril.

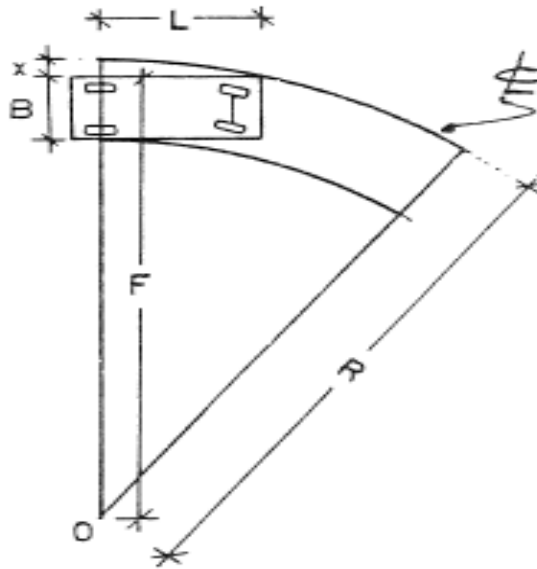
Este fenómeno se hace notar más en vehículos que son de ejes muy separados, como los camiones de carga o carros que tiran de remolques, los cuales al girar ocupan más espacio, ya que su rango de giro se limita a la distancia que tienen entre ejes, esto hace que se coloquen ampliaciones en cada curva dependiendo del rango de curvatura de la misma, a si pues para evitar colisiones o rozamientos entre vehículos que circulan en diferentes direcciones.

En curvas horizontales se ampliará el carril constantemente desde su principio de curva, hasta su principio de tangente, esta ampliación se hará por el lado interno de la curva, y terminará hasta los extremos de transición. Al tener curvas que sean menores de  $4^\circ$  , estas no se ampliarán, ya que no generan la fuerza centrífuga necesaria para que un auto se deslice.

La A.A.S.H.T.O. (Asociación Americana de Funcionarios de Caminos y Transportes Públicos) esta fórmula para calcular el sobre ancho de las curvas horizontales, quedando así, R radio en metros, L longitud de el automóvil en metros y V en kilómetros por hora.

$$X' = \left[ R - \sqrt{R^2 - L^2} \right] N + \frac{0.10 V}{\sqrt{R}}$$

En la siguiente figura se representa a un automóvil con un ancho  $B$  y una distancia  $L$  desde el eje trasero hasta la defensa.

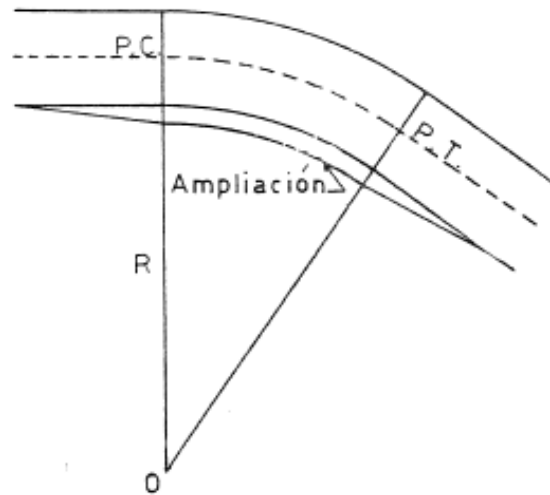


**Fig. 1.3.- Ampliación.**

**Fuente: Crespo; 2005: 23.**

Como anteriormente dicho, la ampliación o sobre ancho de una vía es necesaria para el proyecto de una carretera, a pesar que el conductor a simple vista no lo nota, en el manejo es perceptible este tipo de detalles, los cuales hacen que el automóvil quede siempre dentro de la vía.

A continuación se muestra en la figura la ampliación de una curva horizontal.



**Fig. 1.4.- Ampliación.**

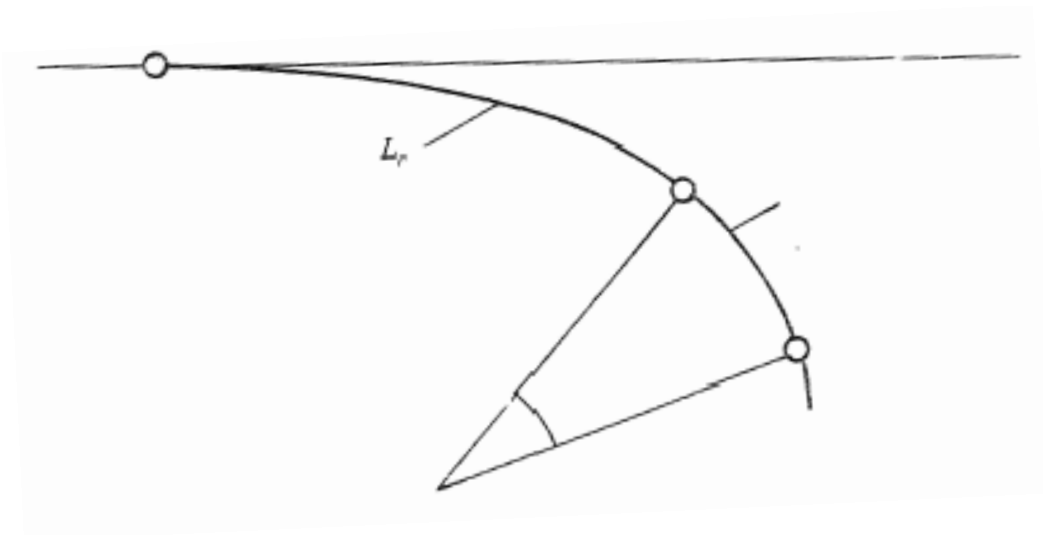
**Fuente: Crespo; 2005: 23.**

### **1.12. Transición.**

De conformidad con Crespo (2005) la transición es la unión de una tangente hacia una curva, esto quiere decir que un automóvil ocupa esta característica al ir sobre una vía, ya que al entrar en curva, para que el movimiento no sea tan brusco, la transición es el elemento que las une. Como antes mencionado, la ampliación que se le da a una curva es necesaria para que el automóvil no salga de la superficie de rodamiento, y así pues la transición hace que esa ampliación que se le da a la curva pueda tomarse de apoco sin sentir un cambio repentino.

En la proyección de un camino con características de seguridad y alineamientos, deben crear un confort hacia el conductor que circula a una velocidad de proyecto sobre la vía, también se crea una facilidad al entrar en curva, ya que al estar bien dimensionada la transición en curva, esto hace que la visibilidad sea buena y el conductor se sienta incitado hacerlo de manera correcta.

La figura siguiente representa la longitud de transición de una curva que tiene un sobre ancho.  $L_c$  = longitud de curva de transición.



**Fig. 1.5.- Transición.**

**Fuente: Crespo; 2005: 25.**

### 1.13. Pendiente.

La pendiente que se le da a un camino, y a sus diferentes tramos, es muy importante ya que al tener pendientes bajas, influye directamente a los costos de construcción, y al contrario, el tener pendientes altas, estas afectan en los costos de transporte, porque se disminuye la velocidad de proyecto estipulada, aumenta el desgaste del vehículo y principalmente sus neumáticos. Con lo anterior se tiene en consideración una solución adecuada y que sea viable para el proyecto, ya que si no se toman en cuenta este tipos de factores, afectan grandemente a la economía del proyecto.

La siguiente tabla indica las pendientes máximas recomendables para un proyecto.

<b>PENDIENTES MÁXIMAS RECOMENDABLES</b>				
<b>TOPOGRAFÍA</b>				
<b>Tipo de camino</b>	<b>Plana o con poco lomerío</b>	<b>Con lomerío fuerte</b>	<b>Montañosa, pero poco escarpada</b>	<b>Montañosa pero muy escarpada</b>
Tipo Especial	4%	4.5%	5%	5%
Tipo A	4%	5%	5.5%	6%
Tipo B	4.5%	5.5%	6%	6.5%
Tipo C	5%	6%	6.5%	7%

**Tabla 1.5.- Pendientes máximas recomendables.**

**Fuente: Crespo; 2005: 29.**



"Las pendientes máximas se suelen establecer, generalmente, de acuerdo con la potencia de los vehículos que tendrán que circular por la vía. La Sociedad Americana de Ingenieros. Automovilistas recomiendan la siguiente fórmula para calcular la pendiente máxima que puede vencer un camión de una potencia dada, circulando a una determinada velocidad." (Crespo;2005: 30)

$$i = \frac{0.15CN}{VP} - 1.5$$

en la cual:

V= Velocidad de traslación del camión en km/hora.

C= Cilindrada en centímetros cúbicos ( número de pistones por el volumen de cada cilindro cuando el pistón está en su punto muerto inferior).

N= Velocidad de rotación del motor, en revoluciones por minuto ( vueltas de cigüeñal)

P= Peso bruto del camión en kilogramos.

$i$  = Pendiente del terreno en %.

El 1.5 representa una resistencia constante al rodamiento de las llantas, y esto equivale a 15 kg por tonelada de peso del vehículo. Si un camión asciende una pendiente esto no significa que esta deba ser aceptada, ya que puede ser muy pronunciada y obligaría a los conductores poner en marchas más pequeñas a sus vehículos, y de esta manera los autos se calentarían y podrían sufrir daños, lo cual no se encuentra redituable, ya que también la velocidad de proyecto disminuye.

Otra característica que se debe tomar en cuenta, es la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra dicha pendiente, ya que al ser muy grande esta, se escasea el oxígeno y los automóviles de combustión interna y reducen su potencia y arrastre. Para compensar este tipo de problemas, se han implementado motores supercargados que compensan la falta de presión de oxígeno, pero esto no significa que todos los vehículos que transiten sean nuevos o cuenten con este tipo de tecnología.

En curvas horizontales, ofrecen resistencias al movimiento de los vehículos, y esto los obliga a que desarrollen excesos de potencia, que equivale a desarrollar la fuerza necesaria para contrarrestar la pendiente. Es necesario compensar este tipo de resistencia, se disminuye gradualmente la pendiente en toda la longitud de la curva. Esta compensación se calcula con la fórmula:

$$D = \frac{38 i}{R}$$

en la cual:

D= Reducción de pendiente en %.

R= Radio de la curva en metros.

*i* = Pendiente en %.

#### **1.14. Visibilidad.**

De conformidad con Crespo (2005) la visibilidad de una carretera es una tarea muy importante, ya que, los caminos construidos son casi obsoletos a los vehículos modernos, en épocas anteriores la tecnología limitada de los automóviles hacia que la velocidad de proyecto de una vía fuera baja, pero al paso del tiempo los autos pueden viajar más rápido y necesitan nuevas vías que les ayude a llegar mas rápido a su destino, de esta manera se puede decir que exista tanto en planta como en perfil, la distancia de visibilidad adecuada para que el conductor de un vehículo pueda observar lo que hay delante de él, y si se encuentra con un imprevisto pueda frenar sin tener problemas.

Existen dos tipos de visibilidades para un conductor: la distancia de visibilidad para rebase y la distancia de visibilidad para frenarse. La visibilidad de frenarse se puede decir que es la más importante, ya que el conductor necesita detenerse si se le presenta un imprevisto, y esta se compone de dos factores: que es la distancia en la que el vehículo recorre desde que el conductor observa el obstáculo y presiona sus frenos, y el otro factor es la capacidad de frenado del automóvil.

La distancia de visibilidad para rebase, es la distancia que se necesita para pasar a uno o varios automóviles que van en el mismo sentido, sin peligro de chocar con los vehículos que vienen en dirección contraria, una medida que se implementa es el pintado de líneas punteadas sobre la carretera, y esta le indica al conductor si es posible el rebase o no.

En la siguiente tabla se mencionan los valores de aceleración para el rebase de vehículos.

Velocidad de Proyecto en km/hora	Aceleración a en km/hora por segundo, para m = diferencia entre V y la velocidad del vehículo sobrepasado:			
	15	24	32	40
	Sobrepaso de un vehículo			
50	4.2	4.6	5.1	5.7
65	3.4	3.7	4.2	4.6
80	2.7	3.0	3.4	3.7
95	2.1	2.2	2.7	3.0
110	1.6	1.8	2.1	2.2
	Sobrepaso de dos vehículos			
50	4.0	4.5	5.0	5.5
65	3.2	3.5	4.0	4.5
80	2.6	2.9	3.2	3.5
95	1.9	2.2	2.5	2.9
110	1.4	1.8	1.9	2.2

**Tabla 1.6.- Valores de la aceleración para el sobrepase de vehículos.**

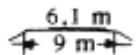
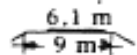
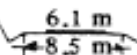

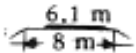
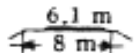
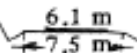

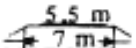
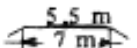
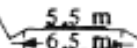

**Fuente: Crespo; 2005: 37.**

### **1.15. Ancho de sección.**

Según Crespo (2005) el diseño del camino es un problema importante, al que se debe poner mucha atención, ya que si se construye una sección reducida, el tránsito de vehículos que pueda transitar por ésta será poco o muy reducido, lo cual influirá en un costo más bajo, pero a futuro será costoso. Y si se construye una sección amplia el costo de esta será muy elevado dejándola casi inalcanzable, pero el flujo de autos que pueda transitar por ella llegará a ser elevado.

Así que se llega a un equilibrio, y se propone una sección de medidas convenientes que incluyan un tiempo a futuro próximo, también esto dependerá del tipo de automóviles que la transiten, y obteniendo el aforo vehicular y por último la velocidad de proyecto requerida, ya que a mayor velocidad, mayor ancho de vía, esto tiende a que los vehículos se separen mas del bordo de la carpeta asfáltica.

