



---

---

---

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

## INGENIERÍA CIVIL

### Diplomado en Vías Terrestres

#### Tema de Tesina

Modernización de la carretera Tepeolulco – Potla Ejido,  
municipio de Temascalcingo, Estado de México.

#### **Asesor:**

M. en I. Domingo Gerardo Valencia Vallejo

#### **Alumnos:**

Jorge Obregón Álvarez  
Hugo César Colín Miranda

La presente obra está bajo la licencia:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**SinDerivadas** — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

### Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	.....	4
<b>Justificación</b>	.....	5
<b>Objetivo</b>	.....	6
<b>Antecedentes</b>	.....	7
<b>Introducción</b>	.....	8
<b>Capítulo I Levantamiento Topográfico</b>		
1.1 Generalidades.....		9
1.2 Levantamiento Topográfico.....		11
1.3 Nivelación. ....		17
1.4 Secciones Transversales de Construcción.....		35
1.5 Terracerías.....		65
1.5.1 Cálculo y dibujo de rasantes (perfiles).....		66
1.5.2 Secciones de construcción. ....		67
1.5.3 Curva Masa .....		69
<b>Capítulo II Estudios de Geotecnia</b>		
2.1 Generalidades.....		74
2.2 Exploración y Sondeos.....		85
2.2 Estudio de Bancos de Materiales.....		88
<b>Capítulo III Estudios de ingeniería de tránsito</b>		
3.1 Generalidades.....		90
3.2 Índice de servicio actual.....		92
3.3 Aforo de Variación Horaria.....		103
3.4 Tiempos de Recorrido.....		121
3.5 Velocidad de Punto.....		123
3.6 Proyecto de señalamiento horizontal y vertical.....		128
<b>Conclusiones</b>	.....	134

<b>s</b>		
<b>Anexos</b>	.....	CD
<b>Bibliografía</b>	.....	135

## RESUMEN

Los gobiernos federales, estatales y municipales, llevan a cabo la construcción y modernización de caminos rurales y alimentadores a fin de atender las demandas de las comunidades y promover su desarrollo económico y social.

Dentro de la red carretera, el camino rural y alimentador constituye un activo de gran importancia regional y local, ya que a través de ellos es posible la comunicación permanente entre los centros de población y producción en el medio rural, el acceso de amplios grupos de población a la salud y educación como satisfactores básicos para mejorar su calidad de vida, así como a mayores oportunidades de empleo y desarrollo general. Por ello la elaboración del presente proyecto para “La modernización del camino del Km 0+000 al Km 2+400, sobre el Km 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco – Potla Ejido, al entronque en el Km 3+480 del camino Tepeolulco – Potla Ejido”, municipio de Temascalcingo, Estado de México, logrando así comunicar a barrios como: primer barrio, segundo barrio, tercer barrio y cuarto barrio, todos estos pertenecientes a la comunidad de San Pedro Tepeolulco.

El camino en estudio, tiene una longitud total de 2.43 Km, y forma un circuito con el camino de Tepeolulco – Potla Ejido envolviendo la mayoría de la zona urbana de San Francisco Tepeolulco.

## **JUSTIFICACIÓN**

Los habitantes de este municipio marcan como prioridad este tipo de obra por la necesidad de tener accesos dignos y vías de comunicación que les permitan atenderse con mayor facilidad en las cuestiones de salud, educación, etc., en todas las épocas del año, ya que debido a que las precipitaciones pluviales destruyen los caminos a lo largo de la temporada de lluvias y quedan poco transitables, aún para el paso peatonal.

En la superficie de rodamiento, el revestimiento se encuentra en un estado de regular a malo, la velocidad a la que se recorre varía entre los 10 y 20 Km/hr y es transitable todo el año, no obstante en época de lluvias se vuelve peligroso el recorrido; el ancho del camino existente es en promedio de 4.5 y 6 m por lo que será necesario ampliar las terracerías existentes para lograr el ancho de proyecto, teniendo con esto que entubar los canales que existen a los lados del camino.

## **OBJETIVO**

El objetivo por el cuál se realizó el proyecto ejecutivo del caso que nos ocupa es el de mejorar el camino existente, pasándolo de revestido a pavimentado; de un camino rural a un camino de clasificación tipo "C" por el cuál habrá un tránsito diario promedio anual (TDPA), calculado para una proyección de población de 10 a 15 años, resultando de quinientos a mil quinientos vehículos y según la normatividad de la S.C.T Federal, deberá contar con un ancho normal de calzada de 7.00m.

Las obras de topografía, geotecnia e ingeniería de tránsito son parte importante en el desarrollo de un proyecto de caminos por lo que se consideran los trabajos necesarios para darle solución, se propone la construcción de obras nuevas, mejorar los alineamientos, tanto vertical como horizontal e instalar de acuerdo a la normatividad vigente los dispositivos de control del tránsito que sean requeridos.

## **ANTECEDENTES**

Desde el inicio de la existencia del ser humano, ha tenido una gran necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

Toda obra vial se proyecta y construye para satisfacer distintas necesidades, entre las cuales se encuentra la de servir al tránsito que por ella circulará, proporcionándole viajes cómodos, rápidos y seguros. Consecuentemente con lo mencionado, el ingeniero que está proyectando un camino deberá tomar en cuenta y satisfacer los deseos de los usuarios mediante un diseño adecuado para ello y cuyo costo sea el menor posible.

Por lo tanto el ingeniero proyectista, cuyo problema es el determinar que tipo de camino debe diseñar, o la mejora a introducir al que está en servicio, no sólo deberá conocer el número de vehículos que circulará por ese camino, sino también deberá tener un adecuado conocimiento acerca sus condiciones de circulación que se producirán ante determinadas características, tanto del terreno del camino en si, como del volumen vehicular que por él circule.



## INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación entre estas comunidades eran constituidas por caminos de terracería que en la temporada de lluvias sufrían considerables afectaciones y deformaciones en su estructura, haciendo muy complicada su transitabilidad.

Dentro de la red carretera, el camino rural y alimentador constituye un activo de gran importancia regional y local, ya que a través de ellos es posible la comunicación permanente entre los centros de población y producción en el medio rural, el acceso de amplios grupos de población a la salud y educación como satisfactores básicos para mejorar su calidad de vida, así como a mayores oportunidades de empleo y desarrollo general.

El camino se desarrolla en zona urbana, aunque de baja densidad, por lo que prácticamente en todo el tramo existen construcciones sobre el derecho de vía.

Los alumnos Jorge Obregón Álvarez Jorge y Hugo César Colín Miranda participamos de forma activa en todos los estudios y trabajos de topografía del presente proyecto, tanto en campo como en cada uno de los trabajos de gabinete que se presentarán.

Así mismo los trabajos aquí presentados fueron realizados en conjunto, por el H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Temascalcingo, Edo. de Mex. y la empresa **Ingeniería Civil Con Excelencia S.A. de C.V.** la cual nos asignó realizar algunos de los levantamientos topográficos del nivel definitivo y de las secciones transversales así como su correspondiente digitalización.

## CAPÍTULO I LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

# TOPOGRAFÍA

## 1.1 GENERALIDADES

La Topografía es la rama de la ingeniería se puede definir como la ciencia que comprende todos los métodos y procedimientos para medir, procesar y difundir la información acerca de la Tierra y nuestro medio ambiente. Esto se puede lograr por medio de medidas según los tres elementos del espacio, estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud en sistema métrico decimal, y para direcciones se emplean unidades de arco basadas en el sistema de grados sexagesimales.

