



# **UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**

Incorporación No. 8727-15

a la Universidad Nacional Autónoma de México

## **Escuela de Ingeniería civil**

### **DISEÑO DEL PROYECTO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA “EL SABINO-TARETAN”, KM 0+000 AL KM 1+800 EN EL MUNICIPIO DE URUAPAN, MICH.**

Tesis

Para obtener el título de:

Ingeniero civil

Presenta.

**Leonardo Espinosa Núñez**

Asesor:

I.C. Guillermo Navarrete Calderón

Uruapan, Michoacán, 13 de Mayo del 2015



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.

## ÍNDICE.

### Introducción.

Antecedentes.	. 1
Planteamiento del problema	. 3
Objetivo.	. 4
Pregunta de investigación.	. 5
Justificación.	. 5
Marco de referencia.	. 6

### Capítulo 1.- VÍAS TERRESTRES.

1.1 Antecedentes de las vías terrestres.	. 7
1.2 Tipos de caminos en México.	. 8
1.3 Clasificación de las carreteras.	. 9
1.3.1 Clasificación Administrativa.	. 9
1.3.2 Clasificación por su transitabilidad..	10
1.3.3 Clasificación técnica oficial.	10
1.4 Velocidad.	. 11
1.5 Tráfico.	12
1.5.1 Tipo de tránsito.	12
1.5.2 Volumen de tránsito..	12

1.5.3 Tránsito máximo horario . . . . .	13
1.5.4 La densidad de tráfico. . . . .	13
1.5.5 Estudios de origen y destino. . . . .	14
1.5.6 Aforos automáticos. . . . .	15
1.6 Alineamiento. . . . .	18
1.7 Ampliación. . . . .	18
1.8 Ampliación en curvas horizontales. . . . .	18
1.9 Pendiente. . . . .	19
1.10 Ancho de sección. . . . .	19
1.11 Derecho de vía. . . . .	20
1.12 Clasificación de vehículos. . . . .	20
1.13 Capacidad y nivel de servicio. . . . .	24
1.14 Distancia de visibilidad. . . . .	24
1.14.1 Distancia de visibilidad de parada. . . . .	25
1.14.2 Distancia de velocidad de rebase. . . . .	25
1.15 Dimensiones de camino. . . . .	25
1.16 La mecánica de suelos. . . . .	29
1.16.1 Origen de los suelos. . . . .	29
1.16.2 Granulometría. . . . .	30
1.16.3 Plasticidad. . . . .	30
1.17. Factores relativos al camino. . . . .	31

## **Capítulo 2.- PROYECTO GEOMÉTRICO.**

2.1 Concepto de proyecto geométrico. . . . .	33
2.2 Selección de la ruta. . . . .	33
2.2.1 Reconocimientos. . . . .	34
2.2.2.1 Reconocimiento aéreo. . . . .	34
2.2.2.2 Reconocimiento terrestre. . . . .	37
2.3 Movimiento de tierras. . . . .	38
2.4 Acopio de datos. . . . .	38
2.5 Evaluación de rutas posible. . . . .	39
2.6 Análisis Topografía. . . . .	39
2.7 Normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. . . . .	40
2.7.1 Alineamiento vertical. . . . .	40
2.7.2 Normas generales para el alineamiento vertical. . . . .	41
2.8 Elementos que integran el alineamiento horizontal. . . . .	42
2.8.1 Definición. . . . .	42
2.8.2 Curvas circulares. . . . .	43
2.8.3. Sección transversal de una obra vial. . . . .	43
2.9 Drenaje en caminos. . . . .	44
2.10 Sobre ancho en curvas. . . . .	44
2.11. Señalamiento. . . . .	49
2.11.1 Señalamiento vertical. . . . .	49

2.11.1.1 Señalamiento vertical. . . . .	49
2.11.1.2 Señales restrictivas. . . . .	50
2.11.1.3 Señales informativas. . . . .	51
2.11.1.4 Informativas de identificación. . . . .	51
2.11.1.4.1 Informativas de destino. . . . .	52
2.11.1.5 Informativas de servicio y turísticas. . . . .	54
2.11.1.6 Informativas de servicios y turísticos. . . . .	55
2.11.2 Señalamiento Horizontal. . . . .	55

### **Capítulo 3.- RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN**

3.1 Generalidades. . . . .	58
3.2 Resumen ejecutivo. . . . .	58
3.3 Entorno geográfico. . . . .	62
3.3.1 Macro localización. . . . .	62
3.3.2 Estado de Michoacán y Municipios. . . . .	63
3.3.3 Hidrología regional. . . . .	64
3.3.4 Topografía. . . . .	65
3.3.5 Tipo de terreno y cobertura vegetal. . . . .	65
3.3.6 Estados de obras de drenaje. . . . .	66
3.3.7 Señalamiento y dispositivos de seguridad. . . . .	67
3.4 Informe fotográfico. . . . .	68

3.4.1 Estado físico actual. . . . .	68
3.5 Alternativas de solución. . . . .	68
3.6 Proceso de análisis. . . . .	69

#### **Capítulo 4.- METODOLOGÍA.**

4.1 Método empleado. . . . .	70
4.1.1 Método matemático. . . . .	71
4.2 Enfoque de investigación. . . . .	72
4.3 Diseño de investigación. . . . .	72
4.4 Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	73
4.5 Alcance. . . . .	74
4.7 Diseño de la investigación. . . . .	74

#### **Capítulo 5.- CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

5.1 Levantamiento topográfico de la zona de estudio.. . . .	76
5.2 Normas generales para el alineamiento vertical. . . . .	85
5.3 Cálculo de curvas horizontales. . . . .	86
Conclusiones. . . . .	95
Bibliografía. . . . .	97
Anexos. . . . .	101

# INTRODUCCIÓN.

## **Antecedentes.**

“Por necesidad, los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos; posteriormente cuando esos grupos se volvieron sedentarios, los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. En América y en México en particular, hubo este tipo de caminos durante el florecimiento de civilizaciones maya y azteca”. (Olivera Bustamante; 1996:2)

“Una carretera o ruta es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte”. ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org):2014)

Buscando en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. se encontraron varias tesis relacionadas con las vías terrestres así como de proyecto geométrico y procesos constructivos las cuales se mencionan a continuación:



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, Michoacán”, del año 2011, elaborada por Omar Medina Martínez cuyo objetivo fue diseñar dicho tramo de la carretera “El Capulín” del km 0+000 al km 2+740 llegando a la conclusión de haber cumplido satisfactoriamente los objetivos planteados desde el principio.

La tesis titulada “Alternativa del proyecto geométrico en la denominada “Curva del Diablo” carretera Carapan-Playa Azul del tramo Carapan-Uruapan del Km 65+000 al 66+160” del año 2008, elaborada por Dorian Vladimir Hernández Báez, cuyo objetivo general revisar el proyecto geométrico que comprende el tramo de la curva denominada “del Diablo”, concluyendo satisfactoriamente con el objetivo general en la elaboración del proyecto.

Otra tesis titulada “Alternativa de proyecto geométrico de la intersección ubicada en el km 108 de la carretera Zihuatanejo- Lázaro Cárdenas sobre el libramiento Guacamayas” elaborada por José Ricardo Arroyo Rodríguez, cuyo objetivo general es la revisión del proyecto geométrico de la intersección en el libramiento Guacamayas, sobre la carretera Zihuatanejo- Lázaro Cárdenas.

## **Planteamiento del Problema.**

Esta tesis consiste en diseñar el proyecto geométrico necesario para la carretera San Marcos–Taretan en el tramo El Sabino-Taretan del Km 0+000 al 1+800 en el municipio de Uruapan, Michoacán, ya que éste cuenta con un camino de terracería, el cual, por ser un material arcilloso, lo hace muy poco transitable en épocas de lluvias por lo cual causa un gran problema, ya que por este camino transitan todos los camiones de caña que van rumbo al Molino impidiendo así su traslado al Municipio de Taretan.

Los vecinos de esa zona tienen la necesidad de trasladarse de un lugar a otro, pero en las condiciones en las que se encuentra el terreno se dificulta, por ser un material muy plástico lo cual provoca hundimientos y atascamiento de los vehículos.

Es por eso la necesidad de buscar una solución, la cual consta en realizar el proyecto geométrico idóneo para ese tramo en el cual transitan, por lo general, vehículos pesados y se deben tomar en cuenta todos los aspectos necesarios para tener una mejor alternativa.

## **Objetivos.**

La presente tesis resolverá un objetivo general y cuatro específicos que se presentan a continuación:

### **Objetivo general.**

Realizar el proyecto geométrico del tramo carretero El Sabino –Taretan del km 0+000 al km 1+800 en el municipio de Uruapan, Michoacán.

### **Objetivos específicos:**

- 1) Definir una vía terrestre.
- 2) Definir de acuerdo al tránsito vehicular, el tipo de tramo El Sabino-Taretan.
- 3) Determinar Curvas horizontales y verticales de acuerdo con las normas de la SCT.
- 4) Presentar una alternativa de solución del proyecto geométrico de la carretera El Sabino-Taretan en el municipio de Uruapan, Michoacán.

## **Pregunta de investigación.**

La presente tesis tratará de dar respuesta a la siguiente pregunta:

Geoméricamente ¿Cuál deberá ser el diseño adecuado para la realización del proyecto geométrico del tramo carretero del km 0+000 al km 1+800 El Sabino– Taretan.?

## **Justificación.**

El presente trabajo de investigación es de mucha importancia, ya que impactará de manera decisiva en la comodidad con la que los usuarios circulan a través de este camino especialmente, ya que son usuarios de vehículos de tipo pesado.

El beneficio a la población se hará al realizar las modificaciones geométricas del tramo carretero, ya que brindará mucho más comodidad y menos posibilidades de que se presente un accidente que afecte a los usuarios.

En este estudio se pretende minimizar el tiempo y costo, así como buscar la mayor eficiencia, adecuando como mejor sea conveniente para que los usuarios tengan un medio de transporte más rápido y seguro así como las poblaciones más cercanas son las que tendrán un mayor beneficio.

Otros beneficiados con este estudio fue quien elaboró la investigación porque de aquí podrá resolver sus dudas que tenía al respecto a este tema, así como los estudiantes de la Universidad Don Vasco, ya que contarán con otra

opción de consulta para futuros proyectos de obra civil o infraestructura carretera por el hecho de aportar información sobre dicho tema.

También maximiza un gran porcentaje del crecimiento rural, y urbano a las poblaciones beneficiadas del camino, brindado comodidad y seguridad.

### **Marco de referencia.**

Este proyecto se ubica al suroeste del estado de Michoacán en el municipio de Uruapan a una altura de 947 m. sobre el nivel del mar, en el Poblado de Taretan con las coordenadas: 19° 17'89" N, 101° 58'26" O en el tramo km 0+000 al km 1+800.

El clima de la región es cálido con pocas lluvias en verano, tiene una precipitación de 1002.1 milímetros y temperaturas que van de 12° a 35° centígrados.

Su fauna la conforman los coyotes, serpientes, tlacuache, liebre, conejo.

El uso de suelo en esta región principalmente es agrícola, principalmente en caña de azúcar ya que tiene cuenta con un clima cálido con pocas lluvias y un tipo de suelo limo altamente plástico, que facilita la cosecha del mismo.

# CAPÍTULO 1

## VÍAS TERRESTRES

En este capítulo se darán a conocer los antecedentes de las vías terrestres, así como todos los elementos necesarios para la realización correcta de un proyecto geométrico como son: volumen de tránsito, velocidad, derecho de vía, así como también la clasificación de carreteras y sus tipos.

### **1.1 Antecedentes de las vías terrestres.**

Por necesidad, los primeros caminos fueron peatonales, es decir veredas que las tribus formaban al recorrer la zona para la finalidad de buscar alimento para subsistir.

Con la invención de la rueda, se formaron los primeros vehículos hechos por madera los cuales generalmente eran jalados por animales, los cuales eran hechos para transportar gente y mercancía, lo que hacía un mayor florecimiento económico –social.

La primera carretera (vereda) en México fue hecha por Fray Sebastián de Aparicio (monje franciscano) que comunicó el puerto de Veracruz pasando por Puebla hasta Acapulco. A principios del siglo XIX se construyeron los primeros

ferrocarriles durante el porfiriato lo cual influyó en un mejoramiento en el beneficio del país.

## **1.2 Tipos de caminos en México.**

Olivera (2006) señala que hay dos tipos de pavimentos: los flexibles y los rígidos; en los primeros, la superficie de rodamiento es proporcionado por una carpeta asfáltica y la distribución de las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores, se hace por medio de las fuerzas de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que se rompa su estructura, las capas que forman un pavimento flexible son; súbese las cuales se construyen sobre la subrasante.

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por las losas de concreto hidráulico que distribuyen las cargas de los vehículos, hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa de las adyacentes que trabajan en forma conjunta, con la que recibe directamente las cargas, aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pudieran colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario la construcción de una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al paso de los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina de orilla en la losa; la sección transversal de un pavimento rígido está formada por la losa de concreto hidráulico y sub-base, que se construyeron sobre la capa subrasante.

### **1.3 Clasificación de las carreteras.**

Crespo (2005) menciona diferente la clasificación de las carreteras en todo el mundo, sin embargo, en México se tienen varias clasificaciones, éstas son: Clasificación por transitabilidad, Clasificación por su aspecto administrativo y la Clasificación técnica Oficial.

#### **1.3.1 Clasificación Administrativa.**

Las carreteras en cuanto a su clasificación administrativa, según Crespo (2005) se dividen en:

1. Federales: Son costeadas integralmente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.

2. Estatales: Construidas por el sistema de cooperación aportando un porcentaje el estado donde se construye y otro la federación. Estos caminos quedan a cargo de la junta local de caminos.

3. Vecinales: Son construidas por vecinos beneficiarios, la federación y el estado aportan una tercera parte cada uno y quedan a cargo de la junta local de caminos.

4. Cuota: Son construidas por la SCT y se dan a cargo de una dependencia oficial descentralizada denominado CAPUFE siendo una inversión recuperada.



5. Concesionadas: Son construidos por particulares y se encuentran a su cargo por un número determinado de años para recuperar su inversión.

### **1.3.2 Por su transitabilidad.**

Corresponde a la etapa de construcción en la que se encuentre:

1. Terracería: sección construida del proyecto de la carretera a nivel de subrasante y es transitable en tiempo de secas.

2. Revestida: cuando sobre la subrasante se ha construido una o varias capas de material granular y es transitable todo el año.

3. Pavimentos: sobre la subrasante se ha construido totalmente el pavimento.

### **1.3.3 Clasificación técnica oficial.**

Corresponde a la cantidad de vehículos por hora que circulan en una carretera;

1. Tipo especial: para un tránsito promedio anual superior a los 3000 mil vehículos equivalentes a un tránsito promedio horario de 360 vehículos por hora.

2. Tipo A: Para un tránsito promedio diario anual de 1600 a 3000 vehículos equivalente a un tránsito promedio horario de 180 a 360 vehículos por hora.

3. Tipo B: para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos y un tránsito de 60 a 180 vehículos por hora.

4. Tipo C: Para tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos que equivale de 6 a 60 vehículos por hora.

5. Tipo D: Para un tránsito anual menor de 50 y un tránsito horario menor a 5 vehículos por hora.

#### **1.4 Velocidad.**

“Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada para la velocidad constante, por la fórmula;  $V=d/t$ ”. (Crespo, 2005:5)

La velocidad es uno de los factores más importantes para un proyecto vial, ya que en base a una velocidad de proyecto así mismo es el diseño.

Es necesario conocer los 4 tipos de velocidad mencionados a continuación:

Velocidad de proyecto: es la máxima velocidad por la cual pueden transitar los vehículos de manera segura.

Velocidad de operación: Es la máxima velocidad por la cual los vehículos pueden desplazarse sobre un tramo o camino, bajo las condiciones favorables del camino.

Velocidad de punto: Es la velocidad que alcanza un vehículo por un punto determinado de un tramo, se puede considerar similar a la de operación en tramos pequeños.

Velocidad global: Es la división de la distancia recorrida entre el vehículo de viaje incluyendo las demoras debidas a condiciones climatológicas y del camino, no incluye los retrasos fuera del camino correspondiente a gasolineras, restaurantes y recreación. Por lo tanto es el promedio de la velocidad mantenida del automóvil.