En la siguiente tabla se indican las medidas que deben llevar las secciones de los tramos carreteros, dependiendo del tipo de camino que se trate.

TIPO DE CAMINO	TOPOGRAFÍA			
	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero poco escarpada	Montañosa, pero muy escarpada
Tipo especial	Requiere estudio especial			
Tipo A				
Tipo B				
Tipo C				

**Tabla 1.7.- Secciones transversales del camino.**

**Fuente: Crespo; 2005: 41.**

## **CAPÍTULO 2**

### **PROYECTO GEOMÉTRICO.**

En el presente capítulo se dará a conocer lo que comprende un proyecto geométrico, se definirán los conceptos básicos que lo conforman y los procedimientos para su realización. Igualmente se señalarán sus aspectos principales, pero a los que se les hará mas énfasis serán la elección de ruta, drenajes de caminos, alineamiento vertical y alineamiento horizontal.

#### **2.1 Concepto de proyecto geométrico.**

"El diseño geométrico de carreteras es la técnica de la ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos." ( [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com); 2012)

#### **2.2 Elección de ruta.**

Según Olivera (2006), la ruta es la franja de terreno sobre la cual se construirá una vía terrestre, la cual tendrá un ancho que variará, dependiendo de las etapas que se realizarán por consecuente. La elección de la ruta es la parte más importante en este tipo de proyectos, ya que al hacer una buena elección del camino donde se trazará la vía, los costos de ésta serán más bajos.

Los errores que se puedan cometer en las siguientes etapas, son más fáciles de corregir, a que si desde un principio se cometiera una falla en la mejor elección de la ruta, por lo que para no llegar a cometer este tipo de detalles, deben realizarse ciclos de reuniones, reconocimientos tanto a pie como aéreo, informes y estudios. En esta fase los trabajos son de mucha seriedad y con mucha técnica, procurando que participen especialistas en las diferentes ramas, como son: ingenieros civiles especializados en proyecto geométrico, en planeación e ingenieros geólogos.

Para poderse apoyar, los ingenieros hacen uso del acopio exhaustivo de datos de las zonas, se consultan mapas del país, del estado o del municipio, dependiendo de la ubicación de la obra, estos mapas de preferencia deben tener curvas de nivel, esto es de gran importancia, porque así se puede saber con exactitud los desniveles topográficos que hay en todo el transcurso de la vía, mapas de clima, geológicos etc.

En México se utilizan con mucho éxito los planos y fotografías con los que cuenta el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática ( INEGI ), por lo que los ingenieros que se encargaran de elegir la ruta, analizan con detenimiento la información proporcionada por estos mapas, para poder así hacer propuestas de tal ruta. Al tener una opción, se hace un reconocimiento mediante avionetas que son de ala alta, para tener una visibilidad completa hacia la superficie de la tierra.

Al realizar todo este tipo de estudios se puede llegar a tener una ruta tentativa, y apoyándose con el uso de helicópteros, los especialistas pueden sobrevolar la zona y si es posible aterrizar, para hacer un recorrido a pie, y así se logrará obtener datos de: pendientes longitudinales, del tipo de terreno, drenaje natural, bancos de materiales, formaciones rocosas etc. Ya terminada esta etapa, la elección de la ruta, se obtendrá la memoria de todos los recorridos y estudios con planos, fotografías y mosaicos fotográficos donde se marcará la ruta que se apruebe.

### **2.3 Elementos del proyecto geométrico.**

En seguida se presentan los elementos que componen al proyecto geométrico, así como sus características que los definen.

#### **A) Alineamiento Vertical.**

Olivera (2006), describe como la proyección del centro de la línea de una vía sobre un plano vertical, señala que elementos que la componen son las tangentes verticales y curvas verticales. Las tangentes verticales se componen por la longitud y pendiente, las prolongaciones hacia adelante y hacia atrás de una tangente, son seccionadas en un punto al que se le denomina, Punto de Inflexión Vertical (PIV), que tiene un cadenamiento y elevación.

En este alineamiento existen tres tipos de pendientes, que son la mínima, la gobernadora y la máxima. Se dice que la mínima garantiza que haya un buen drenaje en la corona del camino y normalmente se define con un 0.5 % de inclinación. La pendiente gobernadora es la que se tendrá en todo el trazo y la máxima es la pendiente mayor que se utilizará.



En el proyecto siempre se contará con la combinación de todas las pendientes mencionadas anteriormente, y esto tiene como finalidad el reducir el tiempo en el que se llega de un punto a otro y así aumentar la velocidad de proyecto. Hay un método para el estudio de combinaciones de pendientes, el cual se le denomina el de Tangarín.

Las curvas deben garantizar el drenaje adecuado, contar con una buena apariencia, y proporcionar al usuario una buena comodidad al manejo. Para hacer el cálculo de estas curvas, existen tablas que son dadas por las normas de proyectos geométricos. La longitud de las curvas verticales deben estar definida mediante estaciones a cada 20 metros y el principio de curva, debe estar situado en una estación cerrada. Se tiene la fórmula siguiente para conocer las elevaciones en cualquier estación:

$$Z_N = Z_{n-1} + (P_1 / 5) - (A(2n+1) / 10N)$$

Donde:

$Z_n$  = Elevación de un punto.

$Z_{n-1}$  = Elevación del punto anterior.

$P_1$  = Pendiente de entrada.

$A$  = Diferencia algebraica de pendientes.

$N$  = Número de estaciones en la longitud de la curva

$n$  = Número de estaciones del PCV al punto considerado.

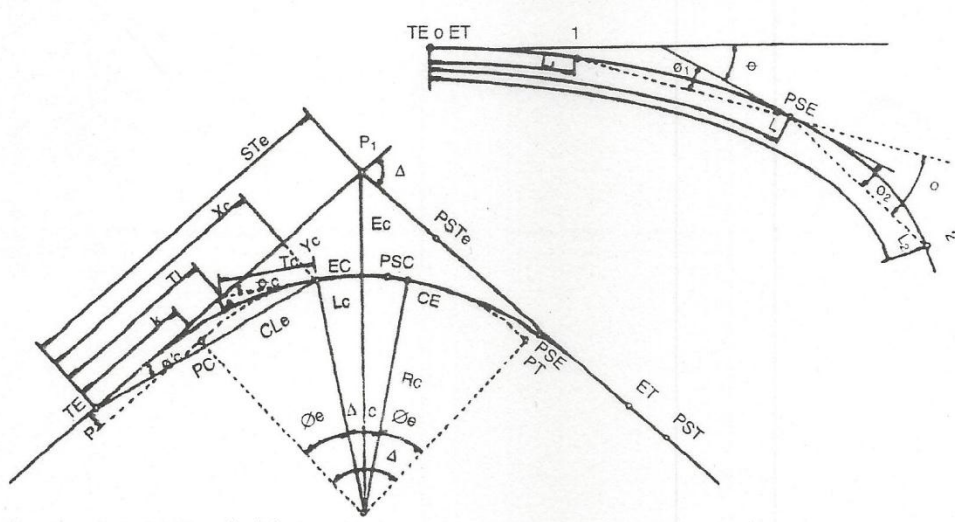
## **B) Alineamiento horizontal.**

“El alineamiento horizontal es la proyección de centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra.” (Olivera; 2006: 31)

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La dirección es el rumbo que lleva la tangente, y la longitud es la distancia que hay entre el final de la curva horizontal anterior y el principio de la siguiente curva. La longitud mínima de una horizontal es aquella que se necesita para cambiar de forma correcta la curva, la pendiente transversal y el ancho de la corona.

Pueden presentarse accidentes en terrenos donde se tienen tangentes de mayor longitud que la señalada, con esto es conveniente introducir bayonetas con dos o tres curvas amplias a distancias aproximadamente de 15 km. Para cambiar la dirección de un vehículo de una tangente horizontal a otra son requeridas curvas y su longitud sea igual a la fuerza centrífuga que se obtiene al hacer el giro, dicha fuerza no puede ser tan grande ya que podrían salirse del camino los automóviles que transitan por la vía. El tipo de curvas que cumplen con dichas condiciones son la espiral de Euler y la lemniscata de Bernoulli.

En las siguientes figuras se muestran los elementos de las curvas con los cuales se deben cumplir en un proyecto geométrico:



**Fig. 2.1.- Elementos de la curva circular con espirales.**

**Fuente: Olivera; 2006: 32.**

PI: Punto de intersección de las tangentes

TE: Punto donde termina la tangente y empieza la espiral

EC: Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular

CE: Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral

ET: Punto donde termina la espiral y empieza la tangente

PSC: Punto cualquiera sobre la curva circular

PSE: Punto cualquiera sobre la espiral

PST: Punto cualquiera sobre las tangentes

PSTe: Punto cualquiera sobre las subtangentes

STe: Subtangentes

TC: Tangente corta

RC: Radio de la curva circular

LC: Longitud de curva de curva circular

$\Delta$  : Ángulo de flexión de las tangentes

$\Delta_c$  : Ángulo central de curva

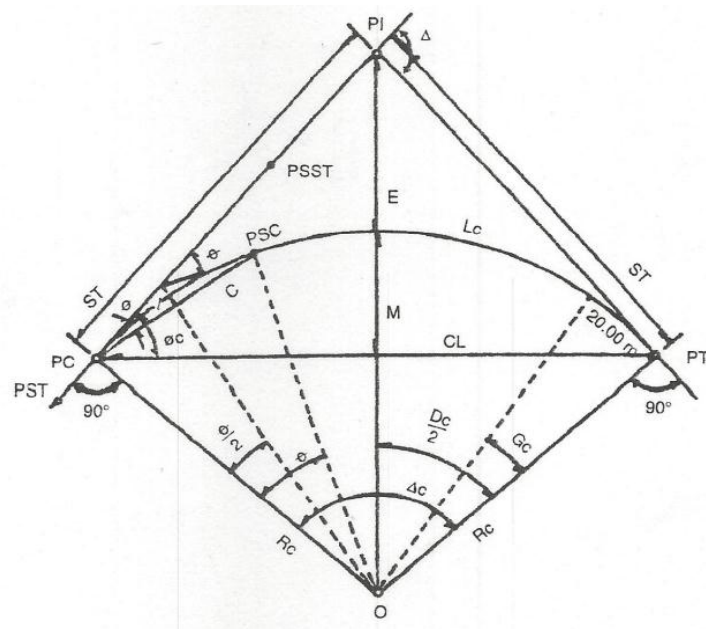


Fig. 2.2.- Elementos de la curva circular simple.

Fuente: Olivera; 2006: 33.

PC: Punto donde comienza la curva circular simple

PT: Punto donde termina la curva circular simple

PST: Punto sobre tangente

PSST: Punto sobre subtangente

PSC: Punto sobre la curva circular

O: Centro de la curva circular

$\Delta$  : Ángulo de flexión de las tangentes

$\Delta_c$  : Ángulo central de la curva circular

Lc: Longitud de la curva

CL: Cuerda larga

ST: Subtangente

E: Externa

Rc: Radio de la curva

Gc: Grado de la curvatura de la cuerda

### **C) Sección transversal de una obra vial.**

De acuerdo con Olivera (2006), la sección transversal de una obra vial es el corte respecto a un plano vertical y normal al centro de la línea en el alineamiento horizontal. Es preciso aclarar que el proyecto geométrico de vías terrestres se realiza a nivel de terracerías o nivel de subrasante, por lo tanto las dimensiones que se manejan son las que se tendrán al nivel marcado.

La pendiente y el ancho transversal son características de la subcorona. El bombeo que se hace en las tangentes horizontales es para desalojar rápidamente el agua de lluvia, ya que pueden provocar accidentes a los vehículos que la transitan si no se realiza esta maniobra, éste se hace hacia ambos lados de la corona, dependiendo del tipo de camino este bombeo se da en porcentaje y va desde el 2 a 3 %.

La sección transversal que se tiene en las curvas horizontales, se les denomina sobreelevación y se le llama pendiente, esta se le da a la corona hacia el centro de la curva, esta característica tiene dos funciones, el de drenar el agua de lluvia rápidamente para evitar deslizamientos o pérdida de control de los vehículos y el evitar la fuerza centrífuga que se genera al hacer un cambio de dirección. La velocidad de proyecto, el grado máximo y la sobreelevación se relacionan con la fórmula:

$$G \text{ máx} = 146735(\mu + S \text{ máx}) / V^2$$

En la que:

G<sub>máx</sub>: Grado máximo de curvatura para la velocidad que corresponde a la curva circular entre las espirales, si las hay.

V: Velocidad de proyecto en km/h.

$\mu$ : Coeficiente de fricción entre llantas y superficie de rodamiento en decimal.

S: Sobreelevación.

El cálculo del grado de curvatura depende de la velocidad de proyecto, y es posible utilizar diferentes tipos de grados, teniendo en cuenta que no se debe exceder el máximo. Para su cálculo se debe definir S<sub>máx</sub>, éste cálculo se hace dependiendo de la cantidad de vehículos pesados que transitan por la vía. En México se usa un S<sub>máx</sub>= .10. Asimismo,  $\mu$  se elige conforme el tipo de superficie de rodamiento y la velocidad de proyecto.

Para que la corona tenga una sobreelevación que corresponda a una curva circular, se tendrá que pasar, en el carril exterior del bombeo a posición horizontal, es una distancia a la cual se le nombra como "N". Luego, este mismo carril se gira en otra distancia "N" de horizontal, hasta que concuerda con la inclinación de bombeo del carril interior. Por último, la corona se gira hasta que se tenga la sobreelevación que se requiere de la curva circular. El valor de "N" se calcula con la fórmula  $N=(\text{bombeo} \times Le)/S$ , tomando en cuenta que los dos últimos movimientos mencionados, se realizan en la longitud de la espiral (Le).