Esta ciencia se desarrolló a partir de la necesidad de medir y marcar los límites de derechos de propiedad. Su importancia ha ido en aumento al haber una mayor demanda de diversos mapas y planos, y la necesidad de establecer líneas y niveles más precisos como una guía para las operaciones comerciales, proyectos de ingeniería y labores de construcción. Cada vez es más indispensable contar con mediciones de precisión en el desarrollo de proyectos de ingeniería. En nuestro tiempo, los topógrafos cuentan con las técnicas y la tecnología para que puedan medir y observar la tierra y sus recursos naturales. Literalmente lo pueden hacer sobre una base global y con alta precisión. Entre las tecnologías que se encuentran disponibles están las terrestres, aéreas y por satélite.

## TIPOS DE MEDICIONES EN TOPOGRAFÍA

En la figura 1.1.1 obtenida del libro de topografía de Miguel Montes de Oca, 1989; se muestran las cinco clases de mediciones que forman la base de la topografía plana:

- Ángulos horizontales,  $\sphericalangle ABC$
- Distancias horizontales,  $\overline{AB}$ ,  $\overline{AC}$ ,  $\overline{AD}$
- Ángulos verticales  $\sphericalangle (ABF)$   
ó cenitales  $\sphericalangle (AFE)$
- Distancias verticales,  $\overline{DH}$ ,  $\overline{CG}$
- Distancias inclinadas,  $\overline{AF}$

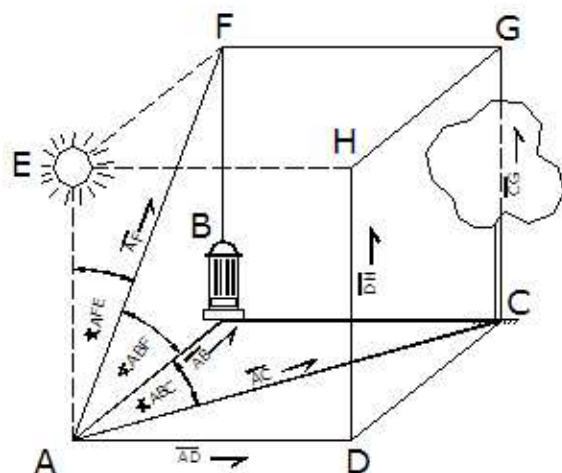


Figura 1.1.1 Clases de mediciones

## Precisión y exactitud

Todas las mediciones que se realizan en topografía están sujetas a las imperfecciones de los aparatos y al manejo de ellos; por lo que se puede decir que ninguna medida en topografía es exacta. La naturaleza y magnitud de los errores deben de ser comprendidas para obtener buenos resultados.

La precisión se refiere al grado de refinamiento de un grupo de mediciones y se evalúa con base en la magnitud de las diferencias que resulten al evaluar el método. En la precisión hay muchos grados, según sea el propósito de levantamiento y las medidas deben hacerse tan aproximadas como sea necesario. La exactitud denota una absoluta aproximación a los valores verdaderos de las cantidades que se han medido.

## **Los errores**

Las mediciones no se pueden realizar de manera perfecta o exacta, hay varios factores que introducen error. Los errores se dividen en dos clases:

- **Errores sistemáticos**

Son aquellos que para las condiciones de trabajo fijas en el campo, son constantes y del mismo signo, por lo que son acumulativos. Ejemplo de estos errores son: en medidas de ángulos, aparatos mal graduados o arrastre de graduaciones en los tránsito; en medidas de distancias y desniveles, error por temperatura. En las estaciones totales se puede también incurrir en errores por presión atmosférica mal calculada o capturada, etcétera.

- **Errores accidentales ó aleatorios**

Estos son los errores que quedan después de haber eliminado los errores sistemáticos. Son ocasionados por factores que quedan fuera del control del topógrafo. En esta clasificación están aquellos errores que se cometen indistintamente en un sentido o en otro, y por lo tanto es igualmente probable que tengan signo positivo o negativo. Algunos ejemplos son: en medidas de ángulos, lecturas en graduaciones, visuales descentradas, visuales afectadas por el fenómeno de la refracción y la reverberación, en medidas de distancias, colocación de marcas en el terreno, variaciones en la tensión de la cinta, apreciación de fracciones, etcétera. Muchos de estos errores se eliminan porque se compensan. El valor más probable de una cantidad medida varias veces, es el promedio de las medidas tomadas, o media aritmética. Esto se aplica en ángulos, distancias y desniveles.

## **Comprobaciones**

Siempre en todo trabajo de topografía de calidad se debe buscar comprobar las medidas y los cálculos ejecutados. Esto tiene por objeto descubrir

equivocaciones y errores, y determinar el grado de precisión del levantamiento realizado.

## **1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Es el conjunto de actividades necesarias para determinar las posiciones de puntos para su representación en un plano.

La mayor parte de los levantamientos, tienen como propósito el cálculo de áreas y volúmenes, y la representación de las medidas tomadas en campo mediante perfiles y planos. El marco teórico utilizado en la Topografía, se basa esencialmente en la Geometría Plana, Geometría del Espacio, Trigonometría y Matemáticas en general.

Los levantamientos también pueden clasificarse en topográficos y geodésicos:

### **Levantamientos topográficos**

Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura de la tierra, sin error apreciable.

### **Levantamientos geodésicos**

Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra, realizando los cálculos en un elipsoide.

Los más comunes en los proyectos de ingeniería son los levantamientos topográficos, a los cuales se estará haciendo referencia con mayor frecuencia en el presente trabajo. Por otra parte, los levantamientos geodésicos son motivo de un estudio especial al cual se dedica la geodesia, dicha disciplina será tratada solo de manera general más adelante en este curso.

Los levantamientos topográficos se pueden clasificar en:

### **Levantamientos de terrenos en general**

Tienen por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligados con levantamientos anteriores, o proyectar obras y construcciones.

### **Levantamientos de control**

Red de señalamientos horizontales y verticales que sirven como marco de referencia para otros levantamientos y bancos de nivel.

### **Topografía de minas**

Tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.

## **Levantamientos catastrales de terrenos y de linderos**

Son aquellos que se realizan en ciudades, zonas urbanas y municipios, para fijar linderos o estudiar las obras urbanas. Normalmente se trata de levantamientos cerrados, ejecutados con el objetivo de fijar límites de propiedad y vértices.

## **Levantamientos hidrográficos**

Definen la línea de playa y las profundidades de lagos, corrientes, océanos, represas y otros cuerpos de agua. Los levantamientos marinos están asociados con industrias portuarias y de fuera de la costa, así como con el ambiente marino, incluyendo investigaciones y mediciones marinas hechas por el personal de navegación. Esta clase de levantamientos no se tratan en este trabajo.

## **Levantamientos de construcción**

Determinan la línea, la pendiente, las elevaciones de control, las posiciones horizontales, las dimensiones y las configuraciones para operaciones de construcción. También proporcionan datos elementales para estimación de cantidades de obra y calcular los pagos a los contratistas.

## **Levantamientos finales según obra construida**

También conocidos como “as built” en el medio profesional, estos documentan la posición final exacta y disposición de los trabajos de ingeniería, y registran todos los cambios de diseño que se hayan incorporado a la construcción. Estos levantamientos son sumamente importantes cuando se construyen obras subterráneas de servicios, cuyas localizaciones precisas se deben de conocer para evitar daños al llevar a cabo posteriormente, otras obras o reparaciones de las mismas.