## **1.5 Tráfico.**

Para poder realizar el proyecto geométrico de un tramo carretero es necesario conocer el volumen de tráfico que circula en determinado tiempo para así poder proyectar un buen diseño del mismo, ya que este es en otras palabras es la cantidad de vehículos que transitan por ese tramo en un determinado tiempo, por lo que en general no satisfacen las necesidades del camino debido a las dimensiones pequeñas lo cual ocasiona mayor número de accidentes.

### **1.5.1 Tipo de tránsito.**

La clase de vehículos que transitan por un camino son los que determinan velocidad tipo de camino o caminos. Un ejemplo es para un camino turístico que conduzca algún sitio arqueológico se puede casi asegurar que todos los vehículos serán solamente de pasajeros mientras que en otro tipo de caminos

como las autopistas la mayoría de vehículos serán de carga y las condiciones del camino serán más favorables así como en otras desde la velocidad de proyecto, hasta los grados de curvaturas tanto en curvas horizontales como en curvas verticales, es decir, todo el proyecto geométrico.

### **1.5.2 Volumen de tránsito.**

De acuerdo con Crespo (1996), se entiende por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades comúnmente empleadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Se llama Tránsito Promedio Diario (T.P:D.) al promedio de vehículos de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto periodo, Normalmente este periodo es de un año a no ser que se indique otra cosa.

### **1.5.3 Tránsito máximo horario.**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un tramo carretero durante una hora, lo cual nos ayuda a conocer las necesidades del proyecto a realizar, para así poder satisfacer las necesidades del proyecto sin ocasionar tráfico y menor número de accidentes.

#### **1.5.4 La densidad de tráfico.**

Es el número de vehículos que se encuentran por unidad de longitud sobre una carretera. Este se mide a través de fotografías y contando los vehículos que pasan sobre él, la densidad influye de forma directa en la calidad de circulación ya que si se aumenta la velocidad resulta más difícil mantener una velocidad constante.

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

De acuerdo con Miller (1987) el método manual es considerado el más completo en el aforo de vehículos, permitiendo conocer sus características como: volumen horario de tránsito, las rutas más usadas por automovilistas, tipos de productos, tonelaje que transportan, número de pasajeros y marca de vehículos que es imposible que un aparato automático lo realice. El único inconveniente de este método es su alto costo de ejecución, ya que la duración del estudio es superior a las 24 horas. Por eso este método se usa de apoyo para complementar el automático y así tener una mayor exactitud en el estudio.

Existen cuatro maneras básicas de realizar estudios de origen y destino:

1. Realizando entrevistas.
2. Entregando cuestionarios en diferentes casetas.
3. Entrevistas de manera aleatoria a los domicilios cercanos o vecinos.

4. Anotando la cantidad de placas vehiculares desde diferentes partes.

### **1.5.6 Aforos Automáticos.**

En la actualidad la mayor parte de aforamientos se realizan de manera automática, ya que su costo es mucho menor, estos aparatos permiten conocer el determinado número de vehículos que pasan por una determinada zona, cuyos tipos principales son los que a continuación se describen:

a) Detector de tubo neumático: Consta de tubo de goma el cual es instalado transversalmente a la carretera, el registro lo realiza al pasar un vehículo sobre el tubo de tal forma, que cada dos impulso registra un vehículo de dos ejes.



Imagen.1.1 Aforos automáticos.

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

b) Detector de presión de contacto: Son los más usados en caminos de cuota, este consta de una caja y dentro esta caja se localiza un electroimán con una tapa metálica entrecortada, la caja es colocada bajo la superficie de rodamiento, al pasar los neumáticos de los vehículos la caja es presionada produciendo una corriente eléctrica y transformándose en registros.



Imagen. 1.2 Detector de presión de contacto.

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

c) Contador electromecánico: son colocados dentro del pavimento, constituido por circuitos, al pasar las masas,metálicas de los vehículos se provocan un cambio de la intensidad de la corriente la cual se produce el registro.



Imagen. 1.3 Contador electromecánico.

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



## **1.6 Alineamiento.**

En la construcción de un camino se trata que la línea quede alojada en un terreno plano la mayor extensión posible, pero siempre conservando la ruta general, esto no es siempre posible de acuerdo a la topografía del terreno natural. Así, cuando se llega al pie de una cresta la pendiente del terreno es mayor que la máxima permitida para ese camino y es necesario entonces desarrollar la ruta.

## **1.7 Ampliación.**

Las curvas horizontales son las que generalmente se amplían en una cantidad constante desde el P.C. (principio de curva) y P.T (principio de tangente) y después disminuye hasta los extremos de las transiciones. Se hace siempre esta ampliación por el lado interior de la curva y cuando en las curvas, el grado es menor a  $4^{\circ}$  no es necesario realizar la ampliación.

## **1.8 Transición.**

“El trazo de un camino por líneas rectas y curvas circulares horizontales es admisible únicamente como una primera aproximación, ya que la discontinuidad de curvatura existente en el enlace de una tangente con la mencionada curva no puede ser aceptada en un trazo racional. Así pues, prácticamente el recorrido de un vehículo, al pasar de una recta a una curva, debe ser efectuado por medio de una transición ósea mediante una curva progresiva, es decir aquella cuyo radio

vaya poco a poco decreciendo del infinito a la unión con la recta”. (Crespo 1996, 23).

### **1.9 Pendiente.**

“La pendiente longitudinal máxima de los caminos se asocia con la dificultad que ofrece la topografía, en ocasiones se prefiere alcanzar una cota determinada con una fuerte pendiente y luego de alcanzada se mantiene el trazado siguiendo la curva de nivel, aunque esto último sea una limitante para posibilitar un expedito drenaje.

Por la topografía donde se ubican los bosques, muchas veces es posible establecer para los caminos forestales una dirección preferente de viaje cargado hacia los destinos, de tipo descendente. En estas condiciones los caminos permanentes en bosque nativo presentan como pendiente longitudinal máxima 15%, pendiente que se aprecia sólo en tramos cortos y en la dirección de salida. Los tramos con contra pendiente son poco frecuentes y con pendientes que no superan el 10 por ciento”. (.www.fao.org, 2014)

### **1.10 Ancho de sección.**

Como menciona Crespo (1996), el ancho de una sección transversal es una parte muy importante del camino ya que afecta gradualmente tanto en el costo de la obra sino también la capacidad de tránsito que son las 2 características

importantes en la que se basan para el diseño como la velocidad de proyecto y el tipo de camino.

### **1.11 Derecho de vía.**

Se le llama derecho de vía a un ancho suficiente a una franja de terreno, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte de la misma. Para caminos, en México se ha establecido un derecho de vía con amplitud mínima de cuarenta metros, veinte metros para cada lado del eje.

### **1.12 Clasificación de vehículos.**

Según el MPGC (Manual de Proyecto Geométrico de la SCT 1991) los vehículos se clasifican de la siguiente manera:

1. Clase nomenclatura:

Autobús b.

Camión unitario c.

Camión remolque c-r.

Tracto camión articulado t-s.

Tracto camión doblemente articulado t-s-r y t-s-s.




TABLA			
AUTOBÚS ( B )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B2	2	6	
B3	3	8 ó 10	
B4	4	10	

Tabla 1.1 Autobuses tipo B.

Fuente: Manual de la SCT; 1991:30






CAMIÓN UNITARIO ( C )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	6	
C3	3	8-10	
CAMIÓN - REMOLQUE ( C - R )			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2-R2	4	14	
C3-R2	5	18	
C2-R3	5	18	

Tabla 1.2 Camiones tipo C.

Fuente: Manual de la SCT; 1991:30





TRACTOCAMIÓN ARTICULADO			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1	3	10	
T2-S2	4	14	
T2-S3	5	18	
T3-S1	4	14	

Tabla 1.3 Tracto camiones articulados.

Fuente: Manual de la SCT; 1991:31

TRACTOCAMION SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T-S-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T2-S2-R2	6	22	
T2-S1-R3	6	22	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S1-R3	7	26	
T3-S2-R2 <sup>(1)</sup>	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4 <sup>(1)</sup>	9	34	

Tabla 1.4 Tracto camiones semirremolques.

Fuente: Manual de la SCT; 1991:32




T2-S2-S2	6	22	
T3-S2-S2	7	26	
T3-S3-S2	8	30	

Tabla 1.5 Tracto camiones semirremolques.

Fuente: Manual de la SCT; 1991:33

### 1.13 Capacidad y nivel de servicio.

La capacidad de un camino es la eficiencia del mismo, el nivel de servicio determina las condiciones de operación que un conductor dado experimenta durante un viaje, cuando los volúmenes de tránsito están por debajo de la capacidad, es cuando se presentan los problemas como el tráfico, ya que el nivel de servicio está directamente relacionado con la capacidad del mismo.

### 1.14 Distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad es comúnmente lo que conocemos, como hasta donde podemos alcanzar el a observar el camino dependiendo su topografía.

### **1.14.1 Distancia de visibilidad de parada.**

La distancia de visibilidad de parada está compuesta por 2 términos: la distancia recorrida desde que se percibe un objeto en su línea de acción hasta que el conductor coloca su pie en el pedal de freno ( $D_r$  o distancia de reacción) y la distancia de reacción que se recorre desde el momento en que se aplica el freno hasta que el vehículo se detiene ( $D_f$  o distancia de frenado).

$$D_p = 0.278vt + V^2 / 254 (f+p)$$

Donde:

$D_p$ : Distancia de visibilidad e parada.

$V$ : Velocidad de operación (km/h).

$T$ : Tiempo de reacción en segundos.

$F$ : coeficiente de fricción.

$P$ : Pendiente del camino.

### **1.14.2 Distancia de visibilidad de rebase ( $D_r$ ).**

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

### **1.15 Dimensiones del camino.**

Según el norma 2008 de la SCT las dimensiones máximas de un camino son:



## 1.-Dimensiones máximas autorizadas.

1.1 El ancho máximo autorizado para todas las clases de vehículos que transitan en los diferentes tipos de caminos, será de 2,60 m, este ancho máximo no incluye los espejos retrovisores, elementos de sujeción y demás aditamentos para el aseguramiento de la carga.

Estos accesorios no deben sobresalir más de 20 cm a cada lado del vehículo.

1.2 La altura máxima autorizada para todas las clases de vehículos que transitan en los diferentes tipos de caminos, será de 4,25 m.

1.3 El largo máximo autorizado para los vehículos clase autobús y camión unitario, se indica en la tabla "C" de esta Norma.

1.4 El largo total máximo autorizado para las configuraciones camión remolque (CR), según el tipo de camino por el que transitan, se indica en la tabla "C" de esta Norma.

1.5 El largo total máximo autorizado para la configuración tracto camión articulado (TS), según el tipo de camino por el que transitan, se indica en la tabla "C" de esta Norma.

Cuando la longitud del semirremolque sea mayor que 14,63 m en las configuraciones vehiculares a que se refiere la tabla "C" éstos deberán cumplir con las siguientes disposiciones de seguridad:

a) El tracto camión deberá contar con espejos auxiliares en la parte delantera, ubicados en las salpicaderas (guarda fangos) y/o cubierta del motor, dependiendo del diseño de la carrocería.

b) Portar en la parte posterior del semirremolque, un letrero fijo (rótulo o calcomanía), con dimensiones de 0,80 X 0,60 m y una leyenda “PRECAUCIÓN AL REBASAR”, fondo naranja reflejante y letras negras.

1.6 El largo total máximo para las configuraciones tracto camión doblemente articulado (TSR y TSS), según el tipo de camino por el que transitan, se indica en la tabla “C” de esta Norma.

NOM-012-SCT-2-2008

1.6.1 Dentro de la longitud total máxima autorizada de 31,00 m y 28,50 m a que se refiérela Tabla “C”, para las configuraciones camión con remolque y tracto camión doblemente articulado, no se permite el acoplamiento de semirremolques o remolques con longitudes mayores a 13,70 m, ni de 3 ejes (S3) para el caso de configuraciones de tracto camión semirremolque-remolque (T-S-R), excepto que el tercer eje sea retráctil, siempre y cuando éste, se encuentre levantado durante la circulación de la configuración vehicular.

1.6.2 Los conductores que operan estas configuraciones vehiculares, deberán acreditarla capacitación que determine la Secretaría.

1.7 Para las configuraciones vehiculares que trasladan automóviles sin rodar que transitan en caminos tipo “ET”, “A” y “B”, se permite 1,00 m de carga sobresaliente, en la parte posterior del último semirremolque o remolque de la configuración.

1.7.1 Cuando se trate de carga sobresaliente en la parte superior frontal de la configuración tipo góndola o madrina, se permite 1,00 m sobresaliente, siempre y

cuando no se rebase la longitud máxima permitida por tipo de vehículo y de carretera.

1.8 Para las configuraciones vehiculares de tracto camión con semirremolque que transportan tubos, varillas, láminas, postes y perfiles, en plataformas, se permite hasta 2,50 m. de carga sobresaliente en la parte posterior del semirremolque de la configuración, cuando transiten por caminos tipo “ET”, “A”, “B” y “C”, siempre y cuando la longitud de la carga sobresaliente más el largo de la plataforma no exceda de 14,63 m, ni se sobrepasen las dimensiones máximas permitidas por tipo de carretera para la configuración vehicular.

1.9 Para las configuraciones vehiculares de tracto camión con semirremolque, camión remolque y tracto camión doblemente articulado mencionadas en los puntos.

1.7 y 1.8a los cuales se les permite transportar carga sobresaliente, deberán cumplir con las siguientes disposiciones de seguridad:

I.- En la carga sobresaliente deberán llevar un indicador de peligro en forma rectangular de 0,30 m de altura y con un ancho equivalente al vehículo, firmemente sujeto y pintado con rayas inclinadas a 45 grados alternadas en colores negro y blanco reflejante de 0,10 m de ancho.

II.- Cuando el vehículo circule con luz diurna, deberán colocarse en sus extremos dos banderolas rojas de forma cuadrangular de 0,40 m por lado, sujetas firmemente.

III.- Cuando el vehículo circule en horario nocturno, deberán colocarse en la carga sobresaliente, dos reflejantes y/o dos lámparas que emitan luz roja, además de dos indicadores de peligro que emitan luz roja y visible desde 150 m, además de

las luces que establezca el Reglamento de Tránsito en Carreteras Federales, vigente.

### **1.16 La mecánica de suelos.**

“La mecánica de suelos, es una rama de la ingeniería civil, se refiere aplicación de las leyes de la física y ciencias naturales a los distintos problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre”. (Terzagui; 1925; 34)

El suelo es un compuesto o agregado natural formado por minerales con o sin componentes inorgánicos, líquidos y gases. Mientras que las rocas son compuestas por minerales unidos por fuerzas cohesivas.

#### **1.16.1 Origen de los suelos.**

Durante muchos millones de años las condiciones climatológicas han desgastado las montañas lo que paso a la formación de nuevos suelos conocidos como “suelos transportados” , en cambio cuando un suelos permanece en las mismas condiciones desde su origen se les conoce como “suelos residuales”.

### **1.16.2 Granulometría.**

Se puede decir que la granulometría es una de las características más importantes del suelo ya que sistema denominado “SUCS” (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) se basa en la granulometría del material: grava, arena, arcilla, limo, etc.

Los suelos son clasificados, de acuerdo al tamaño de las partículas que lo conforman, en gruesos y finos, definidos de la sig. Manera:

Suelos gruesos. Son los que se encuentran constituidos por partículas mayores a 0.074mm y menor a 76.2mm.

Suelos finos. Son los que se encuentran formados por partículas de tamaño menor a 0.074mm.

### **1.16.3 Plasticidad.**

Se refiere al moldeado del suelo sin ser fracturado y sin cambiar su volumen. Esta depende básica o principalmente en la humedad y la cantidad de arcilla existente en un suelo.

El grado de plasticidad se realiza mediante los límites de consistencia de Atterberg que miden la plasticidad a través de la humedad.

Limite líquido:” Se define arbitrariamente como la humedad del suelo tal que un surco de 2 mm de anchura realizado en el suelo se cierra a lo largo del

fondo en una distancia de 13mm al dejar caer la cuchara 25 veces desde una altura de 20mm. Si la humedad fuera mayor a esta el suelo fluiría si se le diera la oportunidad” (Kramer, 2004:34) Los siguientes resultados son representados gráficamente.