En las siguientes tablas se presentan los valores requeridos para calcular las ampliaciones de curva, longitudes de transición y sobreelevaciones, dependiendo del tipo de superficie de rodamiento y la velocidad de proyecto.

VELOCIDAD	50			60			70			80			90			100			110			
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.68	0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
0° 30'	2291.84	0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62
0° 45'	1527.89	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62
1° 00'	1145.92	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.5	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.3	56	30	5.2	62
1° 15'	916.74	20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.3	56	40	6.3	62
1° 30'	763.94	20	2.0	28	30	2.8	34	30	3.5	39	30	4.4	45	40	5.3	50	40	6.4	56	40	7.3	64
1° 45'	654.81	30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	56	50	8.1	71
2° 00'	572.96	30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	65	50	8.9	78
2° 15'	509.30	30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	55	50	8.7	70	60	9.4	85
2° 30'	458.37	30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	57	60	9.2	74	60	9.8	88
2° 45'	416.70	30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	60	60	9.6	77	60	10.0	88
3° 00'	381.97	40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	63	60	9.8	79			
3° 15'	352.99	40	3.9	28	40	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	66	60	10.0	80			
3° 30'	327.40	40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	69						
3° 45'	305.58	40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	71						
4° 00'	286.48	40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71						
4° 15'	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	60	8.1	45	60	9.4	60	70	10.0	72						
4° 30'	254.66	50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61									
4° 45'	241.25	50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62									
5° 00'	229.18	50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	50	70	9.9	63									
5° 15'	208.35	60	6.0	28	60	7.8	37	70	9.3	52	80	10.0	64									
6° 00'	190.99	60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54												
6° 30'	176.28	60	6.7	28	70	8.6	41	80	9.8	55												
7° 00'	163.70	60	7.0	28	70	8.9	43	80	9.9	55												
7° 30'	152.79	70	7.3	29	80	9.1	44	80	10.0	56												
8° 00'	143.24	70	7.6	30	80	9.4	45															
8° 30'	134.81	70	7.9	32	80	9.6	46															
9° 00'	127.32	80	8.2	33	90	9.7	47															
9° 30'	120.62	80	8.4	34	90	9.8	47															
10° 00'	114.59	80	8.6	34	90	9.9	48															
10° 30'	109.13	90	8.8	35	100	10.0	48															
11° 00'	104.17	90	9.0	36	100	10.0	48															
11° 30'	99.64	90	9.2	37																		
12° 00'	95.49	100	9.3	37																		
12° 30'	91.67	100	9.3	38																		
13° 00'	88.15	100	9.6	38																		
13° 30'	84.88	110	9.7	39																		
14° 00'	81.85	110	9.8	39																		
14° 30'	79.03	110	9.8	39																		
15° 00'	76.38	110	9.9	40																		
15° 30'	73.93	120	9.9	40																		
16° 00'	71.62	120	10.0	40																		
16° 30'	69.45	120	10.0	40																		
17° 00'	67.41	130	10.0	40																		

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.  
Sc Sobreelevación, en porcentaje.  
Le Longitud de la transición, en metros.  
(Abajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas.)

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

Tabla. 2.1.- Ampliaciones y transiciones para tipo B.

Fuente: Olivera; 2006: 35.



VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.63	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 30'	2291.84	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 45'	1527.89	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
1 00	1145.92	20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
1 15	916.74	30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
1 30	763.94	30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
1 45	654.81	30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	6.0	45	50	6.0	50	60	7.3	56
2 00	572.96	30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
2 15	509.30	30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	55	60	8.7	70
2 30	458.37	40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
2 45	416.70	40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
3 00	381.97	40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
3 15	352.59	40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
3 30	327.40	40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
3 45	305.58	50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71			
4 00	286.48	50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
4 15	269.63	50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
4 30	254.65	50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
4 45	241.25	50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
5 00	229.18	50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
5 30	208.35	60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10.0	64						
6 00	190.99	60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
6 30	176.29	60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
7 00	163.70	70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
7 30	152.79	70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10.0	56									
8 00	143.24	70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
8 30	134.81	80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
9 00	127.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
9 30	120.62	80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10 00	114.59	90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11 00	104.17	90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12 00	95.49	100	7.3	23	110	9.3	37															
13 00	88.15	100	7.6	24	110	9.6	38															
14 00	81.85	110	7.9	25	120	9.8	39															
15 00	76.39	110	8.2	26	120	9.9	40															
16 00	71.62	120	8.5	27	130	10.0	40															
17 00	67.41	120	8.7	28	140	10.0	40															
18 00	63.66	130	8.9	28																		
19 00	60.31	130	9.1	29																		
20 00	57.30	140	9.2	29																		
21 00	54.57	140	9.4	30																		
22 00	52.09	150	9.5	30																		
23 00	49.82	150	9.6	31																		
24 00	47.75	160	9.7	31																		
25 00	45.84	160	9.8	31																		
26 00	44.07	170	9.9	32																		
27 00	42.44	170	9.9	32																		
28 00	40.93	180	10.0	32																		
29 00	39.51	190	10.0	32																		
30 00	38.20	190	10.0	32																		

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

(Abajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas.)

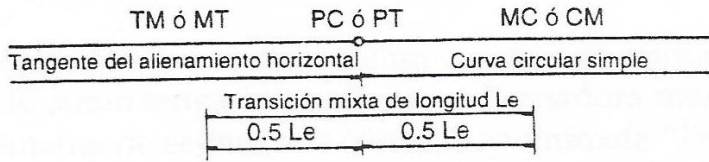
Nota. Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpolación lineal.

Tabla. 2.2.- Ampliaciones y transiciones para tipo C.

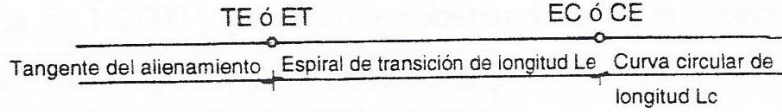
Fuente: Olivera; 2006: 36.

LOCALIZACIÓN RELATIVA DE LAS TRANSICIONES

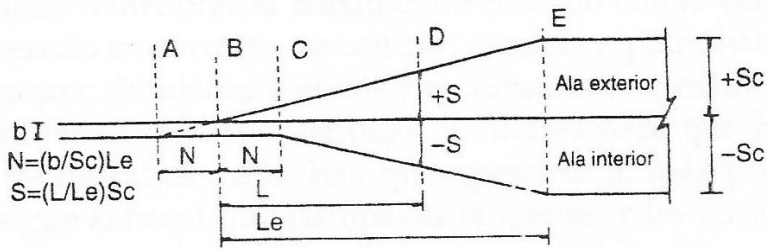
a) Transición mixta



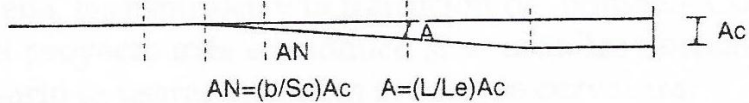
b) Espiral de transición



VARIACIÓN DE LA SOBREELEVACIÓN



VARIACIÓN DE LA AMPLIACIÓN



SECCIONES TRANSVERSALES

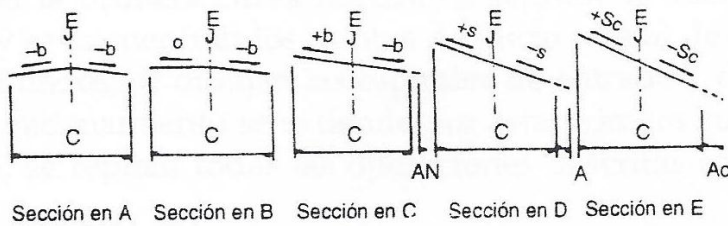


Fig. 2.3.- Desarrollo de la sobreelevación y la ampliación de la curva.

Fuente: Olivera; 2006: 37.

## **2.4 Drenaje de caminos.**

"Uno de los elementos que causa mayores problemas a los caminos es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos, presentándose así fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Lo anterior obliga a construir el drenaje de tal forma que el agua se aleje a la mayor brevedad posible de la obra, podría decirse que un buen drenaje es el alma de los caminos". (Olivera; 2006: 45)

### **2.4.1 Drenaje artificial.**

En conformidad de Olivera (2006) el drenaje artificial es muy importante para los tipos de caminos que tienen poco tránsito, los cuales no cuentan con superficies de rodamiento mejorados o impermeables y tampoco tienen cunetas revestidas, los materiales quedan expuestos al contacto directo con el agua, por ello la construcción de caminos se requieren estudios cuidadosos del drenaje.

Al momento de construir un camino, la mayoría de veces se corta el escurrimiento natural del flujo, permitiendo sólo el paso de este en puntos específicos, los cuáles son elegidos por el proyectista, dándole así el escurrimiento al camino lo más pronto posible, para que no sufra daño alguno y su reparación se costoso, y lo más importante que es el tránsito vehicular fluido.

El estudio del drenaje se iniciará en la elección de ruta, señalando una zona que tenga menos problemas de escurrimiento. Dada las circunstancias se utilizarán la pendientes máximas permisibles y se tratará de aprovechar los parteaguas, donde el drenaje sea mínimo. Al momento de la elección de ruta no se hace correctamente, se presentarán problemas durante la vida útil del camino y aumentarán los costos innecesarios tempranamente.

#### **2.4.2 Factores que afectan el escurrimiento del agua.**

- a) Cantidad de precipitación.
- b) Tipo de precipitación.
- c) Tamaño de la cuenca.
- d) Declive superficial.
- e) Permeabilidad de suelos y rocas.
- f) Condiciones de saturación.
- g) Cantidad y tipo de vegetación.

La cantidad y el tipo de precipitación se deben tener en cuenta, por la cantidad de agua que cae anualmente en la zona, y si lo hace en forma de aguacero o de lluvia fina durante periodos largos, esto quiere decir que si la precipitación es en forma de aguacero, la cantidad de agua que cae en unas horas es muy grande y son necesarias obras de captación muy grandes, y si la lluvia es prolongada y fina las obras necesarias para la captación serán menores.

El tamaño del área por drenar es de gran importancia, ya que se pueden tener cuencas chicas, pero con un alto índice de lluvia, o cuencas muy grandes, en las cuales la lluvia sólo caerá en partes y su infiltración será mayor, esto dependerá del declive de la superficie y de la permeabilidad de los suelos y rocas.

### **2.4.3 Clasificación del drenaje.**

El drenaje artificial se clasifica en superficial y subterráneo, esto dependerá si el agua escurre o no por las capas de la corteza terrestre. El drenaje superficial es considerado como longitudinal o transversal, esto depende de la posición de la obra respecto al eje del camino. El drenaje longitudinal se encarga de captar todos los escurrimientos, evitando que lleguen al camino o permanezcan en él y lo dañen, de este tipo de drenaje se obtienen las cunetas, contracunetas, bordillos, y canales de encausamiento, y se les llama drenaje longitudinal ya que están paralelos lo más posible con el camino.

El drenaje transversal permite el paso del agua que cruza de un lado a otro del camino, y retira lo más pronto posible el agua de la corona, con distintos elementos como son: tubos, losas, cajones, bóvedas, vados, sifones invertidos, puentes y el bombeo del propio camino. De acuerdo con la dimensión del claro del camino, las obras de drenaje transversal, se ha clasificado en mayor y menor. El drenaje mayor se requiere en obras que tienen un claro mayor a 6 m, y las obras de drenaje mayor se les denomina puentes y las de drenaje menor se les llama alcantarilla.

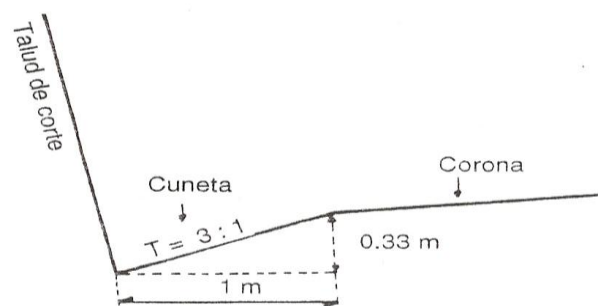
#### 2.4.4. Drenaje longitudinal.

El drenaje longitudinal se encuentra a lo largo de todo el camino, ya que su función es el desvío del agua lo más lejos posible para evitar daños a la estructura, a continuación se definirán los elementos principales que lo componen, así como la función que ejerce cada uno de ellos.

#### Cunetas

Según Olivera (2006) las cunetas son canales que se hacen a la orilla de la carretera y su función es coleccionar el agua que escurre de la corona de la superficie de rodamiento, del talud del corte y del terreno natural que esta enseguida, para llevarla hacia una obra transversal o a una corriente natural, y así alejarla lo más posible del camino, para que no lo dañe.

A continuación se muestra la figura que representa un corte transversal de un camino, en la cual se observa los elementos de una cuneta.



**Fig. 2.4.- Sección típica de una cuneta.**

**Fuente: Olivera; 2006: 50.**

Para llevar a cabo el cálculo del área hidráulica de las cunetas se necesita que se tome en cuenta las características del área por drenar. La mayoría de los casos se considera suficiente utilizar una sección triangular con una profundidad de 33 cm, un ancho de 1 m y taludes 3:1. Estas medidas se tienen como estándar, en dado caso estas medidas cambiaran dependiendo del gasto que tenga que fluir sobre ellas.

La longitud de las cunetas no deberá ser mayor de 250 m, y si sobrepasara esa medida, se deberá construir una obra de alivio que permite reducir la cantidad de agua que se conduce por la cuneta, ya que si sobrepasa el nivel se desbordará y dañara el camino. La sección más común a utilizar es la triangular, con ésta los automóviles pueden orillarse en dado caso de falla.