## **Levantamientos aéreos**

Son aquellos que se hacen por medio de la fotografía, generalmente desde aviones, y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos. La fotogrametría se dedica especialmente al estudio de estos trabajos. Esta clase de levantamientos no se tratan en este trabajo.

Otra clasificación de los levantamientos topográficos se da en relación a la consideración de la componente vertical en las mediciones. A la parte de la topografía que solo considera las componentes horizontales (X, Y) y no considera o desprecia la componente vertical (Z) o elevación de los puntos, se le denomina *Planimetría*. En tanto que la parte de la topografía que considera las tres componentes de un punto (X, Y, Z) se le denomina *Altimetría*.

## **Topografía de vías de comunicación**

Es la que sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, etcétera.

En el estudio, elaboración y ejecución de cualquier proyecto de Ingeniería de obras que tengan como asiento la superficie de la tierra, es necesario el uso de la Topografía.

1º En la elaboración del área destinada para la obra. Las características del terreno son la guía del Arquitecto, para la mejor distribución y ubicación de la obra, en sus aspectos funcionales y ornamentales; y del Ingeniero para conseguir la mayor rigidez, estabilidad y seguridad de ésta. Se refiere al levantamiento topográfico de la zona.

2º En la geometrización del proyecto, donde se vinculan en forma analítica, los diferentes ejes de simetría de la obra, entre si mismo y con elementos fijos del terreno, (puntos permanentes) con fines de su posterior replanteo.

3º En el replanteo, mediante el cual se ubican en el terreno las diferentes partes de la obra, en las posiciones relativas señaladas en el proyecto.

Para la construcción de una carretera es necesario pasar por las siguientes etapas:

- a) Planificación
- b) Anteproyecto
- c) Proyecto
- d) Construcción.

Existen partes de estas etapas que se logran con el auxilio de la Topografía, las cuales son:

- a) Estudio de las rutas
- b) Estudio del trazado
- c) Anteproyecto
- d) Proyecto.

El Estudio de las rutas es el proceso preliminar de acopio de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la faja de estudio que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. En esta etapa se obtiene información, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan las rutas.

El estudio del trazado consiste en reconocer minuciosamente en el campo cada una de las rutas seleccionadas. Así se obtiene información adicional sobre los tributos que ofrecen cada una de estas rutas y se localizan en ellas la línea a las líneas correspondientes a posibles trazados en la carretera.

En el anteproyecto se fija en los planos la línea que mejor cumpla los requisitos

planimétricos y altimétricos impuestos a la vía. En esta etapa se elaboran planos por medios aéreos o terrestres y se establece la línea tentativa del eje.

El proyecto es el proceso de localización del eje de la vía, su replanteo del trazado y de sus áreas adyacentes, establecimiento de los sistemas de drenaje, estimación de las cantidades de obras a ejecutar y redacción de los informes y memorias que deben acompañar a los planos.

Durante cada una de las etapas de la construcción de la vía, se toman en cuenta muchos factores, entre los mismos se encuentra el movimiento de tierras, el cual es uno de los más importantes, por el peso económico que tiene en el presupuesto. El movimiento de tierra engloba todas aquellas actividades de excavación y relleno necesarias para la construcción de la carretera.

### Levantamiento de detalle

Al proceso de ligar los detalles topográficos a la red de control se le denomina detallado topográfico. Esta red de control está basada en la poligonal de apoyo que se ha construido previo a levantamiento de detalles.

El proceso de levantado con estación total se realiza generalmente por medio del método de radiaciones, con éste método se explota el potencial del equipo.

Sin embargo, en campo pueden presentarse una diversidad de condiciones y variables, por lo que es bueno que se presente los cuatro métodos básicos para determinar un punto P en el campo.

Todos éstos métodos se basan en la existencia de un control horizontal (Poligonal de apoyo), en cada uno de los cinco primeros debe partirse de una línea de control, AB. Para el último método tienen que conocerse o identificarse las posiciones de dos puntos para poder aplicarse.

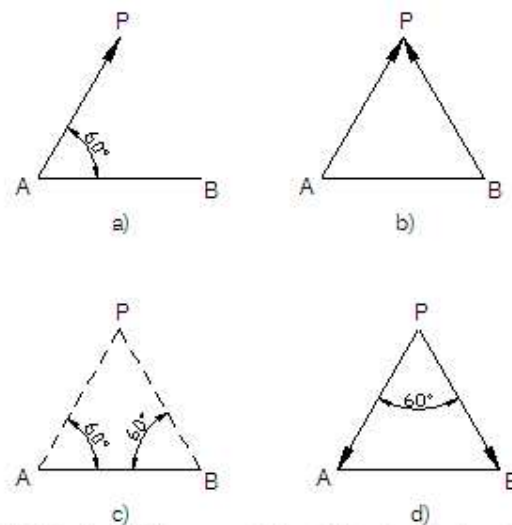


Figura 1.2.1 Métodos básicos por Miguel Montes de Oca, 1989.

- Distintos elementos a medir en los métodos de detallado topográfico.
- Un ángulo y la distancia adyacente, desde A o B.
- Dos distancias, una desde A y la otra desde B.
- Dos ángulos, uno desde A y el otro desde B.
- Dos distancias y un ángulo para determinar las coordenadas del punto P.

Como se puede observar, con cualquiera de los métodos anteriores, es posible ubicar puntos en campo que nos sean útiles para el detallado topográfico.

Es muy importante que el personal que realice los levantamientos de detalle, sean personas altamente ordenadas, ya que del orden depende mucho la calidad y el manejo eficiente de la información.

Algunas de las recomendaciones generales que se hacen para realizar estos trabajos son:

### **Crear un archivo de datos por cada levantamiento**

Es muy importante no revolver información, por lo que es recomendable guardar los archivos con un nombre que ayude a la identificación del trabajo, la fecha en que se realizó y de ser posible se debe utilizar un código que nos ayude a saber a primera vista de qué se trató el trabajo. Además, crear los archivos de datos de esta manera será muy útil cuando existen errores, ya que se pueden detectar con mayor facilidad qué parte del trabajo esta afectada por dicho error.

### **Hacer croquis en una libreta de campo**

Esta información será muy apreciada por la persona que hace al interpretación de la información y su dibujo en gabinete.

### **Toma de fotos o vídeo**

Resulta muy valioso tomar fotografías, de ser posibles digitales y con alta resolución y también la filmación de videos es muy útil.

Estas herramientas ayudarán a interpretar y representar la información de manera más precisa a la realidad, y al haber dudas, no se tendrá que regresar al sitio para aclararlas.

### **Crear un código de identificación**

La mayoría de estaciones totales tiene la capacidad de colocar un código alfanumérico a cada punto que se levanta, este dato es muy útil al importar la información en un sistema CAD, ya que facilita el dibujo del levantamiento.