### **1.17 Factores relativos al camino.**

Según el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1991), son todos aquellos elementos físicos propios del diseño geométrico que pueden tener influencia directa o indirectamente en la capacidad y volumen de servicio, los cuales se describirán a continuación:

- a) **Ancho de carril:** Los carriles menores a 3.65 m tienen menor capacidad de circulación, que los carriles de esa dimensión que se consideran ideales.
  
- b) **Obstáculos laterales:** Estos obstáculos pueden ser: muros , postes , arboles, señales, vehículos estacionados, que se encuentren a menos de 1.8 m de una orilla del carril reduciendo el ancho efectivo. En cambio los obstáculos con una altura igual o menor de 1.20 m , por ejemplo las guarniciones no tendrán influencia sobre el ancho del carril.

- c) **Combinación del ancho del carril y la distancia a obstáculos laterales:** En este punto se pueden considerar los efectos combinados de ambos elementos de ancho del carril y la distancia laterales para diferentes tipos de caminos.

## **CAPÍTULO 2**

### **PROYECTO GEOMÉTRICO**

En este capítulo se darán a conocer los conceptos principales para una buena elaboración de un trazo geométrico, así como también las normas establecidas por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) tanto para alineamiento vertical como horizontal.

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

Se entiende por proyecto geométrico al nivel de la calidad geométrica de un camino al cual se construye una carretera, éste se basa principalmente en la elección de la ruta, que es la franja de terreno de ancho variable entre dos puntos dentro de la cual es factible hacer una localización de un camino.

Algunos de los factores específicos más importantes a considerar en la selección del proyecto geométrico son: la clasificación funcional de la carretera, el volumen de tránsito al final del horizonte o periodo económico de la misma y la velocidad de proyecto. Aunque también deben influir consideraciones de capacidad, eficiencia económica, seguridad e impacto ambiental.



## **2.2 Selección de la ruta.**

Una ruta es una franja de terreno entre 2 puntos donde se puede ubicar un camino, dependiendo el tipo de zona en que se encuentre, y las razones económicas, social técnicas y políticas.

Es muy importante en la selección de la ruta del camino, ya que en base a esta se puede hacer más aprovechable o no, para la localización de un camino. Es decir, en base a la ruta se puede saber la distancia, la topografía, los factores principales que son los que determinan la velocidad del proyecto, y el tipo de camino para su mayor aprovechamiento.

### **2.2.1 Reconocimientos.**

Una vez representadas las rutas posibles en los mapas geográficos, se empieza el trabajo de campo, reconocimientos que pueden ser de 2 tipos: aéreos, y terrestres.

#### **a) Reconocimiento aéreo.**

Este reconocimiento es el que ofrece más ventajas sobre todos los demás ya que en este se puede observar desde un altura determinada, ya que abarcan varias zonas de alrededor del lugar lo que facilita su estudio.

1) El primer reconocimiento se hace a través de una avioneta y su objetivo es determinar las rutas que se consideren variables y localizar el área que debe fijarse a una escala de 1:50 000, para que queden incluidas con amplitud.

El especialista en geotecnia comprobará la morfología del terreno, y la existencia de algún tipo de falla en el terreno.

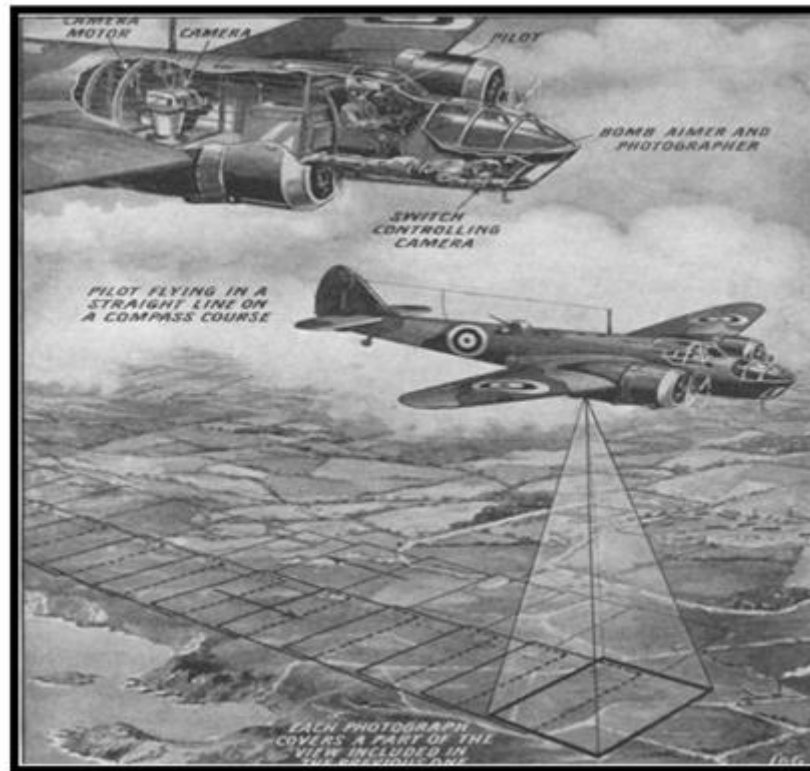


Fig. 2.1 Reconocimiento aéreo.

Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org):2014.

2) El segundo reconocimiento se realiza después de haber realizado las fotografías áreas con escala de 1:50 000, y este tiene por objeto observar el terreno estudiado en las fotografías tomadas anteriormente, este se realiza a

través de un helicóptero, lo que permite a los ingenieros descender en la zonas de mayor interés.

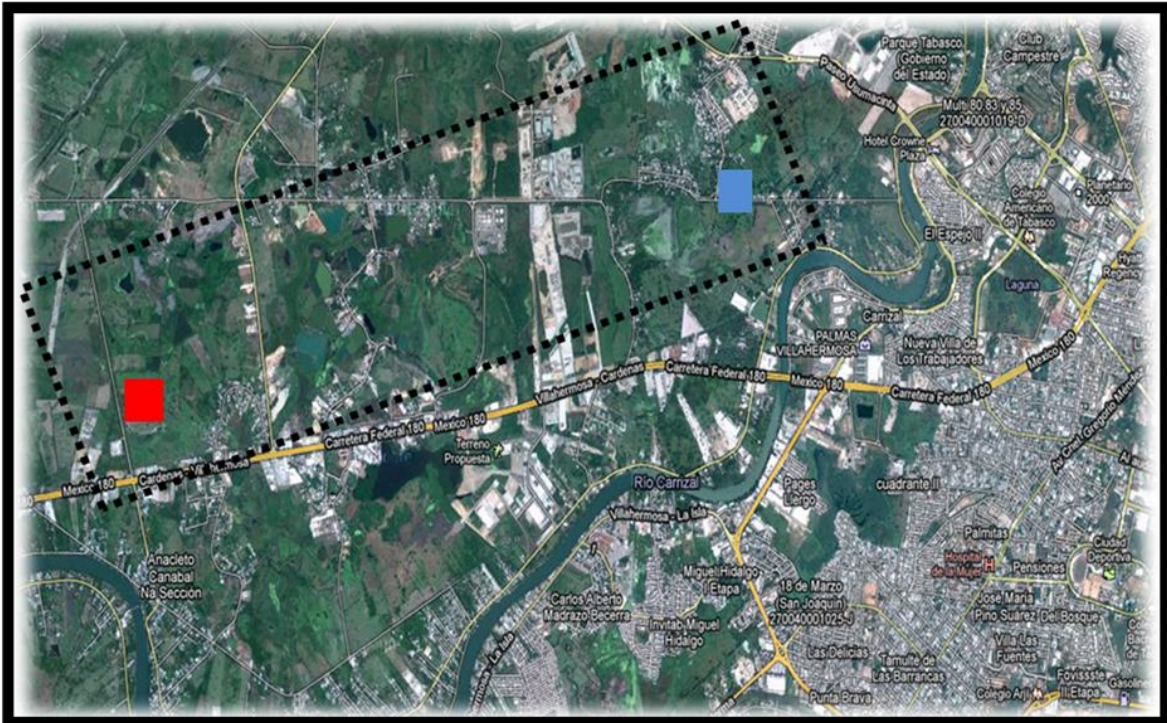


Fig. 2.2 Reconocimiento de zona de interés.

Fuente: inegi.org.mx.

3) El tercer reconocimiento se puede hacer de manera terrestre o aérea, es sólo un refinamiento del estudio realizado, llamado también trazo preliminar del camino, ya que el ingeniero estudia el comportamiento de los ríos para ver las obras de cruces a realizar.

## **b) Reconocimiento terrestre.**

Este tipo de reconocimiento se lleva a cabo cuando por las circunstancias del terreno no es posible realizar el estudio aéreo, este tipo de estudio tiene una gran desventaja con respecto al aéreo, ya que este tipo de estudio se debe realizar de forma perimetral, es decir, el ingeniero debe de ir trazando sus ruta por partes así como también el geólogo debe ir estudiando el terreno por partes lo que lo hace, mucho más tardado.

Este tipo de estudios son realizados con equipo: brújula, aneroide, binoculares y cámara fotográfica, ya que estos nos ayudan para localizar ríos, verificar costos orográficas, pendientes del camino, observar formaciones y contar con fotografías del lugar.



Imagen. 2.1 Reconocimiento terrestre.

Fuente: Propia.

### **2.3 Movimiento de tierras.**

El movimiento de tierras es la utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes en la cantidad que puedan ser reutilizables, por ejemplo en la construcción de terraplenes; además, se incluyen los materiales de préstamo o desperdicio que sean aptos para la conformación, compactación y el terminado del trabajo de terracería. Se debe tomar en cuenta, que el movimiento de tierras se encuentra enlazado directamente con el diseño de subrasante de la carretera, incidiendo así, en el costo de la misma. Por lo tanto, el movimiento de tierras deberá ser el más factible, desde el punto de vista económico, dependiendo de los requerimientos que el tipo de camino fije.

### **2.4 Acopio de datos.**

Según el Manual de Proyecto Geométrico (SCT, 1974) la geología, la topografía, el uso de tierra y el drenaje son de las principales características para la localización y el tipo de carretera, ya que en conjunto con los datos de tránsito, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

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

Para la zona de influencia de obras en proyecto, se copilará la información sobre las obras existentes. Los datos de tránsito para las carreteras existentes, se obtienen partiendo de los aforos que se realizan sistemáticamente en la red de carreteras, cuando es necesario se practican estudios de origen y destino. Para

cada caso específico de caminos nuevos, se calculará el tránsito, de acuerdo a las estimaciones.

## **2.5 Evaluación de rutas posibles.**

Para poder realizar una buena elección de ruta para una carretera, se deben de comparar ventajas que ofrezcan las rutas posibles, es decir es preciso hallar el costo aproximado de la construcción, operación y conservación, del camino que se vaya a proyectar para compararlo con los beneficios probables que se deriven de ella. Para posteriormente comparar los costos anuales y determinar la mejor ruta que sea la que una más comunidades, pueblos, ciudades, etc. y su costo sea el menor posible.

## **2.6 Análisis Topografía.**

Es necesario determinar el tipo de levantamiento adecuado, para esto, deben tomarse en cuenta cuatro factores determinantes: la configuración topográfica, el plazo de ejecución, la vegetación y la accesibilidad de la zona ya que en algunos casos no es posible realizar el estudio topográfico ya que no se permite el acceso o en la colocación de estos equipos en dichos terrenos.

## **2.7 Normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT.**

A continuación se presentan algunas de las normas que se deben de considerar o que son de mayor importancia para la elaboración del proyecto de una vía terrestre.

### **2.7.1 Alineamiento vertical.**

“A continuación se presentan las normas consideradas como las de mayor importancia.

1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.

2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.

3.- La distancia de visibilidad se debe considerar en todos los casos, por que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.

4.- El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural es preferible a una con tangentes largas pero repetidos cortes y terraplenes.

5.- Para un velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de curvatura máxima permisible.

6.- Un alineamiento debe existir, que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que debe evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.

7.- En terraplenes altos y largos solo son aceptable alineamientos rectos o de curvas muy suaves.

8.- En caminos abiertos debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas.

9.- Un alineamiento con sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero pueden proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500m.

10.- Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se encuentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan somnolencia.” (MPGC.SCT; 1991:59).

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

“A continuación se presentan las normas consideradas como las más importantes en el alineamiento vertical.

1.- La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante.

2.- Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno.

3.- Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.



4.- Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección, separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable.

5.- Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, bien con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.

6.- Donde las intersecciones al nivel ocurren en tramos de caminos con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección, este cambio en el perfil es beneficio para todos los vehículos que den vuelta.

7.- Los alineamientos tanto horizontal como vertical no deben ser considerados de manera independiente en el proyecto, puesto que se complementan el uno al otro.

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

**(MPGC.SCT; 1991:59).**

## **2.8 Alineamiento horizontal.**

Para el desarrollo correcto de un proyecto geométrico se deben tomar en cuenta aspectos importantes como el alineamiento horizontal, sobre anchos, curvas circulares, etc., como se muestran a continuación.

### **2.8.1 Definición de alineamiento horizontal.**

Se le llama alineamiento horizontal a la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino el cual está integrado por tres elementos:

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

### **2.8.2 Curvas circulares.**

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

### **2.8.3. Sección transversal de una obra vial.**

“La sección transversal de una obra vial es un corte acorde a un plano vertical y normal al centro de la línea en el alineamiento horizontal. Permite observar la disposición y las dimensiones de sus elementos.

Es preciso hacer notar que el proyecto geométrico de vías terrestres se realiza al nivel de la línea subrrasante que marca el final de las terracerías, por lo que las dimensiones que se deben manejar son las que se tendrán a ese nivel.

Las características de la subcorona son su ancho y su pendiente transversal. En tangentes horizontales la pendiente transversal es el bombeo que se hace en la corona hacia ambos lados para permitir el desalojo rápido de agua de lluvia; de acuerdo con el tipo de camino, varía de 2 a 3 %." (Olivera; 2006:44)

## **2.9. Drenaje en caminos.**

Según Crespo (1996) el objetivo principal del drenaje en los caminos es el de reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y en segundo término dar salida rápida al agua que llegue al camino.

Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo destruyendo el pavimento y originando baches.

## **2.10 Sobre ancho en curvas.**

Según el Manual de Criterios sobre Alineamiento Horizontal y Vertical (SIECA) los sobre anchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación. En las carreteras modernas con carriles de 3.6 metros y buen alineamiento, la necesidad de sobre anchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía.

Para establecer el sobre ancho en curvas deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En curvas circulares sin transición, el sobre ancho total debe aplicarse en la parte interior de la calzada. El borde externo y la línea central deben mantenerse como arcos concéntricos.
2. Cuando existen curvas de transición, el sobre ancho se divide igualmente entre el borde interno y externo de la curva, aunque también se puede aplicar totalmente en la parte interna de la calzada. En ambos casos, la marca de la línea central debe colocarse entre los bordes de la sección de la carretera ensanchada.
3. El ancho extra debe efectuarse sobre la longitud total de transición y siempre debe desarrollarse en proporción uniforme, nunca abruptamente, para asegurarse que todo el ancho de los carriles modificados sean efectivamente utilizados. Los cambios en el ancho normalmente pueden efectuarse en longitudes comprendidas entre 30 y 60 m.
4. Los bordes del pavimento siempre deben tener un desarrollo suave y curvado atractivamente, para inducir su uso por el conductor.
5. Los sobre anchos deben ser detallados minuciosamente en los planos constructivos y por medio de controles durante el proceso de construcción de la carretera o, alternativamente, dejar los detalles finales al Ingeniero residente de campo.

Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobre ancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$S = n\sqrt{R(R^2 - L^2)} + \frac{0.10 V}{\sqrt{R}}$$

*S*: Valor sobreaño, metros.

*n*: Número de carriles de la superficie de rodamiento.

*L*: Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, metros.

*R*: Radio de curvatura, metros.

*V*: Velocidad de diseño de la carretera, kilómetros por hora.