Cuando los materiales en las cunetas son erosionables, es necesario reducir la velocidad, disminuyendo la pendiente de la cuneta y aumentando la sección del canal y generalmente están revestidas. Para evitar problemas de deslaves en cunetas debido a las grandes velocidades de flujo que circula sobre ellas, se tienen los siguientes valores de la velocidad a la cual los materiales comienzan a deslavarse.

Material	Velocidad m/s	Material	Velocidad m/s
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Tepetate	2.0
Arcilla ordinaria	0.85	Grava gruesa	3.5
Arcilla firme	1.25	Zampeado	3.4-4.5
Grava fina	2.00	Concreto	4.5-7.5

**Tabla. 2.3.- Velocidades del agua a las cuales se erosionan diferentes materiales.**

**Fuente: Olivera; 2006: 51.**

### **Contracunetas.**

De conformidad con Olivera (2006) las contracunetas son zanjas que son construidas aguas arriba de los cortes que se hacen para que cruce una carretera, con la finalidad es atrapar el agua que escurre por las laderas y llevarla hacia alguna cañada o a una parte baja donde no pueda hacer daño a la estructura de la vía. En realidad se han hecho estudios y se llegó a la conclusión que el colocar contracunetas en cortes es perjudicial, ya que el modo de construcción no es el adecuado y no se impermeabiliza y esto provoca infiltraciones hacia el talud y este falla.



La sección de las contracunetas por lo general es de forma trapezoidal, las dimensiones serán de 0.8 m en plantilla y de 0.5 m de profundidad, la distancia de la contracuneta al borde del corte será como mínimo de 5 m, ya que si no se cumple podría haber problemas de derrumbes y esto conlleva a la destrucción de la contracuneta. Para evitar filtraciones se recomienda impermeabilizar y así se protege el talud.

### **Bombeo.**

El bombeo se trata sobre proporcionarle a la corona del camino, una inclinación que va del centro del mismo hacia los hombros, su función será el de darle salida rápidamente al agua hacia las cunetas, y así evitar que esta penetre hacia el nivel de terracerías y destruya su compactación, y su otra gran función es el de darle seguridad a los conductores y que sus automóviles no pierdan el control ante la presencia del agua.

En curvas horizontales, el bombeo se presentará del lado exterior hacia el interior de la misma, ya que se debe contrarrestar la fuerza centrífuga que la curva genera hacia los automóviles, dado el caso, sólo se tendrá una cuneta la cuál recolecta toda el agua y la canaliza, en el lado más alto de la curva se tendrán bordillos y muros de contención para evitar accidentes.

## Vados.

Éstas son estructuras superficiales de los caminos, que se ubican en cruces con escurrimientos de agua efímera o permanente, este tipo de estructuras son utilizadas cuando el tránsito sea poco y pueda ser interrumpido cuando el cauce se incremente, el vado tendrá una pendiente de entrada máxima de 4 % y será ligada al camino mediante curvas verticales inversas a las del vado.

La longitud del vado estará limitada por el nivel máximo de aguas, ya que no deben existir obstáculos para que el curso del agua los arrastre y estos provoquen un aumento del ancho de la corriente, el nivel de la superficie de rodamiento del vado deberá ser al ras de la tierra, ya que si no cumple con esta especificación, se convertirá en un tope para el agua que circulará sobre él.

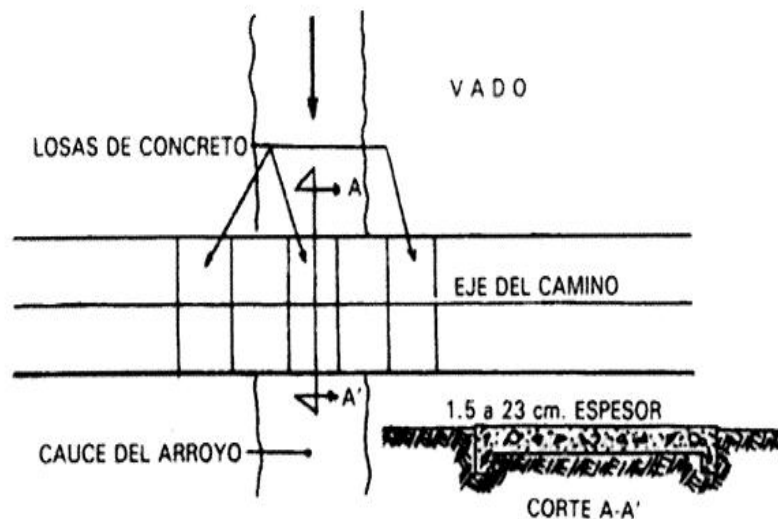


Fig. 2.5.- Vado.

Fuente: Crespo; 2005: 185.

## **Lavaderos.**

El lavadero es una cubierta ya sea de lámina, piedra o concreto, los cuáles sirven para encausar el agua que proviene de taludes o terraplenes, una función muy importante que tienen, es evitar lo más posible la erosión del terreno donde tenga ese tipo de problemas y pueda dañar el camino, hasta llegar hacer reconstrucción del mismo y su costo no se tenga contemplado.

## **Alcantarillas.**

" Las alcantarillas son estructuras transversales de forma diversa cuya función es conducir y desalojar, con mayor rapidez posible, el agua de las hondonadas y las partes bajas del terreno que atraviesan el camino." (Olivera;2006: 56)

Éste tipo de drenaje se encuentra ubicado siempre en el cuerpo de la terracería, el agua toma velocidad, ya que cuando se conduce por las cunetas o contracunetas, toma velocidad gracias a la pendiente de estas, y esto llega a provocar erosiones en las alcantarillas, además su área hidráulica siempre será un poco más escasa de lo que se demanda el gasto.

Para mejorar la entrada y salida del agua en las alcantarillas se construyen aleros, estos son muros de contención y sirven como guía para el agua, así es conducida con mayor eficiencia y rapidez, se tendrá cuidado ya que si la alcantarilla se encuentra en un nivel muy bajo se tendrá mayor velocidad del cauce y esto puede provocar socavaciones tanto en los aleros como en la alcantarilla.

## **Bóvedas.**

Las bóvedas son aquellas construcciones, cuya sección transversal interior se forma por tres partes principales: el piso, dos paredes verticales que son caras interiores y sobre éstas, un arco de medio punto, que es el que se encuentra entre las dos caras, en general las bóvedas se construyen con mampostería de tercera y mortero de cemento 1:5.

## **Puente vado.**

"Se denomina puente vado o puente bajo a una estructura en forma de puente que se utiliza para dar paso al gasto de las aguas máximas ordinarias y que durante el periodo de aguas máximas extraordinarias permite que el agua sobrepase por encima de ella". ( Crespo; 2005: 185)

El puente vado debe tener longitud y altura que permita el paso de las avenidas ordinarias de agua, la superestructura debe tener dimensiones mínimas con el objeto de que sea menor la obstrucción al paso del agua y ésta se debe de construir abajo del nivel de las aguas máximas extraordinarias, para que objetos, como troncos, rocas o arboles les permita pasar libremente y no dañen la estructura.

## **Zanjas.**

Las zanjas son utilizadas en caminos que son construidos en zonas bajas, y son elaboradas fuera del camino a determinada distancia, las dimensiones con las que se construyen normalmente son de 0.60 m en la base y de 0.90 a 1.20 m de altura o de profundidad, con la finalidad de mantener el nivel freático lo más bajo posible, mientras más profunda sea la zanja, más profundo quedará el nivel freático. Se debe tener cuidado en lo dicho ya que si no es construido a poca distancia del camino es posible que se generen accidentes, es por ello que se debe construir lejos del camino.

## **Drenes ciegos.**

Los drenes ciegos son zanjas saturadas por piedra o grava graduadas, estas zanjas se colocan normalmente a los lados del camino bajo las cunetas y sus dimensiones son de 0.45 m de ancho y 0.60 a 0.90 de profundidad, si estos se construyen de manera correcta, generan excelentes resultados al momento de drenar el agua. Se debe tener cuidado al momento de construirse ya que si sus materiales no son graduados correctamente pueden resultar contraproducente, y esto generaría retención del agua y produciría humedad excesiva.

A continuación se muestra la figura que representa un corte transversal de un camino, en la cual se observa los elementos de un dren ciego.

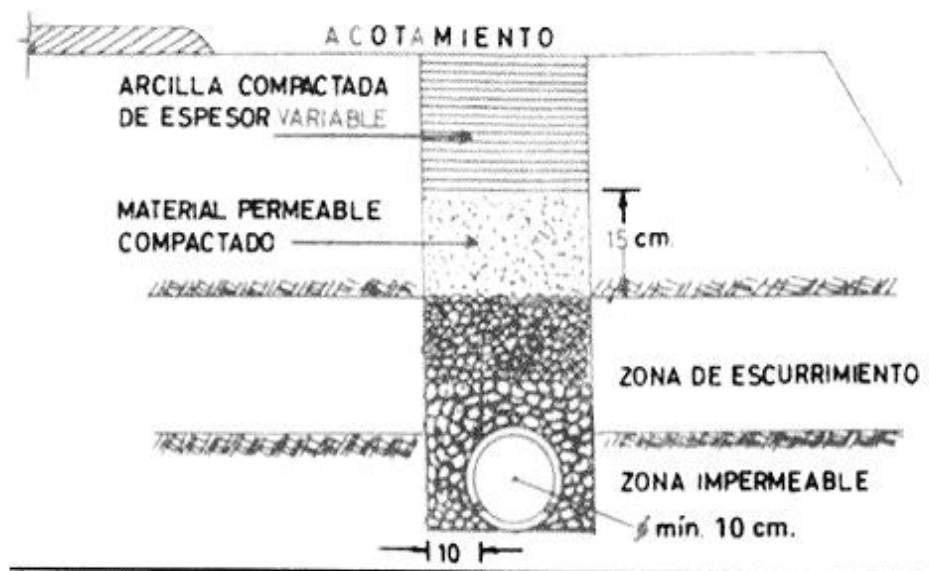


Fig. 2.6.- Dren ciego.

Fuente: Crespo; 2005: 188.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

En el presente capítulo se abordará los temas de macro y micro localización, en donde se describe el lugar donde se llevará a cabo el proyecto en estudio, así como las principales características del municipio al cual pertenece, como lo son los aspectos económicos, flora fauna, hidrología, entre otras particularidades que permiten conocer de manera más detallada del entorno, se describirán dos localidades, las cuáles serán las beneficiadas con este proyecto.

#### **3.1 Generalidades.**

El proyecto a realizar se encuentra en el país de México que proviene del náhuatl, oficialmente llamado Estados Unidos Mexicanos, es un país situado en la parte meridional de América del Norte. Limita al norte con los Estados Unidos de América, al sureste con Belice y Guatemala, al oriente con el golfo de México y el mar Caribe y al poniente con el océano Pacífico. Es el décimo cuarto país más extenso del mundo, con una superficie cercana a los 2 millones de km<sup>2</sup>.

Según la Organización Mundial del Turismo, México es el principal destino turístico de América Latina y el decimotercero más visitado del mundo. Esto se debe en gran medida a los 32 sitios culturales o naturales que son considerados por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad, y es en este sentido el primero en el continente y sexto en el mundo.

México es uno de los 12 países del mundo, con alrededor de 200 mil especies diferentes, es hogar de 10 al 12 por ciento de la biodiversidad mundial. Califica primer lugar en biodiversidad de reptiles con 733 especies conocidas, segundo en mamíferos con 448 especies, cuarto en anfibios con 290 especies, y cuarto en flora, con 26 000 diferentes especie.

El proyecto se encuentra ubicado en el estado de Michoacán , el cual cuenta con 113 municipios, su población es aproximadamente de 4 millones de habitantes, su capital es Morelia, antiguamente llamada Valladolid y está ubicada a 1,910 metros sobre el nivel del mar. La economía del estado depende principalmente de la agricultura: donde se destaca el cultivo de aguacate, fresa, limón, zarzamora, sorgo entre otros.

El estado de Michoacán colinda con los estados de Colima y Jalisco al noroeste, al norte con Guanajuato y Querétaro, al este con México, al sureste con el estado de Guerrero y al suroeste con el Océano Pacífico. Dicho estado cuenta con una superficie de 58 585 kilómetros cuadrados que representa el 3 % de la superficie de la República Mexicana, ocupando así el lugar número 16 en extensión entre las 32 entidades federativas de México.