Este código es arbitrario, el único requisito es que tanto topógrafo como dibujante estén de acuerdo en él, de tal manera que no haya confusiones. Algunos ejemplos de un código de identificación se proponen en la tabla 1.2.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
A	Árbol
B	Banqueta
BT	Barda de Tabique
BP	Barda de piedra
C	Vértice de Construcción
C-v	Volado de losa de construcción
D	dado
E	Estaca
G	Guarnición
Tel	Poste telefónico
CFE	Poste CFE
M	Malla ciclónica
Alum	Poste de alumbrado
PV-DS	Pozo de visita drenaje sanitario
PV-DP	Pozo de visita drenaje pluvial
R-AP	Registro agua potable
R-Tel	Registro telefónico
R-Alum	Registro alumbrado
RP	Rejilla Pluvial
BT	Boca de tormenta
V-AP	Válvula de agua potable
PCN	puntos para curvas de nivel
PNC	Puntos de nivel de cajeo
PNT	Punto Nivel de terracería
PTN	Punto de terreno natural
PNSB	Punto de nivel de sub-base
PNB	Punto de nivel de base

**Tabla 1.2.1 Descripción del código de identificación de Miguel Montes de Oca, 1989**

Los puntos importantes del trazo tales como, puntos de inflexión (P.I.) principio de curva (P.C.) y principio de tangente (P.T.), así como punto sobre tangente (P.S.T.) cuando menos a cada 300 (trescientos) metros, se referencian con ángulos con respecto del eje de trazo y distancias a puntos fijos, de manera que pueda recuperarse el trazo en el momento deseado.

### **Notas de campo**

Es la parte más importante del trabajo de campo en topografía. Las notas de campo deben siempre tomarse en libretas especiales de registro con toda claridad. Deben incluirse la mayor cantidad de datos complementarios posibles para evitar confusiones o malas interpretaciones, ya que por lo general los

cálculos o dibujos los harán personas diferentes a las que realizaron el trabajo de campo.

Las notas de campo son el registro del trabajo hecho en el campo. En ellas se anotan mediciones, croquis, observaciones y cualquier información que sea útil para el proceso del levantamiento o el trabajo en gabinete donde se realizarán cálculos, dibujos, interpretación y aplicación de la información obtenida.

Las notas de levantamientos en el campo, ya sea que se realicen manual o electrónicamente por un recolector de datos, son los únicos registros permanentes y constituyen un aparte muy importante de la memoria técnica del levantamiento. Si los datos están incompletos, son incorrectos, o se pierden, se habrá desperdiciado el tiempo y dinero invertido.

Las siguientes características son deseables en las notas de campo:

#### **Exactitud**

Esta es la cualidad más importante en todos los trabajos de topografía.

#### **Integridad**

La omisión de una sola medida o detalle puede nulificar la utilidad de las notas para el dibujo o el cálculo.

#### **Legibilidad**

Las notas servirán sólo si son legibles. La apariencia profesional de un registro reflejará de seguro la calidad profesional del anotador.

#### **Adecuación**

Las formas de registro adecuadas al trabajo particular de que se trate contribuyen a la exactitud, la integridad y la legibilidad de las notas.

#### **Claridad**

Se necesitan procedimientos correctos y bien planeados para asegurar la claridad de los croquis y anotaciones. Esto con el fin de minimizar la posibilidad de equivocaciones y omisiones.

Se recabó la información existente y de utilidad de la zona de trabajo para el proyecto a desarrollar, tal información de referencia fue la que de inicio se empleó para realizar los recorridos y planteamientos preliminares.

### **1.3 NIVELACIÓN**

Con el trazo definitivo se deberá realizar una nivelación del perfil, obteniendo las elevaciones de las estaciones a cada 20 metros o aquellas donde se presenten detalles importantes como alturas variables intermedias, cruces de ríos, ubicación de canales, etc. los bancos de nivel se colocaran a cada 500

metros aproximadamente y se revisara lo ejecutado con nivelación diferencial ida y vuelta, doble punto de liga o doble altura del aparato.

En el registro de la nivelación se deben anotar las elevaciones de los bancos aproximadas al milímetro y las elevaciones de las estaciones aproximadas al centímetro.

Se obtuvieron elevaciones con nivel fijo en los puntos marcados a cada 20 (veinte) metros y también en los puntos donde se presenten cambios de pendiente sobre el eje de trazo, colocando bancos de nivel a cada 500 (quinientos) metros con su comprobación entre sí respectiva, aceptando una tolerancia de mas menos 5.0 (cinco) milímetros.

REGISTROS DE NIVELACION					
ESTACIÓN	+	-	Lectura intermedia	DESCRIPCIÓN	ELEVACIÓN
BN-0-1	0.43				2,500.00
0+000.0000			1.63	BN-0-1 S/PALOMA EN POSTE DE LUZ MARCADO CON PINTURA ROJA A 17.00 M IZQ. EST=0+019	2,498.37
0+004.7000			1.55	ORILLA DE CARPETA	2,498.45
0+020.0000			1.27		2,498.73
0+040.0000			1.24		2,498.76
0+060.0000			1.25		2,498.75
0+080.0000			1.22		2,498.78
0+086.1530			1.20	PC	2,498.80
0+100.0000			1.17		2,498.83
0+120.0000			1.28		2,498.72
0+133.8190			1.37	PT	2,498.63
0+140.0000			1.48		2,498.52
0+160.0000			1.90		2,498.10
PL	0.38	1.87			2,498.13
0+180.0000			0.87		2,497.64
0+200.0000			1.26		2,497.25
0+216.1330			1.31	PC	2,497.20
0+220.0000			1.22		2,497.29
0+240.0000			1.40		2,497.11
0+250.8000			1.47	PT	2,497.04
0+260.0000			1.48		2,497.03
0+280.0000			1.39		2,497.12
0+300.0000			1.25		2,497.26
0+320.0000			0.91		2,497.60
0+340.0000			0.57		2,497.94
0+360.0000			0.42		2,498.09
PL	1.32	0.09			2,498.42
0+380.0000			1.08		2,498.66
0+392.4710			0.90	PT	2,498.84
0+400.0000			0.86		2,498.88
0+420.0000			0.96		2,498.78
0+437.1540			1.02	PC	2,498.72
0+440.0000			1.04		2,498.70
0+460.0000			1.21		2,498.53
0+480.0000			1.32		2,498.42
REGISTROS DE NIVELACION					

ESTACIÓN	+	-	Lectura intermedia	DESCRIPCIÓN	ELEVACIÓN
0+482.8210			1.34	PT	2,498.40
0+500.0000			1.46		2,498.28
BN-0-2		1.05			2,498.69
SUMA PARCIAL=	2.12	3.01			
	-0.88				
CHECK					
BN-0-2	0.90				
PL	1.91	0.41			
PL	0.11	1.34			
BN-9-2		0.28			
SUMA PARCIAL=	2.92	2.03			
	0.89				
DIFERENCIA=	0.00			COMPENSACION= 0.001	
BN-0-2	0.69				2,498.69
0+520.0000			1.22	BN-0-2 S/PALOMA EN POSTE DE LUZ MARCADO CON PINTURA ROJA A 18.80 M IZQ. EST=0+498.50	2,498.16
0+540.0000			1.40		2,497.98
0+560.0000			1.64		2,497.74
0+580.0000			1.79		2,497.59
0+600.0000			1.99		2,497.39
0+620.0000			2.35		2,497.03
0+640.0000			2.62		2,496.76
0+660.0000			2.90		2,496.48
PL	0.14	2.92			2,496.46
0+680.0000			0.54		2,496.06
0+698.8670				PC	2,495.30
0+700.0000			1.35		2,495.25
0+720.0000			2.06		2,494.54
0+740.0000			2.87		2,493.73
0+741.0890				PT	2,493.70
0+760.0000			3.71		2,492.89
0+780.0000			4.38		2,492.22
0+800.0000			4.90		2,491.70
PL	0.06	4.95			2,491.65
0+820.0000			0.50		2,491.21
0+840.0000			0.97		2,490.74
0+860.0000			1.32		2,490.39
0+880.0000			1.65		2,490.06
0+900.0000			2.00		2,489.71
0+920.0000			2.49		2,489.22
0+940.0000			3.15		2,488.56
0+960.0000			3.71		2,488.00
BN-0-3		3.11			2,488.61
SUMA PARCIAL=	0.89	10.97			
<b>REGISTROS DE NIVELACION</b>					
ESTACIÓN	+	-	Lectura intermedia	DESCRIPCIÓN	ELEVACIÓN