En la selección del sobre ancho en curvas se debe tomar en consideración lo siguiente:

1. Sobre anchos menores de 0.60 metros, no son necesarios en las curvas.
2. Los sobre anchos calculados que se muestran en el cuadro 4.16 son para carreteras de dos carriles.
3. En carreteras de tres carriles los sobre anchos mostrados en el cuadro anterior deben afectarse por un factor de 1.5 y en carreteras de cuatro carriles multiplicar las cifras del cuadro por 2.
4. La longitud *L* de la fórmula es igual a 8 metros.
5. Los sobre anchos calculados por esta fórmula arrojan valores mayores que los de las tablas de la AASHTO, mostrados en el cuadro 2.1, por lo que deben tomarse como provistos de un margen de seguridad.

6. Los datos del cuadro 2.1 deben incrementarse desde 0.2 metros para radios de 250 a 400 metros hasta 0.6 metros para radios menores de 80 metros, cuando el tránsito incluya volúmenes significativos de vehículos.

Sobrancho en Curvas de Carreteras de dos Carriles																					
Ancho Calzada	7.2 metros							6.6 metros				6.0 metros									
	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)				Velocidad de diseño (Km/h)									
Radio de Curva (m)	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1					
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9			1.0	1.1	1.1	1.2				
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4				
150	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
110	0.7							1.0						1.3							
100	0.8							1.1						1.4							
90	0.8							1.1						1.4							
80	1							1.3						1.6							
70	1.1							1.4						1.7							

Fuente: A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994, p. 217.

Tabla: 2.1 Sobre ancho en curvas en carreteras de dos carriles.

Fuente: A policy on geometric design of higways and streels 1994 p; 217

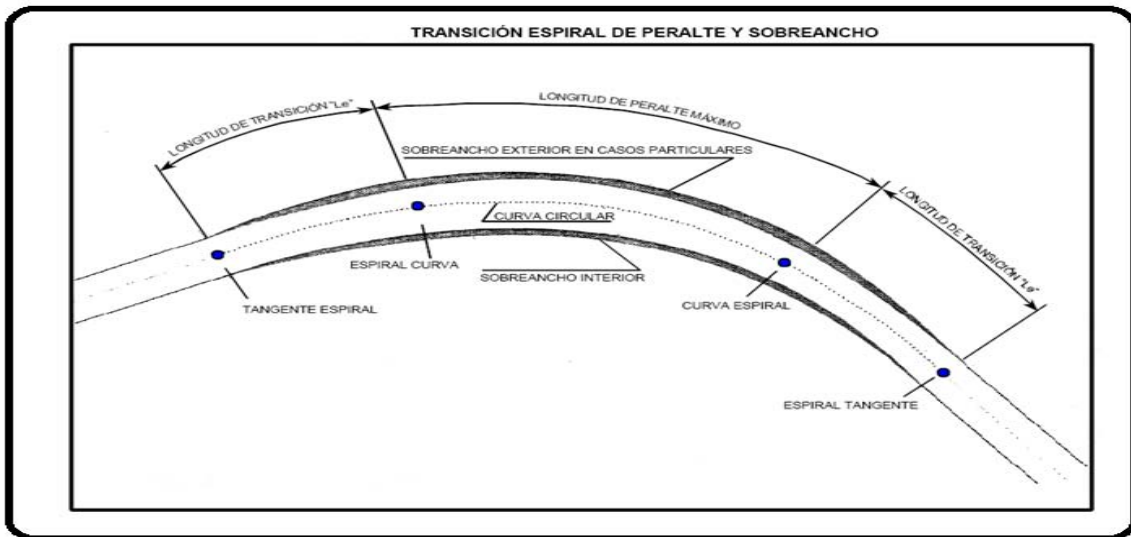


Tabla.2.2 Transición espiral de peralte y sobre ancho.

Fuente: A policy on geometric design of highways and streets 1994 p; 217

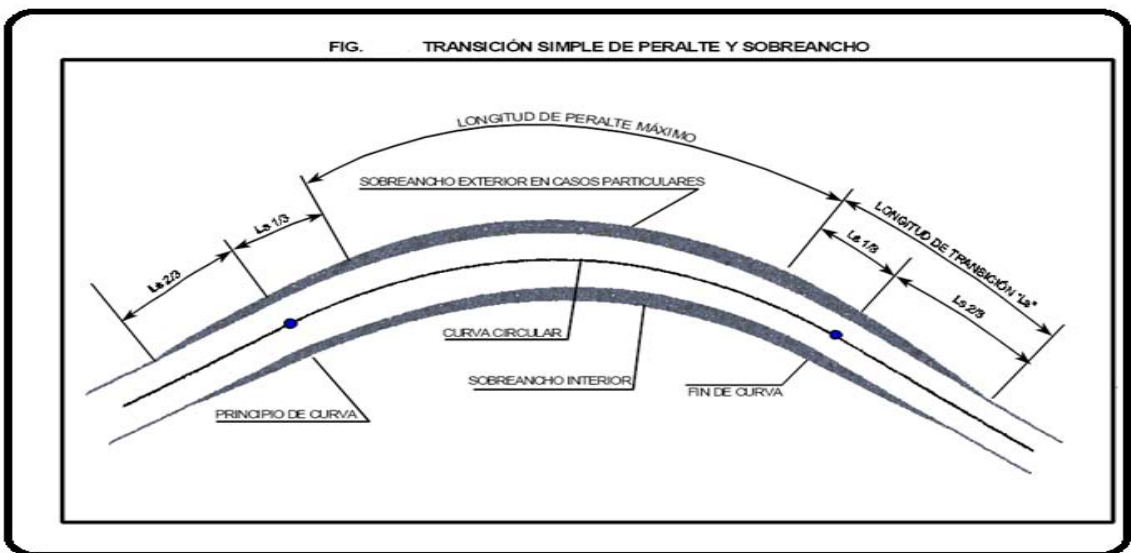


Tabla.2.3 Transición simple de peralte y sobre ancho.

Fuente: A policy on geometric design of highways and streets 1994 p; 218

## 2.11 Señalamiento.

Un señalamiento son un conjunto de letreros o dispositivos que ayudan al usuario a orientar o previene al usuario de algún fenómeno que afecte su seguridad. Existen distintos tipos de señalamientos en una carretera.

### 2.11.1 Señalamiento vertical.

El Señalamiento vertical se clasifica en 3 tipos básicos que son:

- \* Señales Preventivas
- \* Señales Restrictivas
- \* Señales Informativas

#### a) Señales Preventivas.

Son las señales de color amarillo que tienen un símbolo y que tienen por objeto prevenir a los conductores de la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza. Ejemplo de ello son las siguientes:



Fig. 2.3 Señales preventivas.

Fuente: Wikipedia.Org.mx.



## b) Señales Restrictivas.

Son las señales de color blanco con un aro de color rojo y que tienen por objeto indicar la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito. Ejemplo de éstas son las siguientes:



Fig.: 2.4 Señalamiento vertical.

Fuente: Wikipedia .org.mx.

La no obediencia de algunas de estas señales está tipificada con multas en los Reglamentos de Tránsito.

### **c) Señales Informativas.**

Son señales con leyendas y/o símbolos, que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Estas señales se clasifican en:

- \* De identificación.
- \* De destino.
- \* De recomendación.
- \* De información general.
- \* De servicios y turísticas.

### **d) Informativas de Identificación:**

Tienen por objeto identificar las calles según su nombre y las carreteras según su número de ruta y kilometraje.

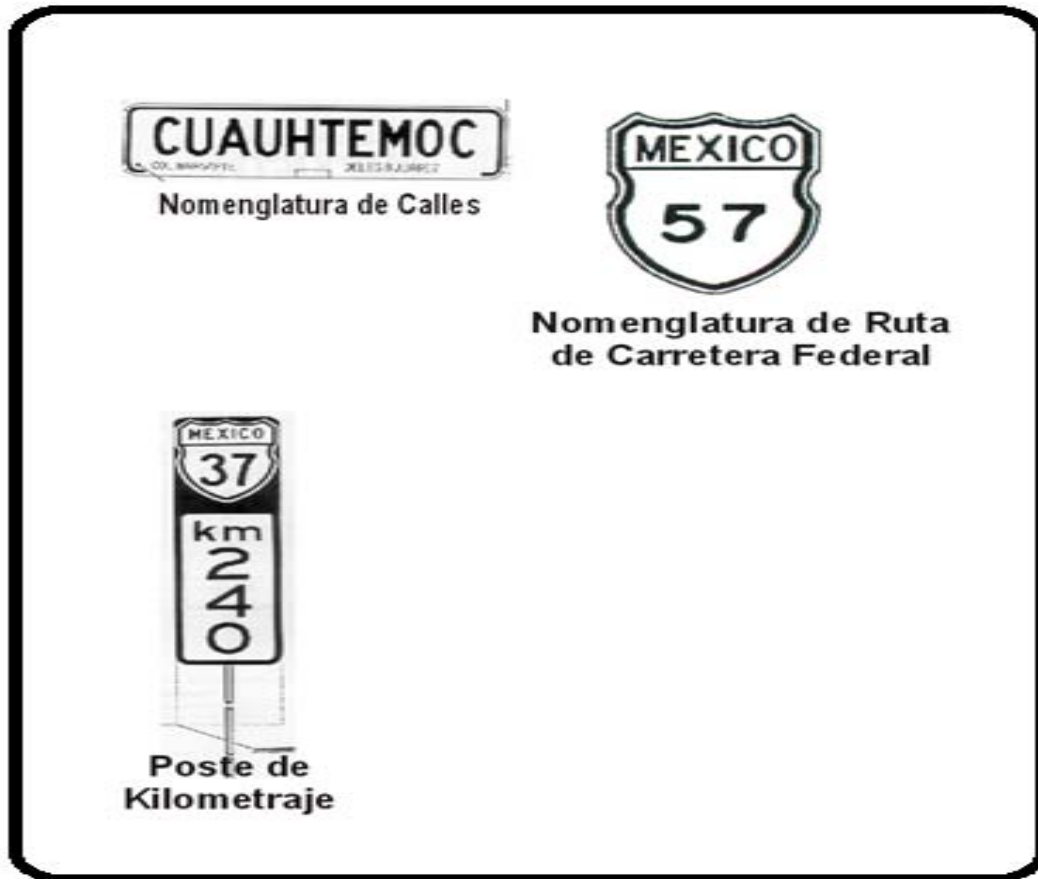


Fig. 2.5 Señales informativas de identificación.

Fuente: Wikipedia.org.mx.

#### e) Informativas de destino.

Tienen por objeto informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido.

Su aplicación es primordial en las intersecciones en donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado.



Fig. 2.6 Señales informativas de destino.

Fuente: Wikipedia.org.mx.

**f) Informativas de Recomendación y de Información General.**

El objetivo de estas señales es informar determinadas disposiciones y recomendaciones de seguridad que conviene observar, así como cierta información general que conviene conocer.

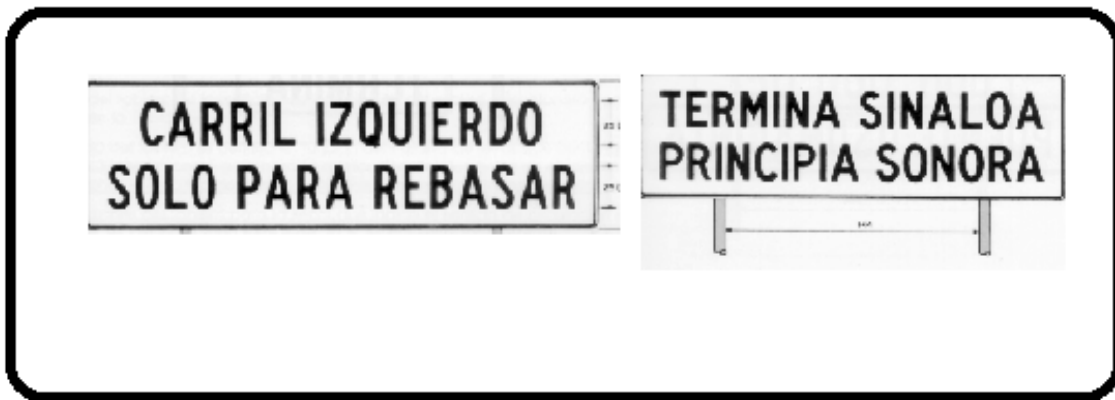


Fig.2.7 Señales informativas de recomendación.

Fuente: Wikipedia.org.mx.



Fig. 2.8 Señales informativas de información general.

Fuente: Wikipedia.org.mx.

### g) Informativas de Servicios y Turísticas:

Tienen por objetivo informar de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo.

#### 2.11.2 Señalamiento Horizontal.

Se entiende por alineamiento horizontal a todas aquellas marcas o conjuntos de marcas que delinear o marcan las características geométricas de las vialidades: estas marcas pueden ser símbolos, rayas o letras que se pintan sobre la superficie del pavimento y guarniciones.

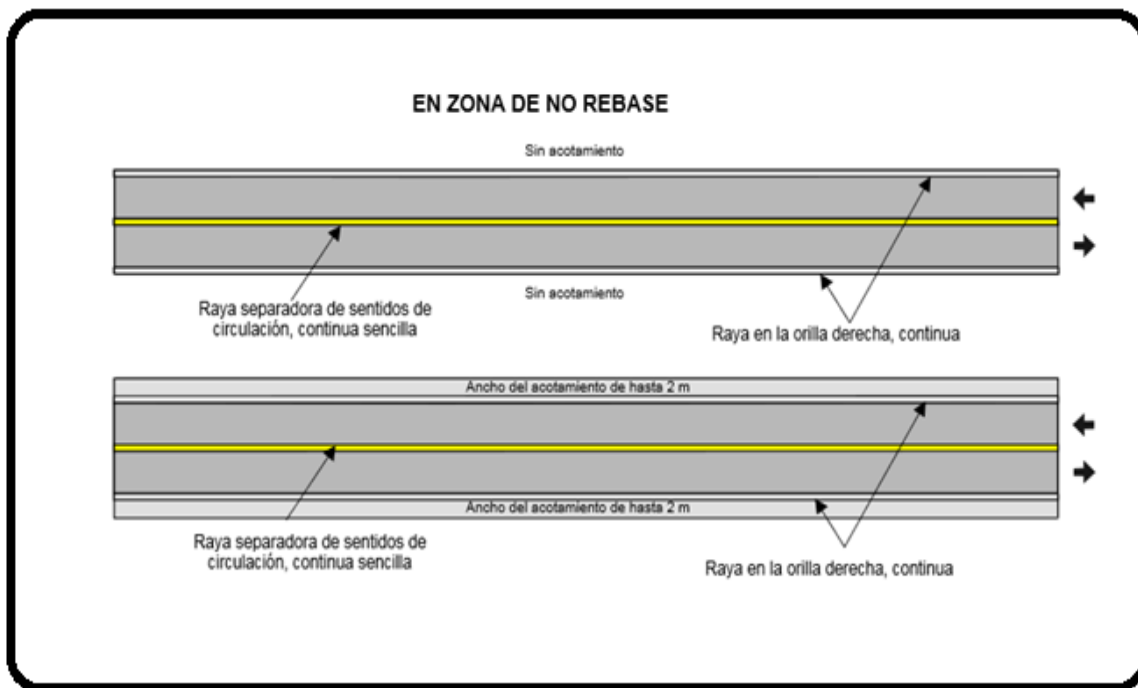


Fig.2.9 Señalamiento de no rebase.