En la siguiente figura se muestra el mapa de México indicando la ubicación de Michoacán y sus colindancias con los demás estados:



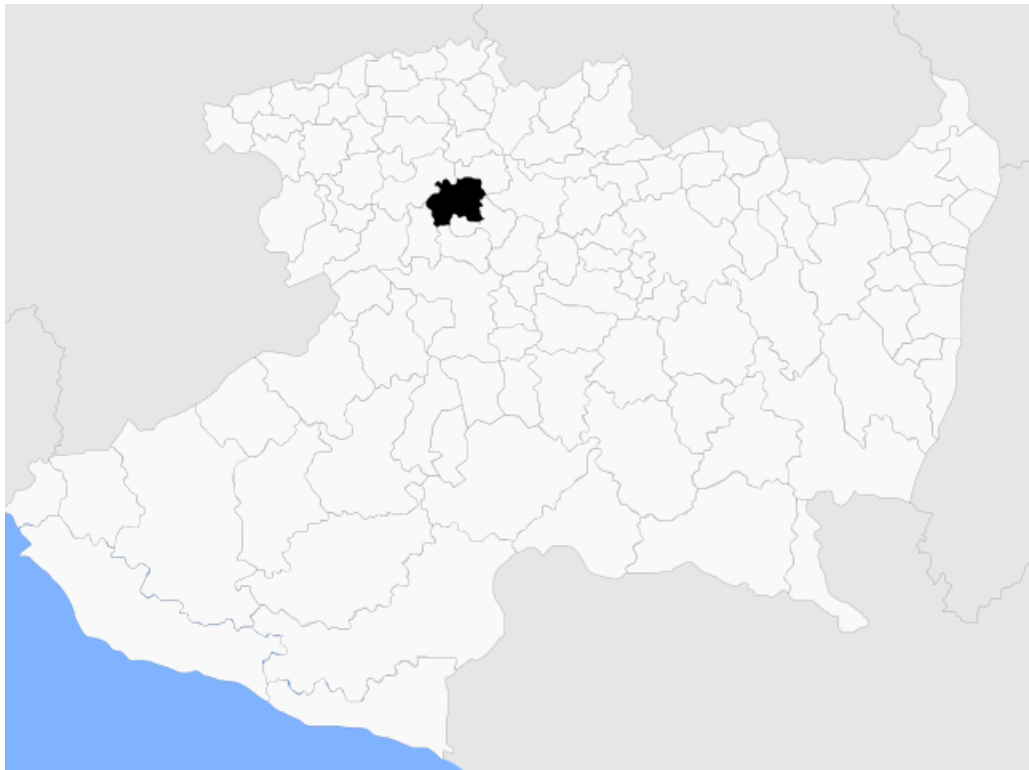
**Fig. 3.1.- Ubicación de Michoacán en México.**

**Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)**

Se encuentra ubicado entre las coordenadas  $17^{\circ}55'$  y  $20^{\circ}24'$  de latitud norte, y las coordenadas  $100^{\circ}04'$  y  $103^{\circ}44'$  de longitud oeste. Su orografía es una de las más accidentadas de México y contiene numerosos volcanes que forman el eje volcánico transversal, sus principales montañas son: Pico de Tancítaro con una altura de 3,840 metros sobre el nivel del mar y el cerro de San Andrés con una altura de 3,600 metros sobre el nivel del mar, siendo así los más altos en el estado de Michoacán. Sin embargo, específicamente, Chilchota es el municipio donde se ubicará la obra, el cuál es uno de los 113 municipios de Michoacán.

### 3.2 Entorno geográfico.

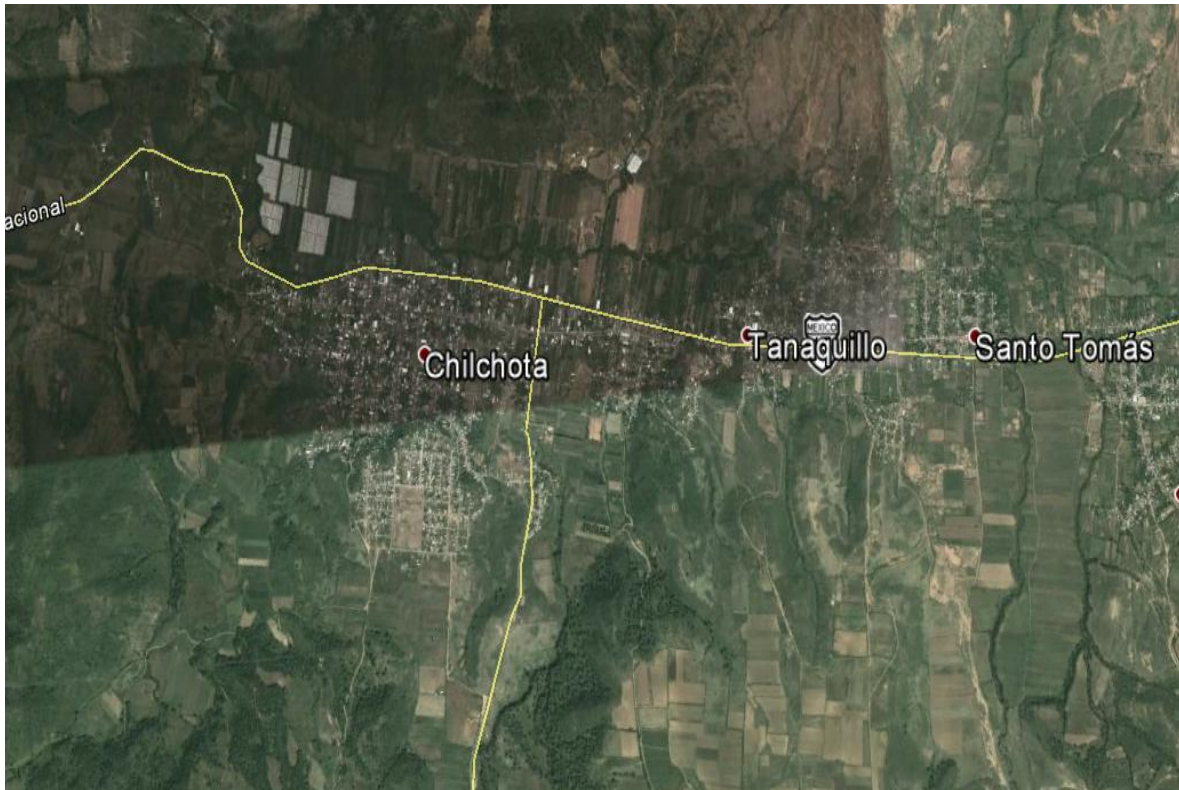
El municipio de Chilchota se encuentra localizado al norte del estado de Michoacán. Forma parte de la llamada "Cañada de los once pueblos", la cual es formada por una serie de poblaciones que comienzan en el pueblo de Carapan y terminan en el poblado de Chilchota, está ubicado al noroeste del Estado, en las coordenadas 19°51' de latitud norte y 101°87' de longitud oeste; y se encuentra a una altura de 1,770 msnm, Limita al norte con el municipio de Purépero, al este con Zacapu y Cherán, al sur con Charapan y Paracho y al noroeste con Tangancícuaro, como se indica en el siguiente mapa.



**Fig. 3.2.- Ubicación de Chilchota en el estado de Michoacán.**

**Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)**

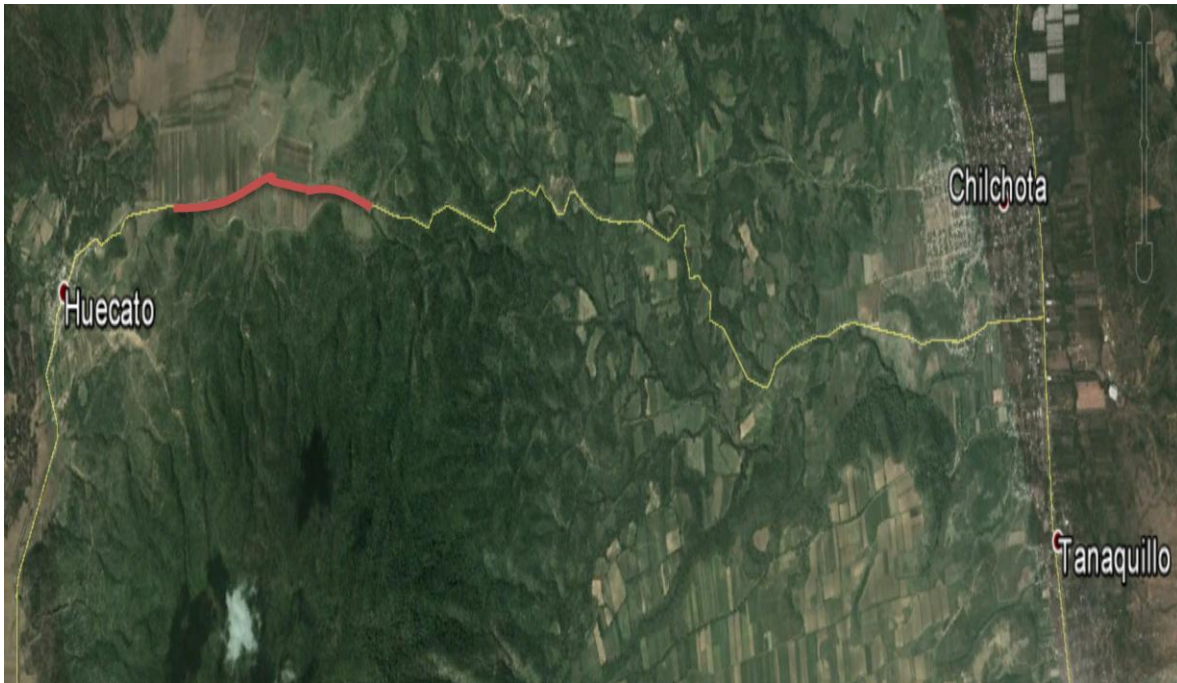
En la siguiente imagen se muestra un mapa, ubicando el Municipio de Chilchota y sus alrededores:



**Fig. 3.3.- Chilchota, Michoacán.**

**Fuente: Google Earth.**

En la siguiente figura se muestra con color rojo el tramo carretero que se analizará, observando que el camino se dirige del poblado de Chilchota hacia el poblado denominado Huecato, indicando así con exactitud la ubicación del proyecto que se llevará a cabo.



**Fig. 3.4.- Chilchota - Huecato, Michoacán.**

**Fuente: Google Earth.**

### **3.3. Clima e Hidrología.**

El municipio de Chilchota tiene un clima templado, con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,000 mm y con temperaturas que oscilan de 2,5 a 38 °C. Se puede decir que este poblado cuenta con un clima agradable la mayor parte del año ya que se considera como templado, esto se debe a los manantiales que surgen dentro del mismo, así logrando un ecosistema verde y limpio.

Su relieve está constituido por el sistema volcánico transversal, cerros Viejo, Cobre y San Ignacio, en gran parte su extensión es un tanto llana y con buen drenaje. Respecto a su hidrología el pueblo de Chilchota cuenta con unos hermosos manantiales los cuales aportan agua para uso agrícola y para uso del mismo pueblo, dicho pueblo cuenta con dos ríos principales que son el Rito y el río Duero, éste último tiene su origen en las montañas de la Cañada de Chilchota, desde ahí llega hasta Zamora y continúa su trayecto hasta desembocar en el lago de Chápala, éste río era llamado anteriormente por los indígenas Yorecuahapundanapu.

### **3.4 Toponimia.**

Chilchota, tanto en tarasco, como en náhuatl, tiene el mismo significado: lugar de chiles o chile verde, debido a que durante la época prehispánica el chile era cultivado y recolectado en gran escala en toda la cañada, como forma de tributo y comercio con los pueblos de la puesta. Sin embargo, algunos etimologistas, interpretan la palabra como “lugar de sementeras”. Durante la época de la conquista en 1524, Chilchota aparece como asentamiento de familias hispanas, donde más tarde se instala un corregimiento tributario y posteriormente, queda constituido denominada República de Indios. Por la Ley Territorial del año de 1831, se forma la municipalidad de Chilchota.

### **3.5. Demografía.**

En el municipio de Chilchota, según el censo del INEGI, en 1990, la población representaba el 0.74 por ciento del total del Estado. Para 1995, se tiene una población de 29,247 habitantes, su tasa de crecimiento es del 2.2 por ciento anual, y la densidad de población es de 96 hab./km<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta la tasa de crecimiento anual, en la actualidad hay un aproximado de 30,400 habitantes. Los datos que se obtuvieron gracias al censo indica que el número de mujeres es relativamente mayor al de los hombres.

### **3.6. Social y cultura.**

Uno de los principales problemas que se enfrenta este municipio es la falta de empleo, por lo que las expectativas de los habitantes de esta población es la búsqueda de empleo en otras ciudades tales como la ciudad de Zamora y Jacona que son las más cercanas, pero desafortunadamente se encuentran en las mismas condiciones ya que las pequeñas y medianas empresas existentes carecen de alternativas de inversión. Por tal motivo gran parte de la población emigra principalmente a los Estados Unidos, buscando una mejor forma de vida.

Siendo una zona en donde la mayoría de los habitantes son católicos, los principales festejos se dedican principalmente a este culto religioso:

- Celebración de Corpus Christi .
- Julio 25: Fiesta del patrono del pueblo.
- Noviembre 1: en Huancito, feria de la loza.
- Agosto 8: en Tanaquillo, feria tradicional.
- Diciembre 12: Fiesta a la Virgen de Guadalupe.
- Diciembre 25: Fiesta del nacimiento del niño Jesús.

La celebración del Corpus Christi se ha vuelto una gran tradición en el pueblo de Chilchota, como ya se mencionó, la mayor parte de la población es católica, así que celebran este día saliendo a las calles arrojándose maíz, como dando tributo y pidiendo que sus cosechas sean buenas y que los negocios prosperen de una manera exitosa. En los últimos años cambiaron el maíz por harina, ya que los accidentes por golpes se hicieron presentes, así que en este día el pueblo se pinta de blanco y todo el poblado participa de una manera alegre y sin incidentes.

Otra celebración importante en este pueblo es el día del nacimiento del niño Jesús, ya que las personas hacen una lista por años para poderse llevar a su casa al niño, hacen peregrinación y adornan la calle por donde lo llevarán, al llegar a la casa donde se quedará un año, el anfitrión cocina tamales e invita a todo el pueblo para celebrar que el niño Jesús se encuentra en su casa, por lo general la fiesta dura una semana y se ha calculado que son varias las toneladas de comida que se hacen para los invitados.

### **3.7. Turismo.**

Por sus condiciones naturales, el municipio cuenta con lugares propios para el desarrollo turístico, el cual constituye una actividad de vital importancia para el desarrollo económico. Entre otros, encontramos el Parque Nacional de Carapan, el Manantial de Ostacuro, y el Parque Ojo de Agua de Chilchota.