	-10.08				
CHECK					
BN-1-1	3.89				
PL	4.90	0.10			
PL	2.35	0.17			
BN-9-2		0.80			
SUMA PARCIAL=	11.14	1.06			
	10.08				
DIFERENCIA=	0.00			COMPENSACION= -0.001	
BN-0-3	0.29				2,488.61
0+980.0000			1.33	BN-0-2 S/PALOMA EN POSTE DE LUZ MARCADO CON PINTURA ROJA A 7.90 M DER. EST=1+518	2,487.57
1+000.0000			2.08		2,486.82
1+020.0000			2.97		2,485.93
1+040.0000			3.95		2,484.95
1+060.0000			4.94		2,483.96
1+063.0000			4.81		2,484.09
1+067.0000			3.32		2,485.58
1+080.0000			3.29		2,485.61
1+100.0000			3.59		2,485.31
PL	0.01	3.50			2,485.39
1+106.0000			3.00		2,482.40
1+111.5830			3.95	PC	2,481.45
1+115.0000			5.50		2,479.90
1+120.0000			5.02		2,480.38
1+131.0000			3.09		2,482.31
1+140.0000			2.65		2,482.75
1+160.0000			1.50		2,483.90
1+165.0000			1.78		2,483.62
1+171.5830			1.13	PT	2,484.27
1+180.0000			0.34		2,485.06
PL	4.78	0.04			2,485.36
1+200.0000			3.21		2,486.94
1+220.0000			1.20		2,488.95
PL	4.91	0.15			2,490.00
1+240.0000			4.23		2,490.68
1+260.0000			3.05		2,491.86
1+280.0000			2.14		2,492.77
1+282.4950			2.00	PC	2,492.91
1+300.0000			1.11		2,493.80
1+317.4950				PT	2,494.41
1+320.0000			0.41		2,494.50
1+340.0000			0.17		2,494.52
PL	1.38	0.15			2,494.74
1+342.4780			1.39		2,494.76
1+360.0000			1.32		2,494.81
1+377.4780			1.33	PT	2,494.82
<b>REGISTROS DE NIVELACION</b>					
<b>ESTACIÓN</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>Lectura intermedia</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ELEVACIÓN</b>
1+380.0000			1.32		2,494.82
1+400.0000			1.35		2,494.79

1+420.0000			1.37		2,494.77
1+440.0000			1.41		2,494.76
1+460.0000			1.40		2,494.74
1+462.9950			1.33		2,494.81
1+480.0000			1.22		2,494.92
1+500.0000			1.06		2,495.08
1+520.0000			0.93		2,495.21
BN-1-1		0.42			2,495.72
SUMA PARCIAL=	11.38	4.26			
	7.11				
CHECK					
BN-1-1	0.37				
PL	0.19	2.51			
PL	0.67	4.81			
BN-9-2		1.02			
SUMA PARCIAL=	1.23	8.35			
	-7.11				
DIFERENCIA=	0.00			COMPENSACION= 0.00	
BN-1-1	1.30			BN-1-1 S/CLAVO EN BARDA CASA MARCADO	2,495.72
1+540.0000			1.75	C/PINTURA ROJA A 7.10 M DER. EST=1+509.60	2,495.27
1+560.0000			1.60		2,495.42
1+580.0000			1.59		2,495.43
1+600.0000			1.52		2,495.50
1+620.0000			1.44		2,495.58
1+640.0000			1.38		2,495.64
1+647.4970			1.34	PC	2,495.68
1+660.0000			1.26		2,495.76
1+680.0000			1.20		2,495.82
1+700.0000			1.19		2,495.83
1+712.4970			1.19	PT	2,495.83
1+720.0000			1.17		2,495.85
1+740.0000			1.10		2,495.92
PL	1.27	1.09			2,495.93
1+760.0000			1.32		2,495.88
1+780.0000			1.30		2,495.90
1+800.0000			1.37		2,495.83
1+816.5500			1.39	PC	2,495.81
1+820.0000			1.40		2,495.80
1+840.0000			1.49		2,495.71
1+860.0000			1.70		2,495.50
1+863.2170			1.74	PT	2,495.46
<b>REGISTROS DE NIVELACION</b>					
<b>ESTACIÓN</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>Lectura intermedia</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ELEVACIÓN</b>
1+880.0000			1.69		2,495.51
1+900.0000			1.81		2,495.39
PL	1.06	1.91			2,495.29
1+917.4540			1.14		2,495.21

1+920.0000			1.12		2,495.23
1+940.0000			1.22		2,495.13
1+960.0000			1.36		2,494.99
1+962.4540			1.40	PT	2,494.95
1+980.0000			1.31		2,495.04
1+993.2560			1.23	PC	2,495.12
2+000.0000			1.20		2,495.15
BN-2-1		0.93			2,495.42
SUMA PARCIAL=	3.63	3.93			
	-0.31				
CHECK					
BN-1-1	1.05				
PL	1.94	1.09			
PL	1.151	1.328			
BN-9-2		1.420			
SUMA PARCIAL=	4.139	3.835			
	0.304				
DIFERENCIA=	-0.002			COMPENSACION= -0.001	
BN-2-1	1.933			BN-2-1 S/PALOMA EN POSTE DE LUZ MARCADO	2,495.41
2+020.0000			1.9700	CON PINTURA ROJA A 6.70 M DER. EST=2+016.30	2,495.38
2+040.0000			1.8500		2,495.50
2+046.5890			1.7600	PT	2,495.59
2+060.0000			1.5800		2,495.77
2+080.0000			1.4000		2,495.95
2+100.0000			1.3400		2,496.01
2+120.0000			1.3600		2,495.99
2+134.0530			1.4600	PC	2,495.89
2+140.0000			1.4400		2,495.91
2+160.0000			1.4700		2,495.88
2+173.5730			1.2500	PT	2,496.10
2+180.0000			1.1400		2,496.21
2+200.0000			0.7400		2,496.61
2+220.0000			0.5600		2,496.79
2+240.0000			0.2900		2,497.06
PL	2.170	0.190			2,497.16
2+260.0000			1.9400		2,497.39
2+280.0000			1.6400		2,497.69
2+281.9940			1.6400	PC	2,497.69
<b>REGISTROS DE NIVELACION</b>					
<b>ESTACIÓN</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>Lectura intermedia</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ELEVACIÓN</b>
2+300.0000			1.6100		2,497.72
2+317.9940			1.4500	PT	2,497.88
2+320.0000			1.4400		2,497.89
2+340.0000			1.3400	PC	2,497.99
2+358.8370			1.2200		2,498.11
2+360.0000			1.2200		2,498.11

2+380.0000			1.1300		2,498.20
2+388.8370			0.9800	PT	2,498.35
2+400.0000			0.7800		2,498.55
2+420.0000			0.5000		2,498.83
PL	1.871	0.517			2,498.81
2+433.0000			1.2000	ORILLA DE CARPETA	2,499.48
2+436.6390			1.1400	ULTIMO PUNTO	2,499.54
BN-2-2		0.884			2,499.80
SUMA PARCIAL=	5.974	1.591			
	4.383				
CHECK					
BN-1-1	1.080				
PL	0.530	1.885			
PL	0.219	2.200			
BN-9-2		2.124			
SUMA PARCIAL=	1.829	6.209			
	-4.380				
DIFERENCIA=	0.003			COMPENSACION= 0.003	

Tabla 1.3.1 Registros de nivelación por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

## Planimetría y altimetría

### La planimetría

Esta es la parte de la topografía que estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal la posición precisa de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una representación similar al mismo en planos. En este tipo de levantamientos no resultan relevantes las alturas y desniveles entre los puntos.