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de la SCT; 2003:12

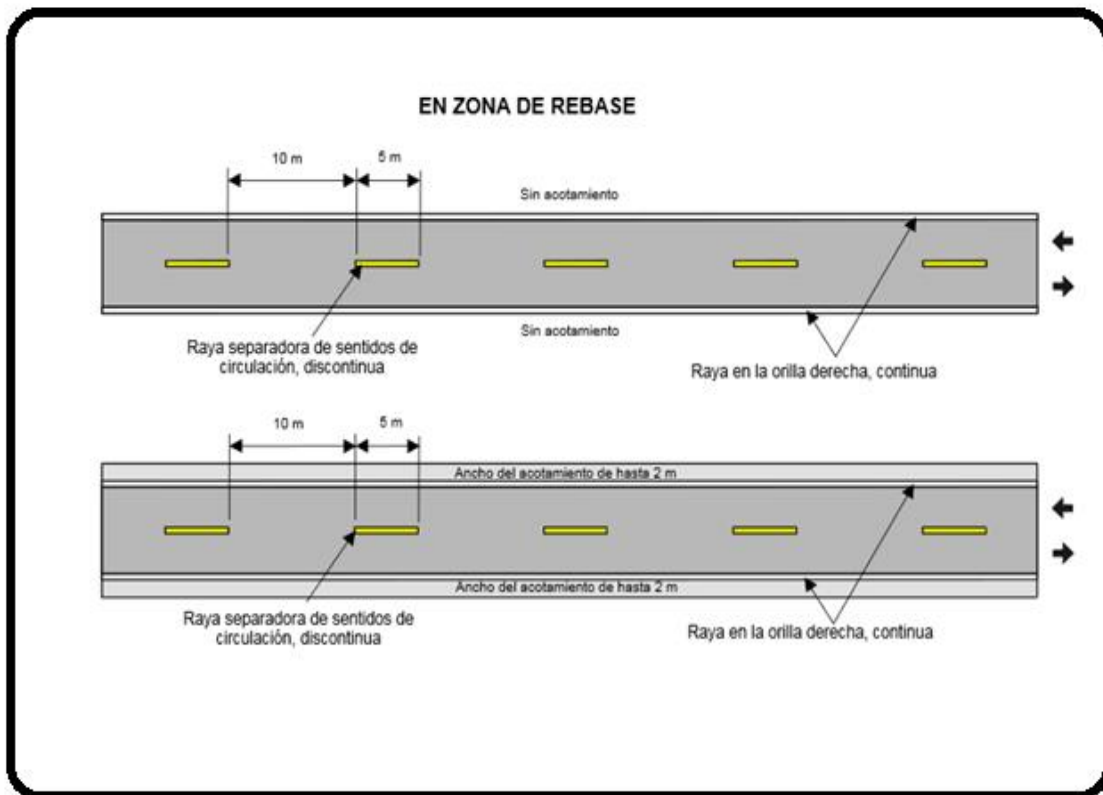


Fig.2.10 Señalamiento de rebase.

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de la SCT; 2003:13

Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en las marcas y dispositivos para señalamiento horizontal

Color	Punto No.	Coordenadas	
		x	y
Blanco	1	0,303	0,287
	2	0,368	0,353
	3	0,340	0,380
	4	0,274	0,316
Amarillo	1	0,498	0,412
	2	0,557	0,442
	3	0,479	0,520
	4	0,438	0,472

Las marcas en el pavimento son:

- . Raya separadora de sentidos de circulación (M-1)

Se pinta o coloca sobre el pavimento para separar los sentidos de circulación vehicular en carreteras y vialidades urbanas de dos sentidos, generalmente al centro del arroyo

Fig.2.11 Coordenadas que definen áreas cromáticas para colores.

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de la SCT; 2003:14

· Longitud de la raya separadora de sentidos de circulación continua en la aproximación a una intersección

Velocidad de proyecto o de operación km/h	Longitud de la raya* m
≤30	30
40	45
50	65
60	85
70	110
80	140
90	170
100	205
110	245
120	285

\* Valor redondeado correspondiente a la distancia de visibilidad de parada (AASHTO, 1994).

#### .....- Ancho de la raya

Tipo de vialidad	Ancho de la raya <sup>(1)</sup> cm
• Carretera de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación	15
• Carretera de dos o tres carriles para ambos sentidos de circulación con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m	10
• Carretera con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	
• Vialidades urbanas	

<sup>(1)</sup> En tramos donde existan problemas de visibilidad por condiciones climáticas adversas u otros factores que puedan poner en riesgo al usuario, se pueden utilizar rayas hasta del doble del ancho indicado.

Fig.2.12 Longitudes y anchos de raya separadora.

Fuente: Manual de Proyecto Geométrico de la SCT; 2003:14



## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN**

Para conocer la ubicación exacta de cualquier tipo de proyecto de construcción, es necesario elaborar un estudio de macro y micro localización, que va desde lo más grande que es la macro localización, hasta la ubicación precisa del proyecto como lo es la micro localización.

#### **3.1 Generalidades.**

En este capítulo se mencionarán las principales características geográficas como son: la topografía del terreno, el tipo de clima, así como la flora y fauna que estén relacionados con esta localidad. Por otra parte, también se mencionarán los elementos que intervienen como el resume ejecutivo, entorno geográfico, el estudio de tránsito así como las algunas alternativas de solución.

#### **3.2 Resumen ejecutivo.**

Los proyectos geométricos tienen como finalidad ofrecer al usuario vialidades más seguras así como eficientes, permitiendo que haya un mejor flujo vehicular, más rápido y que ocasione menos accidentes, es decir ofrecer más seguridad.

Por este motivo, el punto de conflicto ubicado en la carretera federal El Sabino-Taretan Km 0+000 al km 1+800, municipio de Uruapan en el estado de Michoacán de Ocampo.

La situación primordial en este punto es el mal proyecto en la brecha existente en este punto ya que dificulta el aforo vehicular principalmente de camiones pesados, que transitan a taretan al molino “el ingenio” ya que esta zona cuenta con un gran cultivo de caña de azúcar principalmente.



Figura 3.1 Agricultura de la zona.

Fuente: Propia.

Las características principales del tránsito que circulan por dicha vía son principalmente de tipo “C” y tipo B”.

Así como también se puede notar que el estado en que se encuentra actualmente el terreno, es terracería, lo que provoca mayor número de accidente y el aforo y el flujo vehicular es mucho menor.



Figura 3.2 Estado actual del camino.

Fuente: Propia.

La orografía del estado de Michoacán es una de las más accidentadas de todo México, ya que forma parte del Eje volcánico Transversal el cual abarca casi el 50% de su superficie en México y la otra mitad la Sierra Madre del Sur.

La altitud en Michoacán oscila entre los 0 y los 3850 m. s. n. m, y en la zona de estudio la altura sobre el nivel del mar es de 947m aproximadamente como se muestra en la figura 3.3:



Figura 3.3 Ubicación del km 0+000.

Fuente: Google hearth.

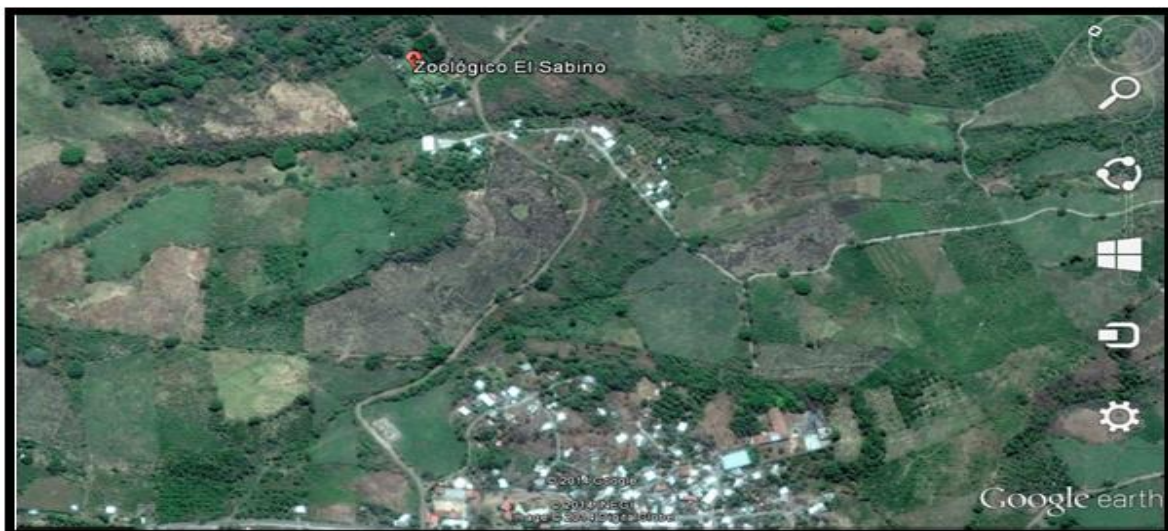


Figura 3.4 Ubicación del camino.

Fuente:Google hearth.

### 3.3 Entorno geográfico.

Se entiende por entorno geográfico a todas las características geográficas en un determinado sitio o lugar.

#### 3.3.1 Macro localización.

El estado de Michoacán se encuentra localizado al centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa del océano Pacífico, entre los 17° 54'32" y 20° 23' 35" de la altitud Norte y los 100° 03' 20" y los 103° 44' 09' de longitud Oeste, Colinda con los estados de Guanajuato y Querétaro al Norte, Colima y Jalisco al Noroeste al Este con México y al Sureste con Guerrero.

Este estado ocupa el 6° en territorio nacional con una superficie de 5986,400 hectáreas que representa el 3.03% de la superficie total territorial nacional.

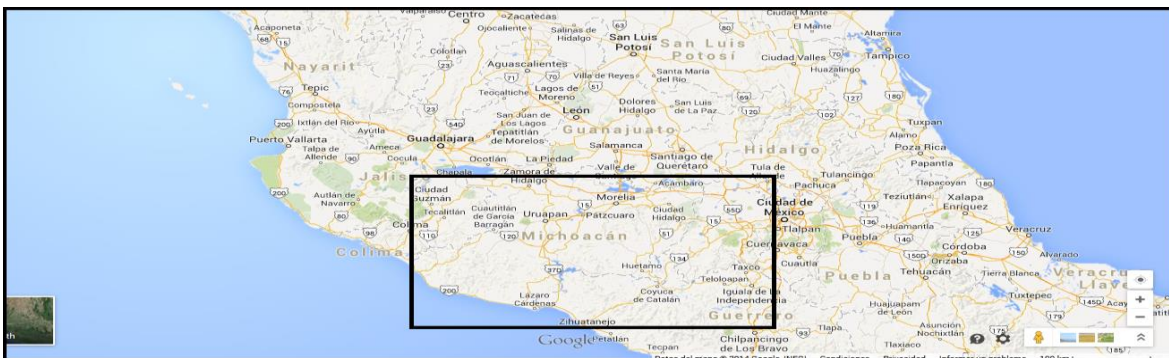


Figura 3.5 Ubicación de Michoacán en el país.

Fuente: [www.wikipedia.org.mx](http://www.wikipedia.org.mx); 2014.

### 3.3.2 Estado de Michoacán y municipios.

Es necesario conocer los municipios del estado donde está ubicado el proyecto, ya que un buen proyecto geométrico tiene la función de unir a las poblaciones más cercanas para su mayor aprovechamiento a continuación se presentan los municipios en el estado de Michoacán.



Figura 3.6 Ubicación de Michoacán en el país.

Fuente: [www.wikipedia.org.mx](http://www.wikipedia.org.mx).

El camino está ubicado en las coordenadas  $101^{\circ} 58'$  de latitud Norte y  $101^{\circ} 58'$  al oeste en una altura de 950 m. s .n. m en la intersección del carretera de El Sabino-Taretan en el km 0+000 al km 1+800.

### 3.3.3. Hidrología regional.

El estado de Michoacán cuenta con más de 228 km de costas en el océano Pacífico, siendo una de las costas más montañosas en todo el país.

Los principales lagos del estado de Michoacán son: el lago de Cuitzeo, el lago de Pátzcuaro, de Zirahuén, Chapala y la presa de Infiernillo que abastece gran parte de la energía en todo el estado.

En la región el uso que se le da al suelo es principalmente el cultivo de frutas como el aguacate en su gran mayoría así como la caña de azúcar en sus pueblos más cercanos,

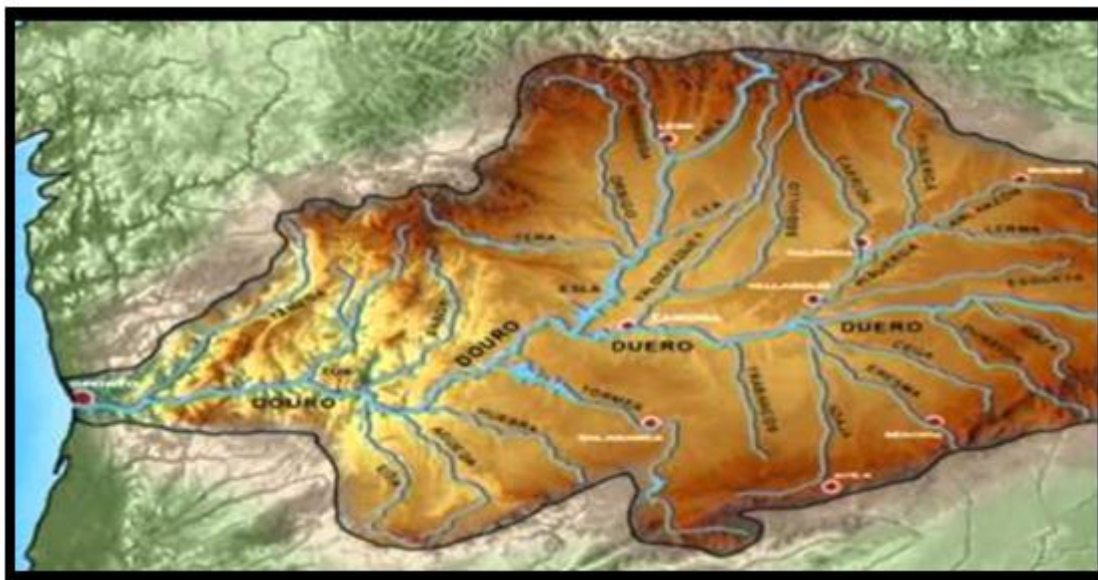


Figura 3.7 Hidrología de Michoacán.

Fuente: Wikipedia.org.mx; 2014.

### **3.3.4 Topografía.**

La topografía del terreno es plana con un ligero ascenso hacia el norte, cuenta con algunos tramos rectos así como también algunas curvas despreciables como también algunas que requieren cálculos según la normativa de la SCT.

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

Es sumamente importante conocer la vegetación de la zona, ya que esto muchas veces indica el tipo de terreno lo cual indica que tan fácil o difícil será el movimiento de tierras ya que este es un 80% del valor total del proyecto.



Figura 3.8 (Estado de terracería actual)

Fuente: Propia.



El punto de conflicto es una zona casi plana en su mayoría, como se puede apreciar en la foto de sur a norte en el tramo estudiado, así como se puede apreciar un terreno arcilloso, que es altamente plástico por lo que en tiempo de lluvias se convierte en una brecha mucho más peligrosa, ya que este tipo de material es altamente plástico.

### **3.3.6 Estados de obra de drenajes.**

La única obra de drenaje que existe en el tramo estudiado es un canal de riego que se encuentra por un costado de algunas partes de la brecha, el cual abastece la mayor parte del agua de riego utilizada en esta zona ya que es la proveniente de la planta tratadora de aguas residuales de “Santa Bárbara” que tiene el municipio de Uruapan, Michoacán.



Figura: 3.9 Medición del camino.

Fuente: Propia.

Este canal no afecta el estado del camino, ya que como es una zona árida con poca lluvias en verano el canal no aumenta mucho en época de lluvias, por lo que el canal no se desborda, ocasionando que no haya ningún tipo de falla que pueda llegar a afectar el camino.

### **3.3.7 Señalamientos y dispositivos de seguridad.**

En este tramo carretero en particular no existe ningún tipo de señalamiento, tanto vertical como horizontal, por lo que hace que esta brecha sea mucho más peligrosa, ya que esto puede ocasionar accidentes debido a la falta de información que el usuario debe de tener por norma para transitar una carretera. Las siguientes fotografías dan una idea clara de su estado actual.



Figura 3.10 Estado actual del camino

Fuente: Propia.

### **3.4 Informe fotográfico.**

En la actualidad es necesario realizar un informe fotográfico debido a que éste muestra el estado actual donde se realizará el proyecto, y da una mucha mayor claridad del estado físico actual.

#### **3.4.1 Estado físico actual.**

La dirección precisa del tramo es en la intersección la carretera San Marcos- El Sabino en la intersección El sabino- Taretan en el km 0+000 donde se requiere un mayor área ya que transitan camiones pesados por lo que se dificulta la vuelta para ingresar a este camino.



Figura 3.11 Ubicación del km 0+000 al 0+200.

Fuente: Google Hearth.