## Monumentos:

- Arquitectónicos: Templo de san miguel arcángel en Tanaquillo; templo de San Francisco en Ichán; Capilla del Hospital en Huancito; Templo de Santo Tomás en Santo Tomás; Templo de la Virgen de la Natividad en Tacuro; Templo de San Juan Carapan en Huancito, Capilla del Antiguo Hospital; y Parroquia del Señor Santiago, en la cabecera municipal.
- Arqueológicos: Zonas en Parachico y Cerro Viejo.

Las artesanías y la gastronomía constituyen otros de los atractivos de la región. Entre las artesanías se pueden encontrar alfarería de barro vidriado y loza de cambray, madera tallada y torneada. Joyería: aretes y arracadas de plata; deshilados y bordados; y ramos de azahares.

La gastronomía contiene alimentos a base de maíz como corundas, uchepos y tamales de zarzamora; guisado conocido como churipo, las chapatas (tortillas de trigo), takerechuskuta (gorditas de trigo). Es de fama el pan de la localidad de Chilchota ya que se volvió como costumbre el que las personas tengan hornos en sus casas y cocinen ricos panes que se han vuelto famosos en todo el estado, atole de grano de maíz y anís.

Entretenimiento: Una rica papa o raíz de chayote con chile y limón se puede disfrutar en una banca de la plaza, un paseo al Ojo de agua, nacimiento natural con un hotel de descanso, una buenas Limas que se encuentran en todos los patios traseros, Rico pan de horno que se puede disfrutar desde temprana la tarde, también se puede comprar todo lo relacionado con los accesorios para bodas, quince años, primeras comuniones etc.

### **3.8. Comercio y servicios.**

El comercio principalmente en estos pueblos, son los azares, en los cuáles se han vuelto unos de los más grandes productores a nivel nacional, ya que es una de las principales fuentes de ingresos de los habitantes, dichos productos son exportados principalmente al país de los Estados Unidos Americanos, y comercializados también a nivel nacional.

Cabe mencionar que el tramo carretero que se analizará conecta al pueblo Huecato a la cabecera municipal que es Chilchota, ya que la carretera ha sido construida por tramos y tiene un tramo faltante de aproximadamente 4 kilómetros, los cuáles son los más intransitables debido a la topografía del lugar, esto hace que los pobladores queden incomunicados con Chilchota.

El comercio del pueblo Huecato principalmente es la venta de sus productos agrícolas como son: maíz, ganado, madera etc. y para poder venderlos y distribuirlos, que es principalmente a la ciudad de Zamora, deben hacer un recorrido por otras carreteras alternas que hace que el transcurso de la venta se prolongue hasta una hora más de tiempo.

El acceso en la temporada de lluvias es prácticamente nulo, debido a las torrenciales aguas que cruzan el camino que se encuentran a nivel de terracerías, ya que se inunda y hace zanjas las cuáles impiden el paso de vehículos, así que el servicio médico o de transporte no existe, como se mencionó anteriormente el poder llegar al pueblo de Chilchota conlleva a trasladarse a mas de una hora, ya terminado el proyecto les tomaría cerca de 20 minutos el llegar para poder tener servicios y vender sus productos.

### **3.9. Informe fotográfico.**

Se hizo un recorrido por el tramo carretero en estudio recolectando información y obteniendo fotografías del lugar, las cuáles muestran el estado en el que se encuentra el camino actualmente, y con ellas se puede dar una idea el porqué es necesario este tipo de proyecto geométrico para los poblados de Chilchota - Huecato.

Mencionado anteriormente este tramo carretero se ha construido por partes, las cuáles se pueden apreciar en el fondo de la imagen, en el que existe asfalto sobre la carretera y enseguida sigue el camino a nivel de terracerías, el cual se apreciará más adelante en el informe fotográfico del tramo carretero en el que se propuso el proyecto geométrico.



**Fig. 3.5.- Unión de ambos proyectos.**

**Fuente: Propia.**

Dentro del análisis de estas fotografías, se puede observar el estado en que se encuentra el camino, la vegetación que existe, ya que siendo necesario se tendrán que remover árboles, arbustos etc. para eliminar curvas que serán despreciadas en él proyecto y diferentes aspectos importantes para el estudio del camino. En la siguiente fotografía es mostrado el camino, que actualmente es de terracería.



**Fig. 3.6.- Vegetación existente en el camino.**

**Fuente: Propia.**

En la siguiente figura se muestra una de las curvas horizontales, la cuál será tomada para el proyecto geométrico del tramo en estudio:



**Fig. 3.7. Curva horizontal.**

**Fuente: Propia.**

Mencionado anteriormente, el camino es una necesidad de gran importancia, más para el pueblo de Huecato, ya que la cantidad de lluvia que cae es de gran importancia y provoca la socavación del camino, ya que al no contar con cunetas y bombeo de la superficie de rodamiento, el agua circula por el cuerpo del camino y provoca zanjas las cuáles impiden el paso de vehículos normales e incluso camionetas 4x4.



**Fig. 3.8.socavación del camino.**

**Fuente: Propia.**

En la siguiente figura se muestra la presencia de una curva de tipo horizontal con la que cuenta el proyecto geométrico.



**Fig. 3.9. Curva horizontal.**

**Fuente: Propia.**



A pesar del muy mal estado del camino afectado severamente por zanjas, estrechamientos etc. se podrá observar en la siguiente figura, el exceso de agua que cae sobre el camino y que no puede ser drenado, la inundación se hace muy presente, ya que el nivel de las cosechas que se encuentran a ambos lados del camino obligan al agua a correr sobre la superficie de rodamiento, afectándolo directamente.



**Fig. 3.10. Inundación en el camino.**

**Fuente: Propia.**

La presencia del agua en otro punto del camino, afectando excesivamente, haciéndolo fangoso y por consecuente casi intransitable, la presente imagen fue capturada después de dos horas de lluvia constante, tomando en cuenta este tipo de factores, es necesario elevar el camino respecto al nivel de los cultivos aledaños, ya que estos le transmiten el agua directamente y así provocando la inundación.



**Fig. 3.11. Inundación en el camino.**

**Fuente: Propia.**

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGÍA

En el presente capítulo se abordará el método utilizado para la determinación del proyecto de investigación, el enfoque, el diseño, los instrumentos a utilizar, así como también una descripción del proceso a estudiar, se citarán los programas que fueron utilizados para la construcción del proyecto, trayendo así resultados confiables, sin olvidar la facilitación que éstos producirán en lo largo de la elaboración del proyecto antes mencionado.

#### **4.1. Método científico.**

"El método científico se funda estrictamente en las técnicas experimentales, las operaciones lógicas y la imaginación racional, para servir como instrumentos de la adquisición del conocimiento científico. En todo caso el método se desarrolla en la práctica y se afina en contacto directo con la realidad. La formulación lógica del método se ha conseguido y se sigue desarrollando a través del esfuerzo conjunto de los pensadores y de los experimentadores." (Mendieta;2005: 37)

En general, dicho método se basa en la creación de hipótesis de acuerdo a lo que se busca, pero como es sabido las suposiciones obtenidas de éstas pueden ser o no correctas, por ello, es necesario comprobarlas con respecto a lo que ya tiene validez, sin olvidar que la estructura de ellas debe estar sustentada en términos claros y en técnicas que estén a disposición.

Según Tamayo (2000), las etapas del método científico son las siguientes:

- a) Percepción de una dificultad.
- b) Identificación y definición de la dificultad.
- c) Soluciones supuestas para el problema.
- d) Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas.
- e) Verificación de la hipótesis mediante la acción.

#### **4.1.1. Método matemático.**

De acuerdo con lo que señala Mendieta (2005), el ser humano tiene la capacidad de captar en cantidad o volumen las cosas que se tienen a su alrededor, tomando siempre en cuenta los procedimientos científicos. Éstos son utilizados con frecuencia en presupuestación de obra y el cálculo que se realiza para determinar el diseño de un proyecto geométrico como es el caso.

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

Como cita Hernández y cols. (2010), en la historia de la ciencia han emergido diferentes corrientes de pensamiento, como es el empirismo, positivismo, etcétera, lo cual crearon distintos caminos de la búsqueda del conocimiento, no obstante, dichas corrientes se han unido para formar dos enfoques: enfoque cualitativo y enfoque cuantitativo.

Dichos enfoques poseen características similares, trayendo así cinco fases en las que ambos se identifican y se relacionan entre sí:

- a) Llevan a cabo la observación y la evaluación de fenómenos.
- b) Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- c) Demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- d) Revisan tales suposiciones o ideas sobre la base de las pruebas o del análisis.
- e) Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para esclarecer, modificar y fundamentar las suposiciones o ideas; o incluso para generar otras.

En esta investigación el enfoque utilizado será el cuantitativo, ya que se requieren de resultados exactos sin divagar en alguna hipótesis, sino simplemente seguir con el orden de la teoría ya existente.

#### **4.2.1. Alcance de la investigación.**

Según Hernández y cols. (2010), el alcance de estudio define la estrategia de la investigación, de acuerdo con el caso que se tenga, los alcances que se pueden presentar son de carácter exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo.

El alcance aplicado será de tipo descriptivo, con el cual se busca recopilar y medir la información que es necesaria para el estudio de investigación, dicho alcance se basa en la especificación de propiedades, características y rasgos importantes del proyecto a estudiar.

### **4.3. Tipos de diseño de la investigación.**

El diseño de investigación que se empleará será de carácter no experimental, la cual hace referencia a la información recopilada en un momento único. En un diseño descriptivo se tiene como objeto la averiguación de acontecimiento, categorizar y así obtener una visión a un fenómeno, por ende el tipo de diseño se trata individualmente, es decir, no hay relación de variables.

En teoría, la elección no experimental para el proyecto en estudio se definirá también debido a que no se realizarán nuevas variables sino que se apegará a las ya existentes.

#### **4.3.1. Investigación transeccional.**

"Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede." (Hernández y cols. ;2010: 152)

de acuerdo a este proyecto el diseño de investigación transeccional será de tipo descriptivo, ya que su función es de describir las variables que se presenten en un momento determinado.

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

En la recopilación de datos en esta investigación fueron necesarios distintos aspectos fundamentales, los cuales son los programas computacionales, éstos son necesarios para la realización de cálculos en el proyecto, dichos programas ayudan a acelerar el proceso de cálculos y estimaciones. Se empleará el proceso de investigación y observación, apoyándolos con fotografías del terreno así como el reconocimiento del lugar.

Los programas computacionales que serán utilizados en éste proyecto serán los siguientes:

**Autocad:** Es un programa el cual permite el trazo de líneas y dibujos, ya sea en 2D o 3D, ésta herramienta es de primer necesidad para la Ingeniería Civil, con ésta se puede dibujar cualquier edificación o construcción.

**CivilCad:** Es una extensión que ofrece la herramienta de Autocad, la cuál es necesaria para diseñar y procesar información que es arrojada por la Estación Total y así mismo diseñar las vías terrestres.

**Word:** Se utiliza este programa para el procesamiento de texto

**Excel:** Es un programa que permite realizar hojas de cálculo, y así procesar información y acelerar el proceso de cálculo.

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

Se hizo un reconocimiento del lugar el cual fue elegido para la realización del proyecto, tomando en cuenta diversos factores como lo es el tipo de vehículos que circulan por la vía, así como la cantidad de estos, el tipo de suelo que se cuenta en el lugar y la vegetación con la que se cuenta, la cantidad de lluvia que se precipita anualmente y los escurrimientos que cruzan la vía, teniendo en cuenta así las obras necesarias para el desvío de estas aguas. Se identificará la ruta más factible para la realización del camino.

Enseguida se procederá a realizar la topografía del lugar, apoyándose con la estación total, tomando puntos en secciones con intervalos regulares de cada 20 metros de distancia entre cada una, para tener así un cadenamiento regular y poder identificar cualquier punto en la vía si es necesario, al tener este tipo de cadenamiento se pueden identificar con claridad las curvas, ya sean verticales u horizontales y así llevar a cabo fácilmente su cálculo.

Ya obtenida la información del levantamiento topográfico, se procesará en el programa de Autocad y su extensión de CivilCad, llevando así a cabo el proyecto geométrico del proyecto, el programa arrojará resultados como: medidas del terreno a lo largo y ancho, grados de inclinación, de curvatura etc. obteniendo la información en forma de planos, los cuales son necesarios para llevar a cabo la obra. Algunos datos serán procesados en hojas de cálculo y así llegar a un proyecto definitivo.



## **CAPÍTULO 5**

### **CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

En el presente capítulo se hablará sobre el tema del aforo vehicular, con el cual se determinará el tipo de camino y la velocidad de proyecto, así como también se mostrarán los resultados de los cálculos obtenidos de campo en la alternativa de proyecto geométrico, se mostrarán los datos de las curvas existentes y la información de las secciones transversales del camino.

#### **5.1. Aforo vehicular.**

Existe un método para el conteo de vehículos, que se le denomina conteo automático, en el cual se utiliza un tubo de hule cerrado por una membrana en un extremo. Este tubo se coloca transversalmente en el camino, y a la vez que un auto pase por encima de él, se genera un impulso de aire que genera un conteo en un aparato eléctrico, la desventaja de este método es que no indica el tipo de automóvil que lo cruza, sólo indica la cantidad que transita por dicha vía.

El método que se utilizará en este proyecto será el manual, el cual consiste en que una persona toma la cuenta manualmente y hace su registro, indicando el tipo de vehículo que transita por la vía, su desventaja es que si el número de autos supera la capacidad de la persona, se debe contratar más personal y podría ser costoso, así que el método más utilizado es el automático.