Las medidas de distancias entre puntos pueden hacerse tradicionalmente con longímetros (cintas). Con los instrumentos de estación total, las medidas se hacen de manera indirecta a través de rayos infrarrojos.

Se ejecutó el levantamiento topográfico, trazando en este caso un eje definitivo, que se utilizó de apoyo para el Levantamiento Planimétrico (elementos fijos) como: árboles con su clasificación, guarniciones, postes de luz, teléfonos, telégrafos, etc.

Estos trabajos se realizaron con estación total, los valores de las coordenadas fueron arbitrarios con rumbo magnético.





## REGISTROS DE PLANIMETRÍA

CAMINO	Proyecto ejecutivo para la pavimentación del camino del Km 0 +000 al Km 2+400 sobre el km 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco-Potla, Ejido al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco-Potla Ejido							
TRAMO	0+000 A 2+400				ORIGE N:	0+000.00		
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
0+110.00								
	1	101.887	356°	5'	30"	P. TELÉFONO	10,008.7196	9,993.7770
	2	86.966	2°	41'		ESQ. PORTAL	10,022.8448	10,005.6202
	3	68.489	3°	27'	18"	ESQ. PORTAL	10,041.3174	10,006.7346
	4	68.387	4°	36'	27"	CASA	10,041.4375	10,008.1097
	5	68.532	14°	59'	10"	CASA	10,042.6998	10,020.4299
	6	58.051	355°	8'	39°	P. TELEFONO	10,052.3392	9,998.3097
	7	20.518	15	20°	37'	CASA	10,089.7413	10,010.8124
	8	20.263	42°	13°	2°	CASA	10,094.0451	10,019.2587
	9	9.765	343°	41°	31°	P. TELEFONO	10,100.6061	10,003.2502
	10	22.959	132°	42°	18°	CASA	10,124.3871	10,024.2582
	11	52.966	169°	32°	26°	MAMPOSTEADO	10,161.2568	10,019.1022
	12	67.535	170°	37°		MAMPOSTEADO	10,175.6987	10,021.3272
	13	80.258	169°	8°	38°	P. TELEFONO	10,187.6342	10,026.1229
	14	78.391	178	56°	10'	P. TELEFONO	10,187.9721	10,012.4593
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	15	69.568	178°	56°	11°	BARDA	10,179.1744	10,011.7909
	16	58.596	185°	25°	17°	BARDA	10,168.3611	10,004.3328
	17	49.471	185°	25°	20°	IGLESIA	10,159.2425	10,004.6732
	18	33.181	208°	18°	22°	IGLESIA	10,139.8716	9,992.4864

	19	25.905	202°	46°	31°	IGLESIA	10,134.2257	9,997.8778
	20	31.884	181°	28°	42°	P. TELEFONO	10,141.6744	10,007.5253
	21	26.892	191°	9°	24°	P. LUZ	10,136.4443	10,002.8377
	22	24.646	278°	9°	30°	IGLESIA	10,107.7096	9,981.9670
	23	48.737	259°	1°	43°	IGLESIA	10,121.8028	9,959.2863
	24	111.371	178°	43°	26°	ESQ. CASA	10,220.8254	10,015.3677
	25	111.810	178°	42°	23°	P. TELEFONO	10,221.2603	10,015.4366
	26	115.303	177°	21°		BANQUETA	10,224.4924	10,018.4332
	27	97.088	177°	32°	39°	BANQUETA	10,206.4082	10,016.2245
	28	97.525	178°	54°	36°	BANQUETA	10,207.0478	10,013.9524
0+347.1 8	0+233.600						10,344.5721	10,005.9489
	29	145.028	353°	6°	4°	CASA	10,199.6577	10,011.6875
	30	137.565	354°	42°	22°	BARDA	10,207.3212	10,015.2401
	31	112.932	356°	16°	28°	BARDA	10,232.1489	10,016.6573
	32	74.959	355°	45°		BARDA	10,269.8889	10,012.3733
	33	73.375	352°	51°	15°	P. LUZ	10,271.2427	10,008.5363
	34	72.566	338°	42°	38°	BARDA	10,273.6243	9,990.7095
	35	87.659	3°	44°	20°	BARDA	10,259.1274	10,025.5270
	36	62.484	4°	35°	53°	BARDA	10,283.8826	10,020.8160
	37	48.358	350°	58°	38°	P. TELEFONO	10,296.2143	10,006.0703
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	38	12.698	327°	12°	8°	P. TELEFONO	10,332.9389	10,000.8589
	39	9.798	301°	50°	40°	P. TELEFONO	10,338.1426	9,998.5555
	40	10.324	280°			MAMPOSTEADO	10,341.1826	9,996.1972
	41	10.949	262°	42°	30°	MAMPOSTEADO	10,344.2139	9,995.0058
	42	21.747	231°	40°		MAMPOSTEADO	10,355.1705	9,986.9593

	43	33.187	226°	21°	33°	MAMPOSTEADO BARDA	10,363.3571	9,978.5902
	44	21.241	231°	16°		P. TELEFONO	10,355.0532	9,987.4739
	45	52.449	221°	29°	50°	BARDA	10,377.8179	9,965.3827
	46	83.280	219°	59°		BARDA	10,399.0440	9,942.9539
	47	99.315	219°	52°	30°	P. TELEFONO	10,409.6741	9,930.9476
0+620	0+460	160.000					10,534.5060	9,814.9230
	48	150.000	357°	42'		BARDA	10,433.4899	9,925.8092
	49	119.600	356°	26'	34"	CASA	10,452.0420	9,901.5478
	50	105.569	357°	1'	40"	P. TELEFONO	10,462.5008	9,892.1245
	51	101.853	356°	6'	34"	CASA	10,463.8505	9,888.2840
	52	57.500	354°	43'	8"	P. TELEFONO	10,493.6249	9,855.3580
	53	50.255	6°	14'		CASA	10,506.5495	9,856.6842
	54	37.958	8°	37'	51"	CASA	10,514.7282	9,847.3213
	55	20.991	344°	42'	26"	MAMPOSTEADO	10,517.2430	9,826.8649
	56	6.500	303°	52'		MAMPOSTEADO	10,528.0436	9,814.2248
	57	10.861	331°	24'	12"	P. TELEFONO	10,524.3917	9,818.8807
	58	25.037	134°	23'		CASA	10,559.4709	9,813.0239
	59	20.453	160°	42'	30"	CASA	10,552.0971	9,804.4885
	60	30.469	164°	11'	40"	CASA	10,559.7179	9,797.8139
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	61	43.857	166°	37'	42"	CASA	10,569.7174	9,788.7773
	62	44.078	164°	24'	56"	CASA	10,570.8830	9,790.0316
	63	54.757	167°	57'	53"	CASA	10,577.6954	9,781.2628
	64	60.737	171°	29'		CASA	10,580.0303	9,774.7170
	65	61.198	168°	6'	35"	CASA	10,582.6803	9,777.1814
	66	69.127	172°	21'		CASA	10,585.6208	9,768.3847