### **3.5 Alternativas de solución.**

Proponer un diseño geométrico con área de carril mayor a la del terreno que permita tener mayor libertad de trazos, es decir, tratar de que sea lo mayor recta posible y una a los pueblos más cercanos para tener un mejor

aprovechamiento de la carretera. Solamente estamos limitados en cuanto a la ampliación al canal de riego que pasa un costado. Por lo que es la única alternativa posible ya que no es necesario ningún tipo de semaforización.

### **3.6 Proceso de Análisis.**

Para el cálculo de un proyecto geométrico, como son curvas horizontales, curvas verticales, etc., se puede consultar en el Manual de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) donde se indican todos los requerimientos que deben de tener según tipo de carretera que se esté proyectando.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se definirá el método empleado para el proyecto de investigación. También los instrumentos usados para la recopilación de datos y descripción del proceso de investigación realizado.

#### **4.1 Método empleado.**

El método que se usó fue el método científico deductivo, ya que éste presenta características que van de lo general a lo particular. Este parte de datos generales como verdaderos, para inferir varias suposiciones por medio del razonamiento lógico.

Este método consta de los siguientes pasos:

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

#### **4.1.1 Método matemático.**

Dentro del método se encuentra el método Matemático – Analítico que aplica a esta investigación:

Método matemático: En este método se comparan las cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, valor económico y capacidad, “En cualquier investigación que asiste números de relaciones constantes, variedad de hipótesis diversidad de comprobaciones y estas se toman en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo”. (Mendieta: 2005:49)

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

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

Se le llama método cuantitativo o investigación cuantitativa a la que se vale de los números para examinar datos o información. Es uno de los métodos utilizados por la ciencia. La matemática, la informática y las estadísticas son las principales herramientas

El enfoque de investigación será de carácter cuantitativo, ya que propone una amplia generalización de los resultados, da el control de los fenómenos, un punto de vista de conteo magnitudes de estos. Como así mismo brinda una gran posibilidad de réplica y enfoque sobre puntos específicos de dichos fenómenos además de que facilitara la comparación entre estudios similares.

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

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

Según Hernández y Cols. (2004), en algunas ocasiones la investigación se centra en:

- +Analizar cuál es el nivel y presencia de una o diversas variables en un momento dado.

- +Evaluar una situación, comodidad, evento, fenómeno o contexto en un punto de tiempo.

- +Determinar o ubicar cual es la relación entre el conjunto de variables en uno momento. Estos casos de diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) son el transversal o transeccional

Los diseños de investigación transeccional y transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único.

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

Para poder realizar o llevar a cabo esta investigación y recopilación de los datos fue necesario utilizar la investigación documental, la observación cuantitativa e instrumentos así como programas computacionales .

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

De acuerdo con Hernández y Cols (2004), la recolección de datos implica:

+Aplicar los instrumentos

+Preparar las mediciones obtenidas o datos levantados para analizarlos correctamente.

#### **4.5 Alcance.**

Aspectos como el diseño, el muestreo, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos y otros componentes de proceso son distintos en los estudios explorativos, , descriptivos ya sean en cualitativas como cuantitativas.

Como menciona Danke (1989), los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, de las características y los perfiles importantes de una persona, grupos, comunidades o cualquier fenómeno para su análisis.

Estos estudios mencionados anteriormente pretenden medir, y recolectar información de manera conjunta sobre algunos de los conceptos de las variables a las que se refieren. Este a su vez integra la información y medición de cada una de las variables o conceptos para decir como es y cómo se manifiesta este fenómeno de interés, su objetivo no es indicar como se relacionan las variables.



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

Este proceso fue basándose en la recolección de datos, donde se pudieron apreciar características físicas del lugar actual como son:

La topografía del terreno, el tipo y uso de suelo, la vegetación, el aforo de tránsito y todas aquellas características que sean necesarias para la realización de proyecto.

Para poder obtener los datos del proyecto y apegarse a la normatividad que rige las carreteras se obtuvieron los manuales de la SCT los cuales son:  
Manual de proyecto geométrico y obras de drenaje.

Ya obtenidos los datos la interpretación de los resultados se realizó a través de herramientas computacionales y graficas como: Civil CAD, AutoCAD, Microsoft (EXCEL Y WORD).

Los primeros 2 programas mencionados anteriormente servirán para el trazo y realización de planos arquitectónicos así como sus respectivas áreas, su topografía como son las curvas de nivel, sus secciones transversales y verticales y sus curvas horizontales y verticales.

Los últimos 2 programas mencionados servirán para la creación de hojas de cálculo las cuales no ayudan a obtener resultados en base a operaciones básicas

como multiplicaciones y divisiones principalmente así como operaciones de mayor complejidad.

## CAPÍTULO 5

### CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo se mencionarán las operaciones necesarias para la realización de un levantamiento topográfico de la zona de estudio, para así poder determinar el eje de proyecto y como también conocer la cantidad en m<sup>3</sup> de material a remover para determinar un costo muy aproximado del proyecto.

#### 5.1 Levantamiento topográfico de la zona de estudio.

Para la realización del proyecto geométrico de nuestro tramo fue necesario Realizar en campo el levantamiento topográfico ya que con esto se obtiene curvas de nivel principalmente que son las que nos regirán ya que nos determinan la topografía del terreno.

A continuación se presentan los puntos topográficos tomados en coordenadas UTM para la realización de dicho estudio:

Puntos tomados en la brecha existente:

x	y	z
187478.23	2136111.83	949
187482.87	2136100.12	949
187491.48	2136118.02	948
187498.64	2136103.26	948
187505.52	2136123.65	948
187516.56	2136130.51	947
187523.23	2136116.89	947

187521.88	2136140.88	946
187533.64	2136130.63	946
187532.79	2136160.53	945
187544.36	2136154.02	945
187540.28	2136179.62	944
187553.14	2136173.06	944
187552.05	2136200.84	943
187563.42	2136192.55	943
187562.01	2136218.35	942
187571.32	2136211.24	942
187569.68	2136233.68	941
187581.74	2136227.95	941
187580.62	2136253.01	940
187591.06	2136246.26	940
187594.25	2136264.12	939
187599.21	2136252.29	939
187608.08	2136265.84	938
187608.63	2136255.09	938
187623.64	2136256.89	938
187619.25	2136245.27	938
187640.28	2136244.02	937
187631.05	2136231.31	937
187656.59	2136229.78	937
187649.41	2136219.67	937
187671.51	2136216.45	936
187668.71	2136206.02	935
187689.51	2136208.02	935
187685.15	2136199.33	934
187704.76	2136203.62	934
187702.56	2136193.06	933
187722.74	2136197.45	933
187720.55	2136184.04	933
187744.91	2136194.87	931
187742.23	2136180.75	932
187763.37	2136192.62	930
187763.61	2136178.37	931
187761.96	2136180.11	931
187785.92	2136189.97	929
187784.43	2136177.56	930
187803.74	2136187.02	928
187800.78	2136177.46	929

187824.44	2136183.61	926
187820.93	2136174.16	926
187841.15	2136175.44	925
187839.16	2136168.38	925
187860.94	2136170.86	924
187857.63	2136157.15	923
187879.28	2136162.59	922
187874.93	2136150.93	920
187896.74	2136156.47	919
187893.44	2136144.44	917
187915.91	2136152.96	918
187912.67	2136143.26	916
187933.38	2136152.52	917
187932.88	2136145.26	916
187954.28	2136152.72	916
187956.81	2136143.03	914
187975.68	2136149.17	914
187974.27	2136140.92	912
187989.44	2136148.35	912
188006.01	2136148.08	910
188007.32	2136138.37	909
188020.71	2136150.46	910
188022.13	2136140.6	908
188035.01	2136156.06	910
188038.23	2136145.21	908
188048.94	2136167.64	910
188054.99	2136156.56	908
188055.61	2136179.87	911
188067.61	2136177.21	908
188057.91	2136194.43	911
188069.23	2136192.07	909
188059.91	2136207.66	912
188069.67	2136205.28	910
188066.04	2136219.65	912
188075.76	2136217.98	911
188068.44	2136237.72	914
188078.96	2136237.11	913
188070.82	2136255.02	915
188080.21	2136252.42	914
188074.78	2136269.16	915
188083.74	2136268.66	914

188087.21	2136289.13	914
188082.62	2136288.55	915
188082.59	2136307.62	915
188093.16	2136321.76	915
188102.09	2136315.77	914
188112.6	2136329.06	913
188112.81	2136345.55	913
188118.53	2136339.77	912
188124.73	2136356.35	913
188131.58	2136351.11	913
188141.44	2136368.65	914
188145.02	2136362.35	914
188157.24	2136375.1	915
188161.64	2136364.28	914
188179.7	2136370.13	914
188178.3	2136362.05	914
188202.51	2136365.27	914
188201.11	2136359.65	914
188224.75	2136362.73	914
188222.07	2136355.18	914
188242.82	2136359.48	914
2136350.58	2136350.58	914
188263.22	2136355.9	914
188261.01	2136347.35	913
188281.33	2136351.64	914
188280.38	2136343.69	913
188295.98	2136348.15	914
188294.86	2136340.16	913
188317.65	2136344.31	913
188315.7	2136336.06	913
188337.49	2136340.31	913
188337.27	2136331.55	913
188354.85	2136340.78	912
188355.98	2136331.52	912
188370.17	2136344.92	912
188374.86	2136336.25	911
188376.27	2136354.27	913
188384.34	2136348.01	913
188386.49	2136370.71	913
188397.68	2136364.81	913
188393.37	2136385.65	914

188401.88	2136381.27	914
188396.12	2136403.72	914
188407.07	2136400.96	914
188400.41	2136445.2	915
188409.79	2136448.38	915
188395.56	2136472.74	916
188409.15	2136479.19	916
188395.01	2136501.15	916
188407.41	2136502.78	915
188394.85	2136527.67	915
188407.51	2136528.78	915
188393.12	2136554.08	916
188406.62	2136557.42	916
188389.31	2136626.14	919
188400.48	2136623.38	919
188395.96	2136660.98	918
188409.63	2136659.61	918
188395.43	2136692.16	920
188406.66	2136691.01	920
188389.31	2136704.74	922
188404.05	2136708.06	922
188398.41	2136794.22	922
188413.47	2136760.14	921
188404.77	2136757.02	921
188422.19	2136754.81	920
188407.73	2136784.18	922
188425.06	2136786.21	921
188419.24	2136808.36	923
188434.13	2136813.56	922
188445.24	2136844.84	920
188450.76	2136833.17	920
188468.47	2136860.3	915
188475.41	2136852.98	915
188494.23	2136884.83	910
188504.32	2136875.02	910
188525.8	2136906.75	907
188534.51	2136901.51	906
188552.16	2136918.89	906
188555.89	2136903.68	906
188583.99	2136896.77	907
188569.33	2136892.85	907

188584.38	2136885.42	908
188566.18	2136879.89	908
188557.73	2136850.21	900
188575.28	2136847.9	900
188552.43	2136811.38	900
188563.53	2136807.72	901
188545.22	2136778.41	899
188555.48	2136775.02	899

Puntos tomados contemplando el derecho de vía:

187486.33	2138060.22	948
187482.85	2136077.21	948
	2136088.21	947
187521.97	2136093.01	946
187529.97	2136107.17	946
187754.58	2133118.25	945
187557.52	2136133.9	944
187569.87	2136177.77	941
187583.87	2136199.7	940
187598.02	2136223.27	939
187615.09	2136213.27	937
187630.43	2136204.62	937
187643.44	2136192.888	936
187656.72	2136182.04	936
187670.47	2136176.34	935
187693.37	2136167.3	935
187712.64	2136163.11	934
187736.43	2136160.9	933
187754.99	2136159.19	932
187791.87	2136157.63	930
187807.29	2136154.31	927
187820.75	2136151.5	925
187837.97	2136149.03	924
187852.45	2136143.17	922
187865.9	2136137.58	920
187878.71	2136133.05	917
187985.5	2136129.09	914



187910.18	2136127.98	914
187922.68	2136127.94	913
187934.6	2136127.17	912
187948.02	2136128.19	912
187957.75	2136127.59	911
187970.32	2136125.06	910
188008.01	2136125.67	907
188023.23	2136126.06	906
188034.05	2136126.88	905
188050.13	2136128.97	904
188064.59	2136137.09	904
188070.01	2136151.94	905
188078.96	2136159.3	905
188085.5	2136174.73	905
188087.76	2136188.89	906
188091.82	2136203.29	906
188096.81	2136218.7	907
188093.55	2136237.82	909
188097.03	2136253.55	910
188098.66	2136267.29	911
188100.75	2136282.23	911
188104.59	2136298.28	912
188113.73	2136309.21	910
188123.43	2136318.28	911
188140.26	2136227.74	911
188154.91	2136343.91	911
188183.13	2136328.08	909
188206.08	2136326.72	909
188825.76	2136318.68	909
188247.68	2136315.68	909
188270.51	2136313.24	909
188291.48	2136309.44	909
188313.87	2136308.65	910
188336.64	2136304.38	909
188355.9	2136304.78	908
188375.42	2136305.27	907
188396.54	2136321.09	908
188411.54	2136342.92	908
188426.19	2136368.19	906
188431.38	2136391.36	906
188431.82	2136425.55	906

188430.05	2136455.56	905
188430.75	2136491.35	905
188429.18	2136526.42	906
188427.3	2136599.87	907
188427.97	2136628.92	907
188427.95	2136555.77	908
188426.04	2136695.64	911
188432.98	2136733.22	911
188436.93	2136762.69	911
188447.65	2136792.8	909
188463.1	2136809.5	907
188478.64	2136823.77	904
188494.17	2136839.37	903
188512.01	2136854.36	903
188532.08	2136874.88	903
188548.74	2136886.65	903
188556.35	2136869.7	900
188551.82	2136854.62	899
188544.6	2136830.98	899
188539.62	2136814.11	898
187469.83	2136130.363	949
187484.13	2136139.77	948
1878507.84	2136146.83	947
187520.47	2136170.09	945
187529.11	2136189.08	945
187543.28	2136222.12	943
187550.88	2136233.92	943
187558.29	2136245.34	942
187582.01	2136275.25	940
187594.93	2136285.15	940
187622.14	2136277.31	939
187637.75	2136265.95	938
187654.95	2136250.81	937
187669.93	2136236.75	937
187682.54	2136229.4	937
187706.39	2136222.7	935
187732.65	2136214.65	934
187746.62	2136212.62	933
187766.24	2136209.46	932
187787.53	2136207.4	930
187805.02	2136201.64	929

187818.81	2136200.57	928
187833.7	2136198.21	928
187851.22	2136194.17	926
187864.07	2136187.02	925
1877878.63	2136176.67	924
187893	2136170.53	921
187911.76	2136165.3	920
187925.89	2136160.52	919
187938.93	2136159.04	918
187954316	2136157.3	917
187970.7	2136153.7	915
187984.34	2136151	913
187995.69	2136152.53	912
1888016.71	2136157.75	911
188028.74	2136158.5	910
188040.59	2136164306	910
188048.12	2136175.53	911
188052.62	2136191.07	912
188052374	2136206.25	913
188061.58	2136232.08	915
188062.5	2136247.54	916
188062.27	2136269.59	918
188068.02	2136283.97	918
188074.81	2136303.17	918
188081.69	2136319.16	917
188094.75	2136337.75	916
188108.42	2136351.51	914
188124.85	2136365.53	914
188138.63	2136378.58	916
188160.64	2136380.11	916
188183.4	2136391.4	917
188206.41	2136388.16	917
188228.9	2136383.73	917
188254.34	2136378.88	916
188278.5	2136372.21	916
188298.85	2136363.69	915
188336.43	2136357.96	915
188361.62	2136366.44	915
188372.12	21326386	916
188376.96	2136405.77	916
188379.25	2136429.45	918

188382.83	2136451.51	918
188379.58	2136478.19	918
188377.99	2136500.93	919
188369.85	2136536.08	921
188367.86	2136569.99	924
188397317	2136599.71	924
188367.3	2136610.59	925
188365.22	2136651.41	929
188368.84	2136672.79	929
188372.09	2136706.31	930
188377.26	2136742.26	929
188387.79	2136768.6	928
188399.95	2136825	930
188415.9	2136857.52	930
188415.06	2136894.57	928
188482.07	2136908.41	919
188509.18	2136930.85	918
188540.08	2136939.51	915
188573047	2136929.85	913
188605.28	2136906.43	915
188607.27	2136873.44	915
188606.67	2136842.96	914
188596.07	2136805.94	913
188586.22	2136773.56	910
188578.53	2136750.36	909
188562.88	2136724.22	905

## 5.2 Normas generales para el alineamiento horizontal.

Para la realización correcta de un proyecto geométrico es necesario que se conozcan bien las especificaciones del camino, para así encontrar las normas correspondientes en la diseño geométrico según la normativa de alineamiento vertical y horizontal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ya que estas se verán afectadas por factores como el derecho de vía, el eje de proyecto,

los cruces con algunas otras carreteras, ya que existe la posibilidad de forzar el trazo de acuerdo a la topografía del terreno.