Al realizar el aforo vehicular en el tramo carretero en estudio, se encontró que el tránsito que circula por esta vía, son automóviles de tipo: camionetas pick up, camionetas doble rodado, camiones de volteo, dando así como resultado la cantidad de 15 a 20 autos en un lapso de 4 horas, tomando como referencia de las 12:00 am a 4:00 pm. Siendo así las horas en que más se transita por la vía.

Cabe mencionar que dicho aforo sólo es una muestra mínima del flujo de vehículos que existe en él, debido al deplorable estado del camino que lo hace casi intransitable, es por ello que la cantidad de vehículos aumentará al momento de llevarse a cabo el proyecto, así que se tomará en cuenta un porcentaje estimado del doble de automóviles que lo puedan transitar.

Con los datos obtenidos con el aforo vehicular se puede determinar el tipo de camino y su clasificación según la Secretaria de Comunicaciones y Transportes el cual indica que para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, que equivale a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos, el tipo de camino se denomina tipo C.

En la siguiente tabla se muestra el aforo que se realizó en el tramo carretero en estudio, indicando así el tipo de automóvil, la cantidad y la hora en que más se hace presente el tráfico en el lugar.

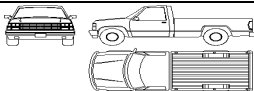





UBICACION:	CARRETERA CHILCHOTA-HUECATO							
TRAMO:	7+600 AL 9+600 DE LA CARRETERE CHILCHOTA HUECATO							
HORA DE INICIO Y TERMINACION:	12:00	A	04:00					
DESCRIPCION DE LA VIA:								
		UNIDADES DE VEHICULOS QUE TRANSITARON DERANTE EL PERIODO DE TIEPO						
	TIPO	1 HR	2 HR	3HR	4HR		<b>TOTAL</b>	
	AUTOMOVILES Y PICK UP	2	0	1	3		6	
	CAM. LIGERO HASTA 3 TON.	0	1	2	2		5	
	AUTOBUS 2 EJES.	0	0	0	0		0	
	CAM. 2 EJES	3	1	4	0		7	
	CAM. 3 EJES	0	0	0	0		0	
	TRACTOR 2 EJES SEMI REMOLQUE	0	0	0	0		0	
	<b>TOTAL:</b>	2	1	3	5		18	

Tabla 5.1.- Tabla de aforo.

Fuente: propia.

La clasificación funcional de esta carretera está dada de acuerdo al tránsito diario promedio anual para el horizonte del proyecto, y los valores de las principales características geométricas se resumen en la siguiente tabla, las cuales indican las ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones de las curvas horizontales que se necesitan para el proyecto geométrico.

CONCEPTO	U	TIPO DE CARRETERA																	
		E						D						C					
EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	Veh/día	HASTA 100						100 a 500						500 a 1500					
TERRENO	----																		
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	--	--	--	--	--	135	100	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	"	80	30	17	11	7.5	80	30	17	11	7.50	30	17	11	7.5	5.50	4.25	3.25	
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA																	
		COLLUMPIO																	
	LONGITUD MINIMA	m	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60
PENDIENTE GOBERNADORA	%	9			7			8			6			5					
PENDIENTE MAXIMA	%	13			10			8			9			8			7		
LONGITUD CRITICA	m				7						6								
ANCHO DE CALZADA	m	4						6						6					
ANCHO DE CORONA	m	4						6						7					
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	----						----						0.5					
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	----						----						----					
BOMBEO	%	3						3						2					
SOBREELEVACION MAXIMA	%	10						10						10					
SOBREELEVACIONES PARA GRADOS MENORES AL MAXIMO	%	VER TABLA No. III.1.3						VER TABLA No. III.1.3						VER TABLA No. III.1.4					
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES	m	VER TABLA No. III.1.3						VER TABLA No. III.1.3						VER TABLA No. III.1.4					

Tabla 5.2.- Características geométricas de una carretera tipo C.

Fuente: propia.

## **5.2. Marco normativo.**

En seguida se presentan las siguientes leyes, normativas y manuales que se deben tomar en cuenta, y cumplir con los estatutos que se establecen en ellos para llevar a cabo una carretera, ya que de lo contrario se podría estar incumpliendo con la ley y sería sancionada o el peor de los casos cancelado el proyecto por no cumplir con los requerimientos.

Este Programa se norma y regula por los siguientes documentos:

Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información y su Reglamento.

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas y su Reglamento.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y su Reglamento.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente y su Reglamento.

Ley del Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público.

Plan Nacional de Desarrollo.

Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes.

Normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Manual de Normas Presupuestarias de la Administración Pública Federal.

### **5.3. Levantamiento topográfico.**

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. Para esto se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, siendo la X y la Y competencia de la planimetría, y la Z de la altimetría.

Los mapas topográficos se utilizan en el sistema de representación de planos acotados, mostrando la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, las cuáles se denominan curvas de nivel, y éstas indican la altitud del terreno y sirven para conocer las pendientes del camino.

Se denomina levantamiento topográfico, al conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos en la superficie de la tierra, tanto en planta como en altura, los cálculos correspondientes y la representación en un plano, éste tipo de trabajo requiere de trabajo de campo, midiendo con estación el terreno, y trabajo de oficina descargando los datos en una computadora y así determinar y calcular el camino.

### **5.3.1. Equipo topográfico.**

Se puede clasificar el equipo en tres categorías:

- a) Para medir ángulo: Se encuentra la brújula, el tránsito y el teodolito.
- b) Para medir distancias: Se encuentra la cinta métrica, el odómetro, y el distanciómetro.
- c) Para medir pendiente: Se encuentra el nivel de mano, de riel, el fijo, basculante y automático.

El levantamiento topográfico del tramo en estudio se realizó con un aparato llamado estación total, el cual es un instrumento de medición electro-óptico, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas características que incorpora son: una pantalla alfanumérica de cristal líquido, calculadora, distanciómetro, seguidor de trayectoria, lo cual nos permite utilizarla después en computadoras para descargar los puntos que se obtuvieron y así procesarlos.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora (generalmente microondas o infrarrojos) con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas estaciones totales presentan la capacidad de medir sin prisma.

Este instrumento permite la obtención de coordenadas de puntos respecto a un sistema local o arbitrario, como también a sistemas definidos y materializados. Para la obtención de estas coordenadas el instrumento realiza una serie de lecturas y cálculos sobre ellas y demás datos suministrados por el operador. Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos verticales, horizontales y distancias. Otra particularidad de este instrumento es la posibilidad de incorporarle datos como coordenadas de puntos, códigos, correcciones de presión y temperatura, etc.

La precisión de las medidas es del orden de la diezmilésima en ángulos y de milímetros en distancias, pudiendo realizar medidas en puntos situados entre 2 y 5 kilómetros según el aparato y la cantidad de prismas usada. Para el óptimo desempeño de las estaciones totales es necesario que el equipo esté calibrado, para ello se debe darle mantenimiento y ajustes mediante el uso de un colimador.



#### **5.4. Cálculo de curvas.**

En el presente proyecto se cuenta con un total de 7 curvas horizontales, las cuales fueron calculadas mediante el programa Civil Cad, utilizando los datos obtenidos gracias a la estación total antes mencionada, misma que proporciona puntos de referencia los cuales son transformados en datos y así mismo poder calcular dichas curvas.

a continuación se muestran los resultados arrojados de cada una de las curvas, mostrando el significado de las siglas que se mencionan:

$\Delta$ : Ángulo de deflexión. (grados)

PI: Punto de inflexión. (metros)

Gc: Grado de curvatura. (grados)

Lc: Longitud de cuerda. (metros)

Rc: Radio de curvatura. (metros)

Ac: Ancho de la curva. (metros)

ST: Subtangente. (metros)

Curva 1	
$\Delta=$	12° 1' 57.13" izq
ST=	60.385
PI=	7 + 592.14
Gc=	2'0'0.00"
Lc=	120.325
Rc=	572.958
SC=	3.60%
Ac =	0.4

Curva 2	
$\Delta=$	9° 9' 6.49" der
ST=	45.857
PI=	7 + 813.12
Gc=	2'0'0.00"
Lc=	91.518
Rc=	572.958
SC=	3.60%
Ac =	0.4

Curva 3	
$\Delta=$	6° 57' 35.27' izq
ST=	34.842
PI=	8 + 312.63
Gc=	2'0'0.00"
Lc=	69.598
Rc=	572.958
SC=	3.60%
Ac =	0.4

Curva 4	
$\Delta=$	3° 36' 48.21' der
ST=	36.146
PI=	8 + 953.94
Gc=	1'0'0.00"
Lc=	72.268
Rc=	1145.916
SC=	2.00%
Ac =	0.3

Curva 5	
$\Delta=$	4° 11' 53.14 izq
ST=	42
PI=	9 + 097.25
Gc=	1'0'0.00"
Lc=	83.962
Rc=	1145.916
SC=	2.00%
Ac =	0.3

Curva 6	
$\Delta=$	34° 2' 12.15' izq
ST=	43.843
PI=	9 + 284.15
Gc=	8'0'0.00"
Lc=	85.092
Rc=	143.639
SC=	7.60%
Ac =	0.8

Curva 7	
$\Delta=$	18° 7' 0.35' der
ST=	29.231
PI=	9 + 412.14
Gc=	6'15'0.00"
Lc=	57.974
Rc=	183.46
SC=	6.50%
Ac =	0.7

En el análisis, se interpreta que el camino se encuentra en muy malas condiciones para que se logre tener un tránsito de vehículos adecuados, y con una fluidez necesaria. Existen secciones en el tramo carretero en las cuales presentan socavaciones, debidas a los escurrimientos de agua provocados en temporada de lluvias, ya que el lugar se presenta en zona montañosa y su precipitación es grande.

Lo mencionado anteriormente, se tomó en cuenta para realizar el presente proyecto geométrico, mostrando en los planos ubicados en los anexos y de los cuales se explica lo siguiente:

Se respetó el camino existente, ya que se encuentra bien ubicado, y además se tuvo cuidado ya que el pueblo presenta un índice de violencia, evitando cualquier tipo de altercados, así que se optó por seguir la trayectoria actual de la vía, se respetaron las propiedades existentes a los alrededores del camino para que los dueños no tuvieran la necesidad de desalojar sus propiedades.

Se redujo la pendiente existente, donde se muestran los cortes y terraplenes en donde fuera necesario, esto se puede observar con más claridad en los planos que se anexan en seguida, ya que allí se especifica en las secciones del proyecto el volumen de materia que será removido o terraplenado. Con esta información se procede al planteamiento de las conclusiones a las que se llegó finalmente.

## CONCLUSIONES.

Con base en los resultados del proyecto y su interpretación, se concluye que se han cumplido satisfactoriamente los objetivos planteados desde el principio del cálculo. Teniendo como objetivo principal: diseñar el proyecto geométrico de la carretera (Chilchota-Huecato) del tramo 7+600 al 9+600, en el municipio de Chilchota Mich.

La realización del proyecto pudo llevarse a cabo mediante el uso de la estación total, con la cual se hizo el levantamiento topográfico, además de programas computacionales, principalmente Autocad y Civil Cad, con los cuales se pudo dar solución a la pregunta de investigación que fue planteada: ¿Cuál es el diseño de proyecto geométrico idóneo para la carretera al camino Chilchota-Huecato.? Dando así como resultados los datos obtenidos y los planos donde se indican todas las características que debe llevar un proyecto geométrico.

La principal finalidad que tiene el proyecto es el beneficio del poblado de Huecato, ya que no cuentan con un camino por el cual puedan transitar, por lo que con este trabajo se mejora la manera en la cual se transportan, y con esto obtienen una mayor seguridad, al poder salir con rapidez si se presenta un caso de salud urgente.

Un buen diseño geométrico se manifiesta con la seguridad que presentan los usuarios al transitar el camino, además de que la conducción no resulte ser una fatiga y presentar mayor confiabilidad. El hecho de tener las especificaciones establecidas por la SCT brindan aportaciones en la proyección geométrica, ya que en algunos casos permite un ahorro económico importante, además de realizar una vía segura, confortable y de apariencia agradable, así como también la proyección de curvas simples mediante tangentes más largas para que el grado de curvatura sea pequeño y así no tener curvas peligrosas para los automovilistas.

En la presente investigación se hizo presente la importancia que desempeñan los diferentes elementos comprendidos en el proyecto vial, desde la elección de la ruta, esto sin olvidar los derechos de vía, ya que en algunos puntos del tramo se debe trazar el camino por otro rumbo para evitar obstáculos o hacer que las curvas se reduzcan. Para llevar a cabo un proyecto completo es necesario involucrar los diferentes estudios tales como geológicos, topográficos, hidrológicos, usos de tierras, de economía, englobando todo esto para trazar la mejor línea del camino.

Basados con todo lo que se mencionó anteriormente, se concluye que el diseño del proyecto geométrico presente cumple satisfactoriamente con los requerimientos necesarios y los datos que se requieren en los anexos donde se encuentran especificados los planos del proyecto.

Como se indicó en el inicio del proyecto, los objetivos particulares son de gran importancia ya que con estos se determina el rumbo de la investigación y sirven como base para llevar una secuencia y un orden en la misma; en seguida se hará mención de los puntos ya mencionados e indicar si se cumplieron o no, y de qué forma.

#### 1. Determinar el aforo vehicular del camino.

Al realizar el aforo vehicular en el tramo carretero en estudio, se encontró que el tránsito que circula por esta vía, son automóviles de tipo: camionetas pick up, camionetas doble rodado, camiones de volteo, dando así como resultado la cantidad de 15 a 20 autos en un lapso de 4 horas, tomando como referencia de las 12:00 am a 4:00 pm. Siendo así las horas en que más se transita por la vía.