	67	33.572	188°	6'	20"	P. TELEFONO	10,552.2605	9,786.4299
	68	81.851	183°	5'	10"	P. TELEFONO	10,583.7048	9,749.5084
	69	95.401	183°	15'	44"	BARDA	10,591.6147	9,738.5035
	70	98.055	186°	37'	50"	BARDA	10,588.4871	9,733.0645
	71	128.309	183°	12'	46"	P. TELEFONO	10,611.4027	9,712.2093
	72	144.725	183°	16'	11"	BARDA	10,621.1258	9,698.9819
0+900.0 0	0+800	100.000					10,698.7250	9,588.5682
	73	101.581	356°	42'	42"	P. TELEFONO	10,637.6086	9,669.7068
	74	45.000	353°	14'		P. TELEFONO	10,669.5198	9,622.8035
	75	25.576	341°	54'		P. TELEFONO	10,678.6259	9,604.3846
	76	22.020	341°	53'	57"	P. TELEFONO	10,681.4202	9,602.1853
	77	11.087	329°	10'	10"	BARDA	10,688.7155	9,593.3359
	78	12.065	208°	20'		BARDA	10,699.8534	9,576.5561
	79	24.695	45°	7'	15"	CASA	10,703.6150	9,612.7742
	80	10.027	52°	10'	58"	CASA	10,701.9038	9,598.0780
	81	13.010	81°	50'	40"	CASA	10,708.4152	9,597.2492
1+280.0 0	1+180	100.000					10,856.4116	9,250.3327
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	82	106.121	355°	31'	22"	MAMPOSTEADO	10,830.4195	9,353.2214
	83	105.701	356°	36'	14"	MAMPOSTEADO	10,832.4606	9,353.2844
	84	94.309	356°	36'	10"	MAMPOSTEADO	10,835.0402	9,342.1883
	85	81.301	355°	51'	21"	MAMPOSTEADO	10,836.9572	9,329.2718
	86	44.299	347°	37'	20"	P. LUZ	10,839.7609	9,291.3833
	87	30.846	16°	13'		CASA	10,859.9122	9,280.9794
	88	21.341	20°	6'	20"	CASA	10,860.2659	9,271.3228

	89	22.574	30°	49'	19"	CASA	10,864.5461	9,271.3901
	90	21.434	158°	54'		P. TELÉFONO	10,867.3869	9,231.9218
	91	31.680	186°	10'	50"	P. LUZ	10,858.3566	9,218.7125
	92	48.405	159°	47'	30"	BARDA	10,880.5473	9,208.3742
	93	39.382	170°	41'	47"	BARDA	10,869.2357	9,213.0972
	94	40.605	173°	29'		BARDA	10,867.7516	9,211.3434
	95	45.866	176°	36'		BARDA	10,866.8075	9,205.6604
	96	57.870	178°	26'	38"	P. TELEFONO	10,867.7079	9,193.5759
	97	60.480	178°	32'	45"	BARDA	10,868.1118	9,190.9952
	98	61.297	175°	1'	26"	BARDA	10,871.9419	9,191.0357
1+463.0 0	1+380						10,889.7924	9,070.6427
	99	74.224	4°	21'	38"	BARDA	10,878.3864	9,143.9851
	100	68.663	4°	40'	51"	BARDA	10,879.6204	9,138.5481
	101	71.513	351°	55'	58"	CASA	10,863.8531	9,137.2855
	102	58.987	349°	49'	29"	CASA	10,866.3890	9,124.7883
	103	52.074	3°	26'	7"	P. TELEFONO	10,880.9603	9,121.9622
	104	33.024	343°	57'	50"	CASA	10,873.6630	9,099.4599
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
			X	Y				
	105	60.344	344°	30'	54"	CASA	10,860.8274	9,123.5807
	106	27.295	336°	22'	5"	CASA	10,873.4298	9,092.4895
	107	28.366	334°	24'	36"	CASA	10,872.0219	9,092.7524
	108	23.286	322°	26'	10"	CASA	10,871.7563	9,085.3714
	109	29.124	314°	17'	10"	CASA	10,864.8508	9,085.6801
	110	33.418	312°	52'	2"	CASA	10,860.7549	9,087.1832
	111	17.523	310°	55'		P. TELEFONO	10,874.2800	9,078.7926
	112	5.223	70°	9'	30"	P. LUZ	10,894.1707	9,073.4906

	113	58.516	307°	8'	27"	CASA	10,836.3107	9,094.3879
	114	60.149	312°	44'	13"	CASA	10,837.4604	9,100.2950
	115	72.275	304°	34'	44"	CASA	10,822.4905	9,096.9891
	116	75.444	309°	20'	10"	CASA	10,822.0624	9,103.8759
	117	67.298	301°	55'	46"	P. TELEFONO	10,826.0581	9,092.2518
	118	117.197	300°	38'	38"	P. TELEFONO	10,777.9850	9,105.7746
	119	165.288	299°	50'	19"	P. TELEFONO	10,731.4248	9,117.9696
	120	212.143	299°	20'	21"	P. TELEFONO	10,686.0099	9,129.6116
1+840.0 0	1+700	140.000					10,523.7243	9,160.2450
	121	145.284	358°	28'	3"	P. TELEFONO	10,666.6440	9,134.1416
	122	95.263	357°	39'	2"	P. TELEFONO	10,617.6716	9,144.4669
	123	49.146	355°	25'	42"	P. TELEFONO	10,572.4707	9,153.9905
	124	29.020	348°	43'	56"	CASA	10,552.7426	9,159.9333
	125	21.114	345°	37'	16"	CASA	10,544.8183	9,161.1644
	126	22.066	335°	15'	24"	CASA	10,545.2368	9,165.1563
	127	4.902	312°	33'	10"	BARDA	10,527.7119	9,163.0961
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	128	4.547	301°	24'	40"	P. TELEFONO	10,526.8424	9,163.5545
	129	13.000	274°	55'		BARDA	10,527.4817	9,172.6902
	130	12.500	186°	3'	40"	BARDA	10,511.8323	9,164.0961
	131	8.617	115°	6'	24"	BARDA	10,518.5397	9,153.3622
	132	10.073	45°	5'	40"	BARDA	10,529.2138	9,151.7992
	133	31.542	157°	21'	28"	P. LUZ	10,492.7368	9,154.3567
	134	50.233	169°	45'	42"	P. TELEFONO	10,473.5120	9,161.6868
	135	86.050	160°	26'	44"	CASA	10,438.4444	9,148.7582
	136	89.443	154°	45'	25"	CASA	10,436.7018	9,139.5776