En la realización de este proyecto se pretende dar a conocer datos relevantes sobre el estado actual del proyecto geométrico del tramo carretero El Sabino- Taretan. Del km 0+000 al 1+800 en el municipio de Uruapan, Michoacán.

Los datos con lo que cuenta es tramo estudiado son las siguientes:

- Tipo de camino tipo "c"
- Velocidad de proyecto = 40 – 90Km/hr.
- Distancia de velocidad de parada: 75m.
- Distancia de velocidad de rebase: 270m.
- Grado máximo de curvatura: 16° 30' 00"
- Bombeo: 2 %

### **5.3 Cálculo de las curvas horizontales.**

El cálculo de curvas horizontales que se requieren en este proyecto geométrico realizado para este camino se calculó en base al Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras y en base a Normas de Servicios técnicos de Proyecto Geométrico ambos editados por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

El cálculo fue realizado con ayuda del software AutoCAD y CivilCAD ya que es más usado actualmente, ya que cuenta con todos los alineamientos requeridos en base a la normativa establecida por la SCT.

## CURVA1

Cálculo del proyecto actual que comprende la primera curva del tramo que va de la Est. 0+159.6 al 0 +268.13. en donde :

$\Delta$ = Deflexión.

ST= Subtangente.

PI= Punto de inflexión.

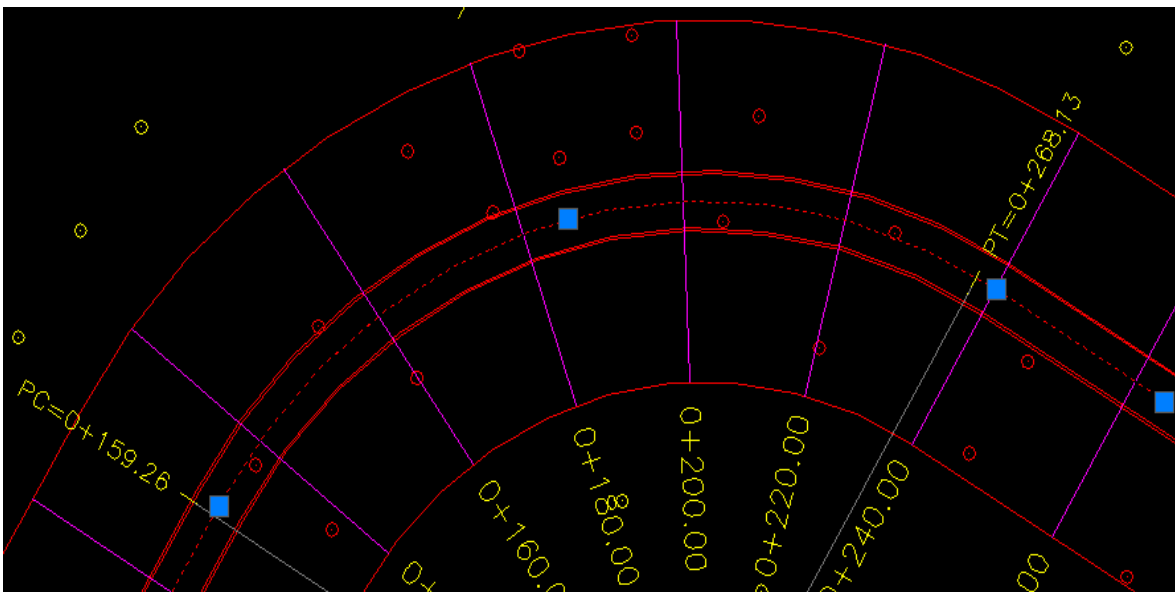
Gc= Grado de curvatura.

Lc= Longitud de curva

Rc= Radio de curvatura.

Le entrada= Longitud de entrada.

Le salida= Longitud de salida.



$\Delta = 89^{\circ} 49' 17.52''$

ST= 69.223

PI= 0+228.49

Gc=  $16^{\circ} 30' 00''$

Lc= 108.87

Rc= 69.449

Sc= 10.00%

Ac= 1.30

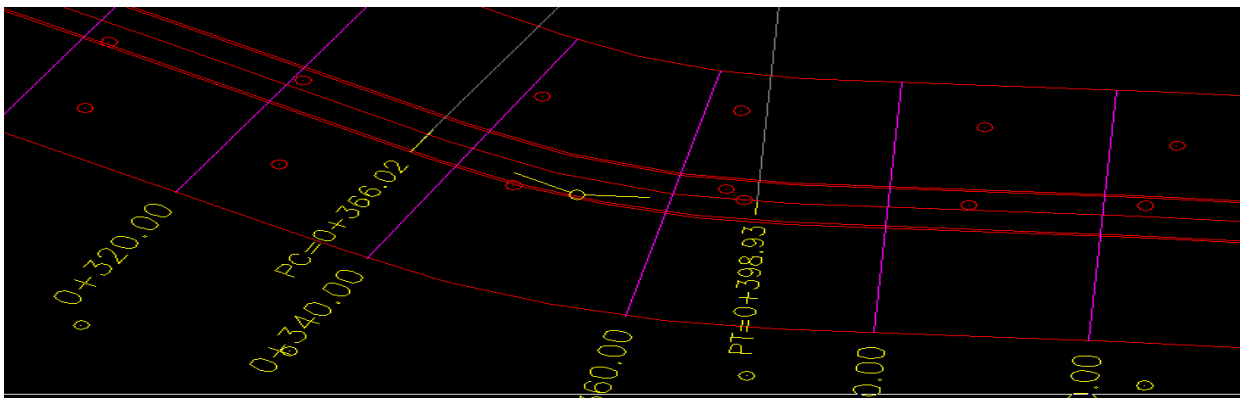
Le entrada= 60.00

Le salida= 60.00

Se puede observar que cumple con todos los requerimientos establecidos por la SCT.

## CURVA 2.

Cálculo del proyecto actual que comprende la segunda curva del tramo que va de la Est. 0+366.02 al 0 +398.93 en donde :



$\Delta = 27^\circ 8' 58.24''$

ST = 16.769

PI = 0+382.79

Gc =  $16^\circ 30' 00''$

Lc = 32.90

Rc = 69.449

Sc = 10.00%

Ac = 1.30

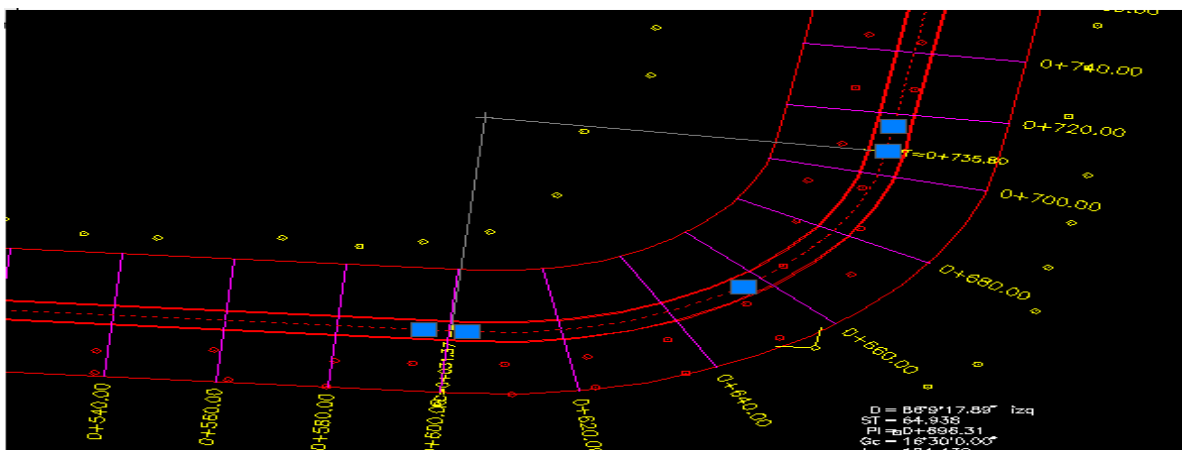
Le entrada = 40.00

Le salida = 40.00

Se puede observar que cumple con todos los requerimientos establecidos por la SCT.

### CURVA 3.

Cálculo del proyecto actual que comprende la tercera curva del tramo que va de la Est. 0+159.6 al 0 +268.13. en donde :





$\Delta = 86^\circ 9' 17.89''$

ST= 64.93

PI= 0+696.31

Gc=  $16^\circ 30' 00''$

Lc= 104.430

Rc= 69.449

Sc= 10.00%

Ac= 1.30

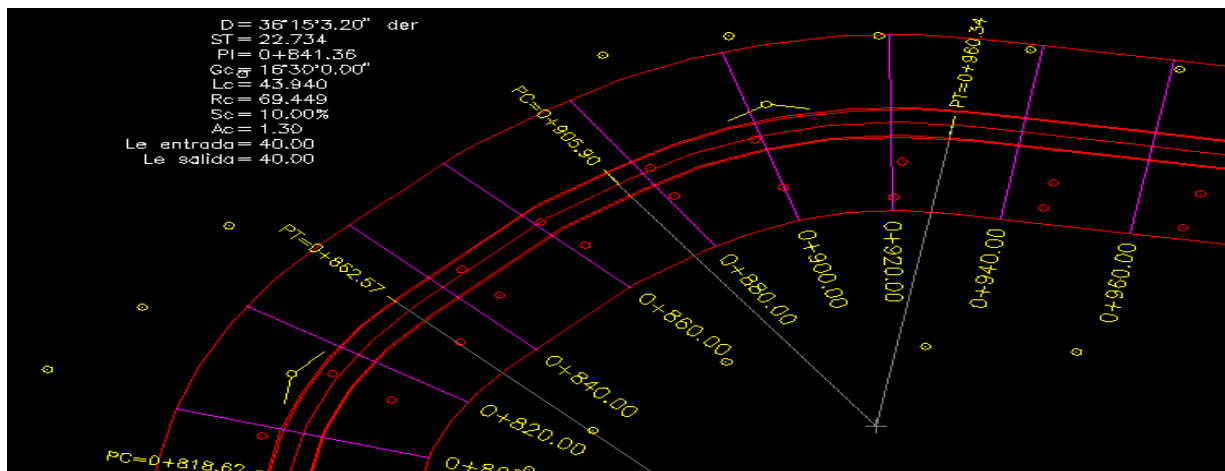
Le entrada= 40.00

Le salida= 40.00

Se puede observar que cumple con todos los requerimientos establecidos por la SCT.

#### CURVA 4 Y 5.

Cálculo del proyecto actual que comprende la cuarta y quinta curva del tramo que va de la Est. 0+818 al 0 +852 y del 0 + 950 y del 0+ 960. en donde :



$\Delta = 36^{\circ} 15' 3.20''$

ST= 22.734

PI= 0+841.36

Gc=  $16^{\circ} 30' 00''$

Lc= 43.94

Rc= 69.449

Sc= 10.00%

Ac= 1.30

Le entrada= 40.00

Le salida= 40.00

$\Delta = 44^{\circ} 54' 40.97''$

ST= 28.70

PI= 0+943.60

Gc=  $16^{\circ} 30' 00''$

Lc= 54.43

Rc= 69.449

Sc= 10.00%

Ac= 1.30

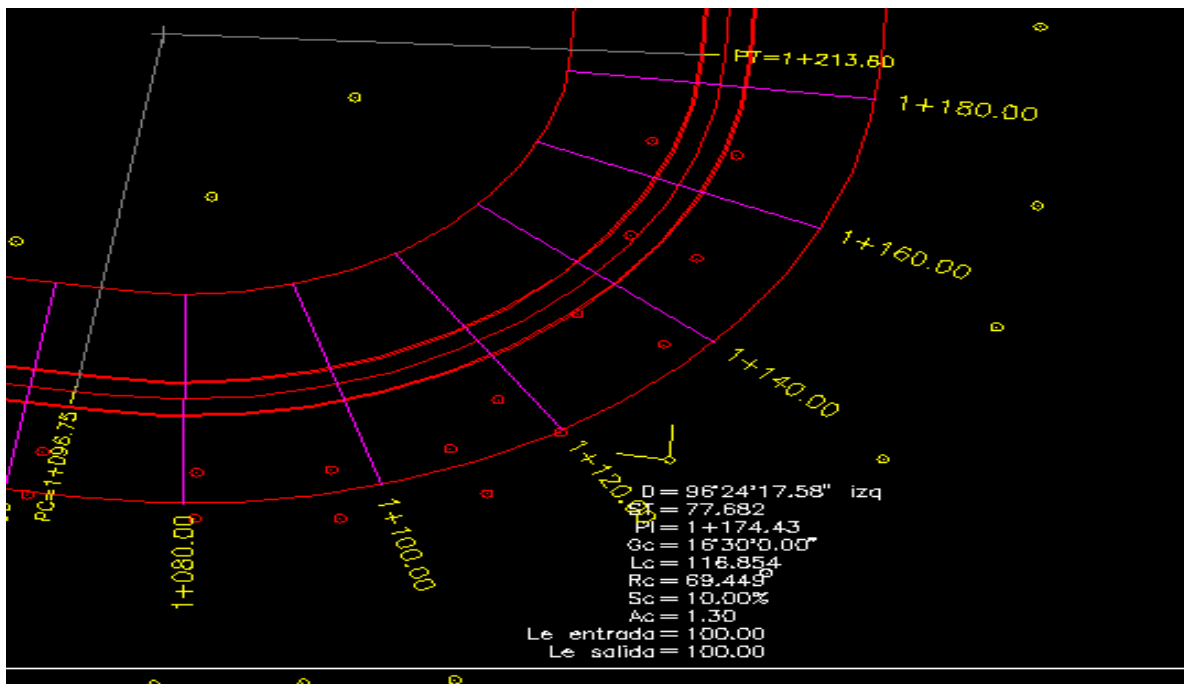
Le entrada= 25.00

Le salida= 45.00

Se puede observar que cumple con todos los requerimientos establecidos por la SCT.

## CURVA 6

Cálculo del proyecto actual que comprende la sexta curva del tramo que va de la Est. 1+096 al 1+ 213. en donde :



$$\Delta = 96^{\circ} 24' 17.58''$$

$$ST = 77.68$$

$$PI = 1+174.43$$

$$Gc = 16^{\circ} 30' 00''$$

$$Lc = 118.85$$

$$Rc = 69.449$$

$$Sc = 10.00\%$$

$$Ac = 1.30$$

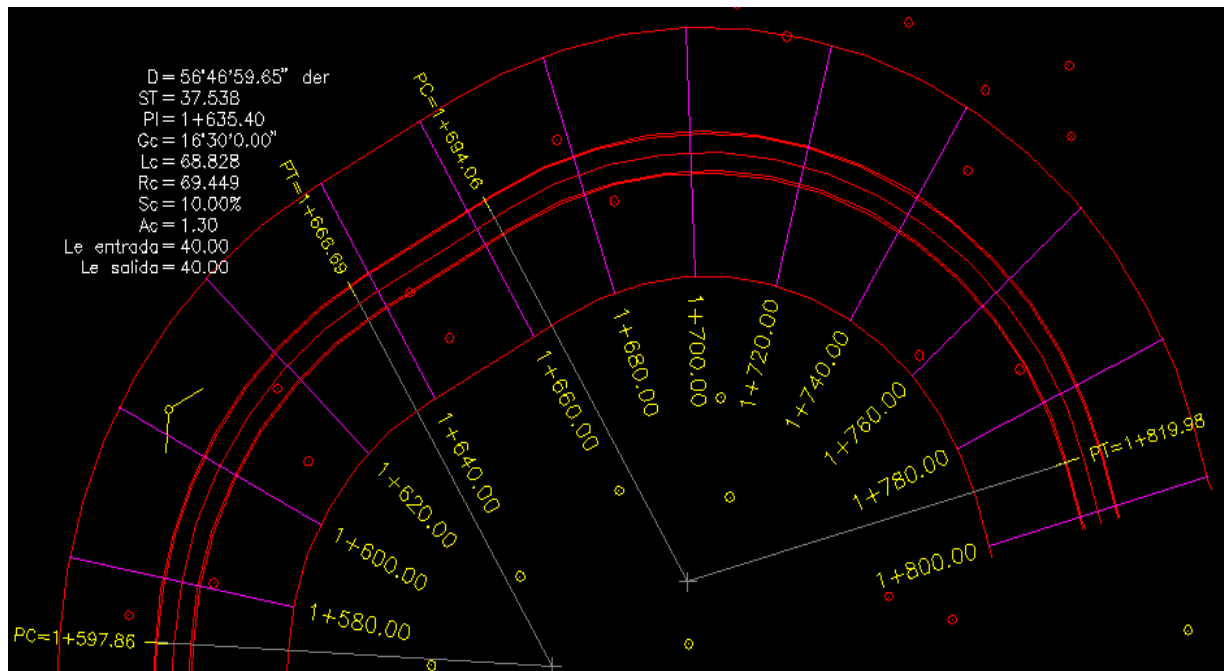
Le entrada= 100.00

Le salida= 100.00

Se puede observar que cumple con todos los requerimientos establecidos por la SCT.