Cabe mencionar que dicho aforo sólo es una muestra mínima del flujo de vehículos que existe en él, debido al deplorable estado del camino que lo hace casi intransitable, es por ello que la cantidad de vehículos aumentará al momento de llevarse a cabo el proyecto, así que se tomará en cuenta un porcentaje estimado del doble de automóviles que lo puedan transitar.

#### 2. Definir las vías terrestres.

" La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada."

( Crespo;2005: 1)

### 3. Determinar las características del tramo a diseñar.

Con los datos obtenidos con el aforo vehicular se puede determinar el tipo de camino y su clasificación según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el cual indica que para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, que equivale a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos, el tipo de camino se denomina tipo C.

### 4. Definir proyecto geométrico.

"El diseño geométrico de carreteras es la técnica de la ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos." ( [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com); 2012)

### 5. Señalar las partes que conforman un proyecto geométrico.

#### **A) Alineamiento Vertical.**

Olivera (2006), describe como la proyección del centro de la línea de una vía sobre un plano vertical, señala que elementos que la componen son las tangentes verticales y curvas verticales. Las tangentes verticales se componen por la longitud y pendiente, las prolongaciones hacia adelante y hacia atrás de una tangente, son seccionadas en un punto al que se le denomina, Punto de Inflexión Vertical (PIV), que tiene un cadenamiento y elevación.

En este alineamiento existen tres tipos de pendientes, que son la mínima, la gobernadora y la máxima. Se dice que la mínima garantiza que haya un buen drenaje en la corona del camino y normalmente se define con un 0.5 % de inclinación. La pendiente gobernadora es la que se tendrá en todo el trazo y la máxima es la pendiente mayor que se utilizará.

## **B) Alineamiento horizontal.**

“El alineamiento horizontal es la proyección de centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación, está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra.” (Olivera; 2006: 31)

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La dirección es el rumbo que lleva la tangente, y la longitud es la distancia que hay entre el final de la curva horizontal anterior y el principio de la siguiente curva. La longitud mínima de una horizontal es aquella que se necesita para cambiar de forma correcta la curva, la pendiente transversal y el ancho de la corona.

## **C) Sección transversal de una obra vial.**

De acuerdo con Olivera (2006), la sección transversal de una obra vial es el corte respecto a un plano vertical y normal al centro de la línea en el alineamiento horizontal. Es preciso aclarar que el proyecto geométrico de vías terrestres se realiza a nivel de terracerías o nivel de subrasante, por lo tanto las dimensiones que se manejan son las que se tendrán al nivel marcado.



La pendiente y el ancho transversal son características de la subcorona. El bombeo que se hace en las tangentes horizontales es para desalojar rápidamente el agua de lluvia, ya que pueden provocar accidentes a los vehículos que la transitan si no se realiza esta maniobra, éste se hace hacia ambos lados de la corona, dependiendo del tipo de camino este bombeo se da en porcentaje y va desde el 2 a 3 %.

## BIBLIOGRAFÍA.

Crespo Villalaz, Carlos (2005)

Vías de comunicación.

Ed. Limusa, México.

Hernández Báez, Dorian Vladimir. (2008)

Alternativa de proyecto geométrico en la denominada "Curva del diablo" carretera Carapan-Playa azul, tramo Carapan-Uruapan km 65+000 al 66+160

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

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar.(2007)

Metodología de la investigación.

MacGraw-Hill/Interamericana, México.

Medina Martínez, Omar. (2011)

Diseño del proyecto geométrico de la carretera " El Capulín", del tramo km 0+000 al km 2+740 en el municipio de Zitácuaro, Mich.

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

Mier Suárez, José Alfonso. (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de vías terrestres.

Compañía Editorial Continental, México.

Puga Magaña, Juan Ricardo. (2008)

Alternativa de proyecto geométrico para el entronque "Caracha" km 92+739 del camino directo Pátzcuaro-Uruapan

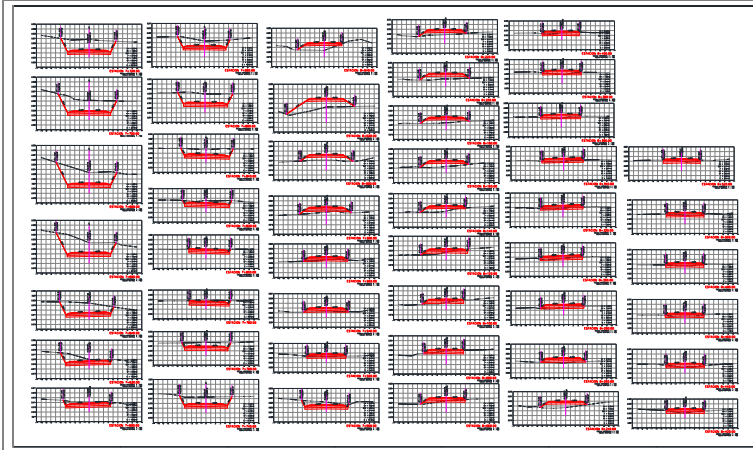
Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad Don Vasco A.C., en la ciudad de Uruapan Michoacán, México.

**Otras fuentes:**

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

Google hearth

# **ANEXOS**



**SECCIONES DE PROYECTO**

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 CLIENTE: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

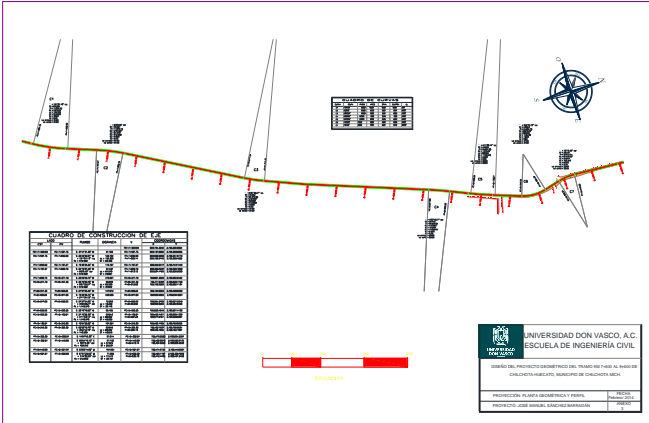
---

**SECCION TIPO**

**UNIVERSIDAD DON VASCO, S.C.**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

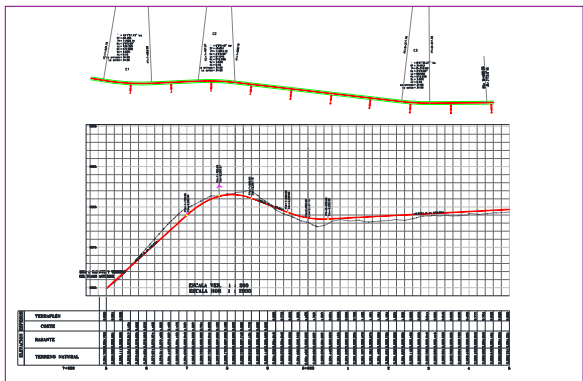
AVDA. DEL PASEO DE LA UNIVERSIDAD, S/N. 48940 LEZAMA (VIZCAYA) - ESPAÑA  
 TEL: 945 21 80 00 FAX: 945 21 80 01  
 WWW.DONVASCO.COM

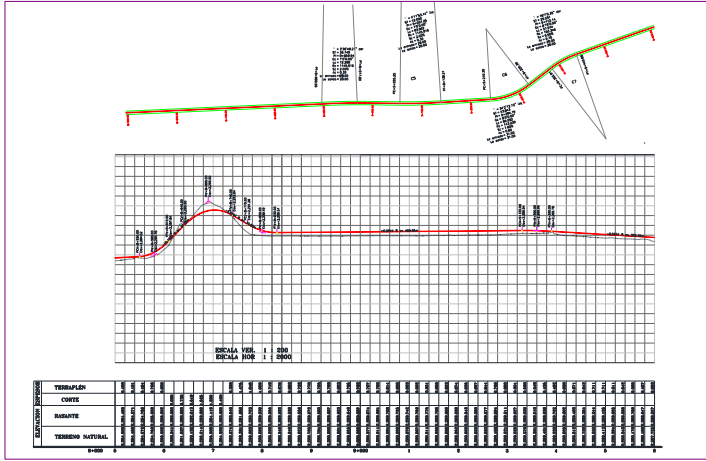




UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL NOROCCIDENTE DEL ESTADO DE GUANAJUATO  
 DIVISION DE INGENIERIA, SIGUIENTES DE GUANAJUATO, MEXICO.  
 PROFESOR: PLATON GONZALEZ Y PARRA  
 PROYECTO: PUENTE CABLEADO







STATION	TERRAIN		PROPOSED	
	EL. (M)	GR. (%)	EL. (M)	GR. (%)
0+00	100.00	0.00	100.00	0.00
0+10	100.50	0.00	100.50	0.00
0+20	101.00	0.00	101.00	0.00
0+30	101.50	0.00	101.50	0.00
0+40	102.00	0.00	102.00	0.00
0+50	102.50	0.00	102.50	0.00
0+60	103.00	0.00	103.00	0.00
0+70	103.50	0.00	103.50	0.00
0+80	104.00	0.00	104.00	0.00
0+90	104.50	0.00	104.50	0.00
1+00	105.00	0.00	105.00	0.00
1+10	105.50	0.00	105.50	0.00
1+20	106.00	0.00	106.00	0.00
1+30	106.50	0.00	106.50	0.00
1+40	107.00	0.00	107.00	0.00
1+50	107.50	0.00	107.50	0.00
1+60	108.00	0.00	108.00	0.00
1+70	108.50	0.00	108.50	0.00
1+80	109.00	0.00	109.00	0.00
1+90	109.50	0.00	109.50	0.00
2+00	110.00	0.00	110.00	0.00
2+10	110.50	0.00	110.50	0.00
2+20	111.00	0.00	111.00	0.00
2+30	111.50	0.00	111.50	0.00
2+40	112.00	0.00	112.00	0.00
2+50	112.50	0.00	112.50	0.00
2+60	113.00	0.00	113.00	0.00
2+70	113.50	0.00	113.50	0.00
2+80	114.00	0.00	114.00	0.00
2+90	114.50	0.00	114.50	0.00
3+00	115.00	0.00	115.00	0.00
3+10	115.50	0.00	115.50	0.00
3+20	116.00	0.00	116.00	0.00
3+30	116.50	0.00	116.50	0.00
3+40	117.00	0.00	117.00	0.00
3+50	117.50	0.00	117.50	0.00
3+60	118.00	0.00	118.00	0.00
3+70	118.50	0.00	118.50	0.00
3+80	119.00	0.00	119.00	0.00
3+90	119.50	0.00	119.50	0.00
4+00	120.00	0.00	120.00	0.00
4+10	120.50	0.00	120.50	0.00
4+20	121.00	0.00	121.00	0.00
4+30	121.50	0.00	121.50	0.00
4+40	122.00	0.00	122.00	0.00
4+50	122.50	0.00	122.50	0.00
4+60	123.00	0.00	123.00	0.00
4+70	123.50	0.00	123.50	0.00
4+80	124.00	0.00	124.00	0.00
4+90	124.50	0.00	124.50	0.00
5+00	125.00	0.00	125.00	0.00
5+10	125.50	0.00	125.50	0.00
5+20	126.00	0.00	126.00	0.00
5+30	126.50	0.00	126.50	0.00
5+40	127.00	0.00	127.00	0.00
5+50	127.50	0.00	127.50	0.00
5+60	128.00	0.00	128.00	0.00
5+70	128.50	0.00	128.50	0.00
5+80	129.00	0.00	129.00	0.00
5+90	129.50	0.00	129.50	0.00
6+00	130.00	0.00	130.00	0.00
6+10	130.50	0.00	130.50	0.00
6+20	131.00	0.00	131.00	0.00
6+30	131.50	0.00	131.50	0.00
6+40	132.00	0.00	132.00	0.00
6+50	132.50	0.00	132.50	0.00
6+60	133.00	0.00	133.00	0.00
6+70	133.50	0.00	133.50	0.00
6+80	134.00	0.00	134.00	0.00
6+90	134.50	0.00	134.50	0.00
7+00	135.00	0.00	135.00	0.00
7+10	135.50	0.00	135.50	0.00
7+20	136.00	0.00	136.00	0.00
7+30	136.50	0.00	136.50	0.00
7+40	137.00	0.00	137.00	0.00
7+50	137.50	0.00	137.50	0.00
7+60	138.00	0.00	138.00	0.00
7+70	138.50	0.00	138.50	0.00
7+80	139.00	0.00	139.00	0.00
7+90	139.50	0.00	139.50	0.00
8+00	140.00	0.00	140.00	0.00
8+10	140.50	0.00	140.50	0.00
8+20	141.00	0.00	141.00	0.00
8+30	141.50	0.00	141.50	0.00
8+40	142.00	0.00	142.00	0.00
8+50	142.50	0.00	142.50	0.00
8+60	143.00	0.00	143.00	0.00
8+70	143.50	0.00	143.50	0.00
8+80	144.00	0.00	144.00	0.00
8+90	144.50	0.00	144.50	0.00
9+00	145.00	0.00	145.00	0.00
9+10	145.50	0.00	145.50	0.00
9+20	146.00	0.00	146.00	0.00
9+30	146.50	0.00	146.50	0.00
9+40	147.00	0.00	147.00	0.00
9+50	147.50	0.00	147.50	0.00
9+60	148.00	0.00	148.00	0.00
9+70	148.50	0.00	148.50	0.00
9+80	149.00	0.00	149.00	0.00
9+90	149.50	0.00	149.50	0.00
10+00	150.00	0.00	150.00	0.00