Curva 7 y 8.

Cálculo del proyecto actual que comprende la séptima y octava curva del tramo que va de la Est. 1+597 al 1+ 666 y del 1+ 694 al del 1 + 819. en donde :



$\Delta = 56^\circ 46' 59.65''$

ST= 37.53

PI= 1+635.40

Gc=  $16^\circ 30' 00''$

Lc= 68.828

Rc= 69.449

Sc= 10.00%

Ac= 1.30

Le entrada=40.00

Le salida=40.00

$\Delta = 103^\circ 53' 11.69''$

ST= 88.710

PI= 1+782.77

Gc=  $16^\circ 30' 00''$

Lc= 125.92

Rc= 69.449

Sc= 10.00%

Ac= 1.30

Le entrada= 50.00

Le salida= 45.00

Se puede observar como estas ultimas dos curvas al igual que todas las demás, cumple con todos los requerimientos establecidos por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) como son:

$\Delta$ = Deflexión.

ST= Subtangente.

PI= Punto de inflexión.

Gc= Grado de curvatura.

Lc= Longitud de curva

Rc= Radio de curvatura.

Le entrada= Longitud de entrada.

Le salida= Longitud de salida.

Que son estos los principales elementos que forman una curva horizontal establecidos por la SCT, para la correcta realización de un proyecto geométrico como se observa en los anexos 1,2,3, de este proyecto geométrico del tramo carretero El sabino – Taretan del km 0+000 al km 1+800 en el municipio de Uruapan, Michoacan.

## CONCLUSIONES

El diseño de una vía terrestre es una rama de la ingeniería civil, ya que ésta contiene un gran número de especialidades enfocadas en esta área, ya que una vía terrestre como se menciona es un espacio público, proyectado y construido para la circulación de vehículos.

Una vía terrestre se distingue de un camino ya que ésta, está especialmente construida para la circulación de vehículos y ayuda a la comunicación de todos los poblados más cercanos, permitiendo así que exista un mejor desarrollo económico y social ya que existe más comunicación entre no sólo los poblados sino entre grandes países.

Por lo tanto, con respecto al Objetivo general de la investigación se cumplió, ya que se realizó adecuadamente el proyecto geométrico de la carretera “El Sabino-Taretan” del km 0+000 al km 1+800 con las normas establecidas en la actualidad por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) tanto en alineamiento vertical como horizontal.

De acuerdo con las necesidades que se obtuvieron de este tramo carretero El Sabino- Taretan y con base en la pregunta de investigación dada, se llega a la conclusión de que el proyecto geométrico es factible, de acuerdo al tránsito o aforo vehicular y a los diferentes tipos de vehículos que transitan por esta vía, teniendo esto en cuenta se propone una carretera de clasificación “C” con una

velocidad de proyecto de 40 a 90 km/ hr, ya que esto a su vez reduce el deterioro de un vehículo y reduce su traslado.

Es necesario que un proyecto cumpla con las normas establecidas, y para que no presente problemas como la seguridad de los usuarios. Por esto es indispensable contar con un Diseño de proyecto geométrico que cuente con las características adecuadas que marca la normativa de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) , donde esta propone para un camino tipo C con velocidad de proyecto de 40-90Km/hr con un grado de curvatura no menor a 17° 00° .

Para trazo geométrico del tramo carretero El Sabino –Taretan, se realizó un estudio topográfico, Para poder hacer el diseño en planta y obtener perfiles de la rasante, así como también secciones transversales, todo esto con la finalidad de poder la cantidad de cortes, y terraplenes ya que el Movimiento de tierras en una carretera es más del 70% de su costo total.

Para poder dar solución a las preguntas de investigación: Geométricamente ¿cuál deberá ser el diseño adecuado para la realización del proyecto geométrico del tramo carretero El Sabino – Taretan. ¿Para qué sirve un proyecto geométrico? ¿A quién beneficia esta investigación? Se tuvo la necesidad de recurrir a diferentes programas de software especializado en diseño asistido por computadora como los son AutoCAD y CivilCAD. Este software utiliza base de



cálculos y trazos, Las tablas y referencias contenidas en el Manual de Proyecto geométrico de carreteras y por ende todas las condiciones realizadas por las normativas de la Secretaría de Caminos y Transportes.

Cabe mencionar que se cumplieron los objetivos particulares los cuales fueron; definir una vía terrestre, cual se define como definir de acuerdo al tránsito vehicular, el tipo de tramo El Sabino-Taretan, Determinar Curvas horizontales y verticales de acuerdo con las normas de la SCT y presentar una alternativa de solución del proyecto geométrico de la carretera El Sabino-Taretan en el ejido de El Sabino. Fue realizado gracias al apoyo de herramientas como CivilCad y AutoCAD con base a las normas ya establecidas.

## BIBLIOGRAFÍA.

Crespo Villalaz Carlos (2010).

Vías de Comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes.

Ed. Limusa, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1974)

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.

S.C.T. México.

Bustamante Olivera Fernando (2010).

Infraestructura del transporte

Ed. Limusa, México.

Salas Rondon Miller Humberto (1987).

Ingeneria de vías terrestres.

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. McGraw-Hill, México.

Manual de criterios sobre alineamiento horizontal y vertical SCT(2003)

Kar Von Terzagui. (1925)

Mecánica de suelos en la ingeniería práctica.

Ed. EL AT, México.

Krammer S.L (2004)

Geotecnia.

Ed. Printice Hall, E.U.A

Olivera S. (2006)

Mecánica de Suelos

Ed. Upc, México.

Dankhe. (1989)

Metodología de la Investigacion

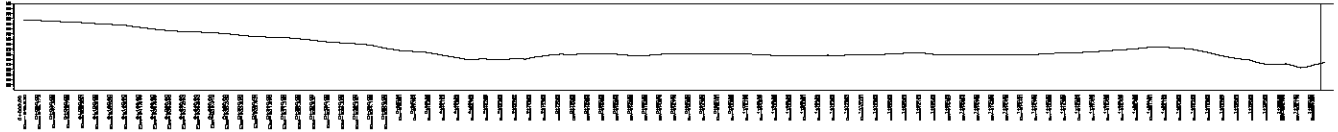
Ed. McGraw-Hill, México.

## OTRAS FUENTES DE INFORMACION.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Carretera>.

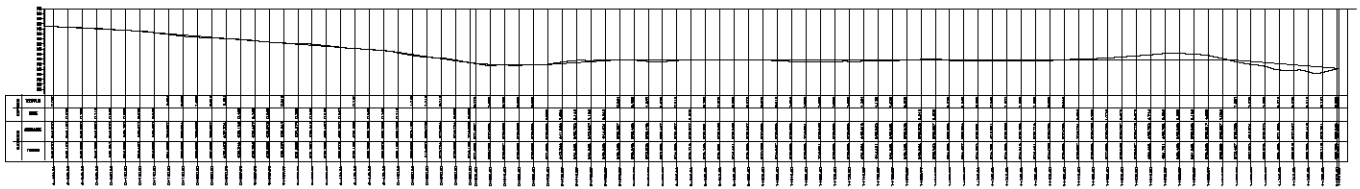
# ANEXOS

# PERFIL DEL TERRENO NATURAL



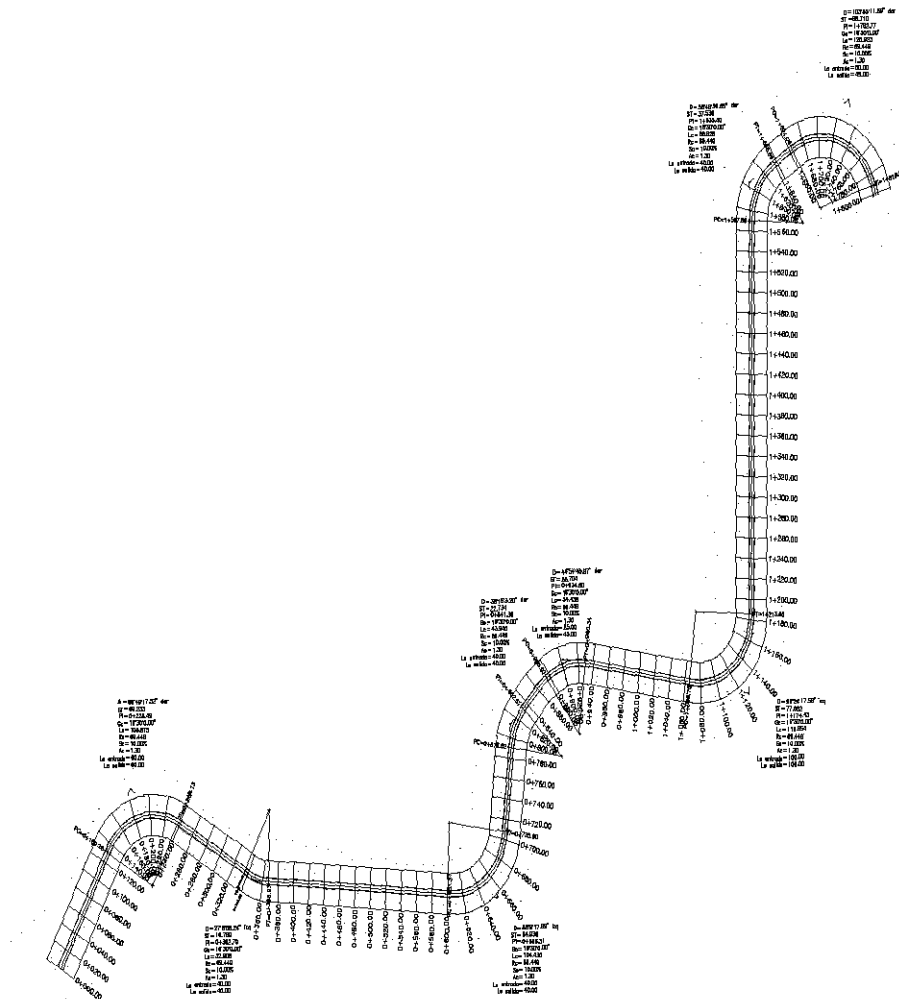
PERFIL 1  
EN ESCALA

# PERFIL DE TERRENO NATURAL Y EJE DE PROYECTO



PERFIL 1  
EN ESCALA

# TRAZADO DE PROYECTO GEOMÉTRICO, CURVAS Y DERECHO DE VÍA.



CUADRO DE CONSTRUCCION DE EJE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
				PST=0+000.00	187,489.9156	2,136,101.4065
PST=0+000.00	PI=0+107.28	N 31°01'21.14" E	107.288	PI=0+107.28	187,545.2092	2,136,193.3484
PI=0+107.28	PC=0+131.28	N 31°02'02.59" E Δ = 0°41.45" der	24.000	PC=0+131.28	187,557.5823	2,136,213.9131
PC=0+131.28	PT=0+240.16	N 75°56'41.35" E Δ = 89°49'17.52" der Rc = 69.449	98.063 Lc = 108.875 ST = 69.233	PT=0+240.16 PI=0+200.52	187,652.7098 187,593.2754	2,136,237.7283 2,136,273.2365
PT=0+240.16	PC=0+338.04	S 59°08'39.89" E	97.884	PC=0+338.04	187,736.7398	2,136,187.5258
PC=0+338.04	PT=0+370.95	S 72°43'09.01" E Δ = 27°8'58.24" izq Rc = 69.449	32.601 Lc = 32.908 ST = 16.769	PT=0+370.95 PI=0+354.81	187,767.8697 187,751.1356	2,136,177.8414 2,136,178.9253
PT=0+370.95	PI=0+402.95	S 86°17'38.13" E	32.000	PI=0+402.95	187,799.8028	2,136,175.7729
PI=0+402.95	PC=0+603.39	S 85°05'45.31" E Δ = 1°11'52.82" der	200.442	PC=0+603.39	187,999.5112	2,136,158.6376
PC=0+603.39	PT=0+707.82	N 51°49'35.74" E Δ = 86°9'17.89" izq Rc = 69.449	94.866 Lc = 104.430 ST = 64.938	PT=0+707.82 PI=0+668.33	188,074.0896 188,064.2119	2,136,217.2689 2,136,153.0861
PT=0+707.82	PC=0+790.65	N 08°44'56.80" E	82.827	PC=0+790.65	188,086.6881	2,136,299.1317
PC=0+790.65	PT=0+834.59	N 26°52'28.40" E Δ = 36°15'3.20" der Rc = 69.449	43.211 Lc = 43.940 ST = 22.734	PT=0+834.59 PI=0+813.38	188,106.2213 188,090.1461	2,136,337.6760 2,136,321.6008
PT=0+834.59	PI=0+862.59	N 45°00'00.00" E	28.000	PI=0+862.59	188,126.0203	2,136,357.4750
PI=0+862.59	PC=0+877.92	N 54°41'36.11" E Δ = 9°41'36.11" der	15.333	PC=0+877.92	188,138.5327	2,136,366.3365
PC=0+877.92	PT=0+932.36	N 77°08'56.60" E Δ = 44°54'40.97" der Rc = 69.449	53.055 Lc = 54.438 ST = 28.704	PT=0+932.36 PI=0+906.63	188,190.2589 188,161.9572	2,136,378.1367 2,136,382.9260
PT=0+932.36	PC=1+068.77	S 80°23'42.92" E	136.410	PC=1+068.77	188,324.7569	2,136,355.3766
PC=1+068.77	PT=1+185.62	N 51°24'08.29" E Δ = 96°24'17.58" izq Rc = 69.449	103.550 Lc = 116.854 ST = 77.682	PT=1+185.62 PI=1+146.45	188,405.6857 188,401.3496	2,136,419.9759 2,136,342.4154
PT=1+185.62	PC=1+569.89	N 03°11'59.50" E	384.263	PC=1+569.89	188,427.1350	2,136,803.6403
PC=1+569.89	PT=1+638.72	N 31°35'29.33" E Δ = 56°46'59.65" der Rc = 69.449	86.046 Lc = 68.828 ST = 37.538	PT=1+638.72 PI=1+607.43	188,461.7337 188,429.2303	2,136,859.8984 2,136,841.1198
PT=1+638.72	PC=1+666.08	N 59°58'59.15" E	27.385	PC=1+666.08	188,485.4281	2,136,873.5877
PC=1+666.08	PT=1+792.00	S 68°04'25.00" E Δ = 103°53'11.69" der Rc = 69.449	109.369 Lc = 125.923 ST = 88.710	PT=1+792.00 PI=1+754.79	188,586.8859 188,562.2402	2,136,832.7476 2,136,917.9654
PT=1+792.00	PST=1+801.98	S 16°07'49.16" E	9.977	PST=1+801.98	188,589.6576	2,136,823.1638
LONGITUD = 1,801.986m						

# SECCIONES DEL KM 0+000 AL KM 0+520