	137	93.655	162°	7'	50"	CASA	10,430.5800	9,150.4776
2+020.0 0	1+993						10,344.0441	9,166.1408
	138	78.029	2°	30'	36"	P. LUZ	10,421.0269	9,153.4059
	139	42.890	354°	56'	4"	P. TELEFONO	10,386.9125	9,164.7805
	140	22.147	8°	30'		P. TELEFONO	10,365.3977	9,160.2658
	141	8.700	302°	36'		P. LUZ	10,349.5760	9,172.8556
	142	27.641	184°	14'	28"	P. TELEFONO	10,316.9224	9,171.4738
	143	66.236	195°	30'	28"	P. LUZ	10,282.8018	9,191.3716
	144	79.333	188°	41'	39"	P. TELEFONO	10,267.6251	9,187.4447
	145	80.190	194°	22'	26"	CASA	10,269.3099	9,195.2138
	146	84.469	194°	10'	20"	CASA	10,265.2148	9,196.4879
	147	108.937	187°	3'		CASA	10,238.3123	9,192.3716
	148	109.649	182°	6'	10"	CASA	10,235.7408	9,183.2670
	149	124.475	187°	19'	4"	CASA	10,223.3729	9,196.6773
	150	122.560	189°	79'	13"	P. TELEFONO	10,226.9673	9,202.3897
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
2+300.0 0	2+200	100.000					10,110.4054	9,100.9989
	151	134.955	2°	20'	10"	P. TELEFONO	10,208.5485	9,193.6314
	152	149.138	1°	12'	36"	CANAL	10,216.8300	9,205.4783
	153	148.688		52'	4"	CANAL	10,215.8848	9,205.7949
	154	138.400	359°	41'	8"	CANAL	10,206.5530	9,200.5488
	155	138.759	359°	12'	48"	CANAL	10,205.9766	9,201.5982
	156	128.689	357°	54'	50"	CANAL	10,196.9022	9,196.2835
	157	128.068	358°	13'	6"	CANAL	10,196.9875	9,195.3650
	158	115.217	358°	19'	53"	CANAL	10,188.4667	9,185.7420

	159	114.723	357°	59'	25"	CANAL	10,187.6283	9,185.8399
	160	94.121	356°	51'	58"	CANAL	10,172.3828	9,171.8337
	161	94.228	357°	48'	21"	CANAL	10,173.6080	9,170.8870
	162	86.753	2°	5'	11"	P. TELEFONO	10,173.2345	9,160.8202
	163	85.429	2°	18'	45"	MAMPOSTEADO	10,172.5076	9,159.6626
	164	80.560	356°	17'		CANAL	10,162.8337	9,162.1642
	165	80.616	356°	58'	10"	CANAL	10,163.5993	9,161.5741
	166	53.940	2°	16'	42"	MAMPOSTEADO	10,149.5947	9,138.0626
	167	36.483	2°	40'	30"	P. TELEFONO	10,137.0845	9,125.8833
	168	29.533	4°	6'	37"	MAMPOSTEADO	10,132.4999	9,120.5956
	169	31.938	18°	7'	20"	MAMPOSTEADO	10,138.7195	9,115.7756
	170	28.081	354°	17'	27"	P. LUZ	10,127.9281	9,122.9419
	171	17.873	9°	8'	36"	P. TELEFONO	10,124.7656	9,111.6398
	172	16.892	18°	35'	34"	CASA	10,125.4444	9,108.6910
	173	10.298	34°	30'	32"	CASA	10,120.5082	9,102.9943
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	174	16.704	58°	34'	46"	CASA	10,126.6879	9,097.2703
	175	13.246	343°	57'	54"	CANAL	10,116.6818	9,112.6635
	176	13.641	339°	20'	38"	CANAL	10,115.8802	9,113.4931
	177	8.435	315°	31'	31"	CASA	10,110.3824	9,109.4339
	178	6.076	280°	7'	36"	CASA	10,106.8723	9,105.9421
	179	7.887	277°	23'	54"	CASA	10,105.5190	9,107.1899
	180	13.885	215°	25'	4"	CASA	10,096.7426	9,098.5249
	181	14.196	210°	58'	34"	WC	10,096.6744	9,097.3952
	182	15.810	207°	26'	45"	WC	10,095.3894	9,096.0515
	183	12.197	172°	55'	21"	P. TELEFONO	10,103.0242	9,091.2889
	184	28.192	192°	18'	5"	CANAL	10,086.8640	9,085.4879



	185	28.544	194°	5'	46"	CANAL	10,086.0899	9,086.0484
	186	66.602	180°	52'	55"	P. TELEFONO	10,063.1463	9,054.0692
	187	74.091	187°	6'	23"	BARDA	10,052.4817	9,054.8001
	188	84.460	193°	39'	18"	BARDA	10,038.8000	9,056.2087
	189	74.829	187°	1'	4"	BARDA	10,051.9770	9,054.2495
	190	116.795	183°	28'	38"	P. TELEFONO	10,023.8891	9,022.5387
	191	109.963	183°	3'	35"	BANQUETA	10,029.4903	9,026.5367
	192	123.487	183°	15'	34"	BANQUETA	10,019.2479	9,017.6961
	193	123.388	181°	54'	53"	BANQUETA	10,021.2994	9,015.6483
	194	110.667	181°	56'	52"	BANQUETA	10,030.4419	9,024.4938
	195	109.940	178°	31'	9"	BANQUETA	10,035.6547	9,020.3817
2+431.0 0	2+436						10,011.2173	9,015.4648
	196	171.113	124°	31'	8"	P. TELEFONO	9,997.6055	9,186.0355
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	197	170.854	123°	16'	42"	ORILLA DE CARPETA	9,993.9420	9,185.4432
	198	170.065	120°	54'	29"	ORILLA DE CARPETA	9,987.0391	9,183.8023
	199	154.803	119°	23'	21"	BROCAL	9,985.1551	9,168.0581
	200	153.710	117°	18'	51"	P. LUZ	9,979.8700	9,165.9444
	201	139.800	124°	49'	11"	P. TELEFONO	10,000.8283	9,154.8782
	202	123.717	124°	38'	25"	BROCAL	10,001.6371	9,138.8103
	203	113.499	123°	5'	20"	ORILLA DE CARPETA	9,999.3680	9,128.3436
	204	113.403	119°	34'	1"	ORILLA DE CARPETA	9,992.4720	9,127.3078
	205	101.873	125°	17'	26"	P. TELEFONO	10,004.4818	9,117.1149
	206	77.344	125°	52'	52"	P. TELEFONO	10,006.8993	9,092.6882
	207	75.672	111°	55'	47"	P. LUZ	9,988.9013	9,087.7714
	208	75.300	115°	11'	36"	BROCAL	9,993.1432	9,088.5635

	209	65.482	122°	33'	27"	ORILLA DE CARPETA	10,003.7773	9,080.5228
	210	65.022	116°	24'	9"	ORILLA DE CARPETA	9,996.9457	9,078.9012
	211	52.771	125°	47'	22"	BROCAL	10,008.1869	9,068.1487
	212	45.542	127°	49'	18"	P. TELEFONO	10,010.2160	9,060.9958
	213	12.837	73°		4"	BROCAL	10,000.5649	9,022.6282
	214	12.847	83°	30'	59"	ORILLA DE CARPETA	10,002.0439	9,024.4590
	215	25.842	133°	26'	11"	CASA	10,013.1796	9,041.2322
	216	21.176	124°	45'	36"	REG. TELEFONO	10,009.6216	9,036.5806
	0+217.00	0+017.87	119°	38'	43"	CARPETA	10,008.2882	9,033.0890
	218	15.541	136°	29'		P. TELEFONO	10,013.2194	9,030.8763
	219	11.545	151°	37'	10"	CASA	10,015.6424	9,026.1281
	220	10.195	37°	4'	29"	OBRA	10,001.0286	9,015.1078
	221	10.123	25°	32'	50"	OBRA	10,001.3754	9,013.0957
EST	PUNTO VISADO	DISTANCIA	ANGULO			DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
							X	Y
	222	6.714	121°	14'	34"	OBRA	10,010.3016	9,022.1161
	223	5.085	119°	38'		OBRA	10,010.3826	9,020.4808
	224	15.934	4°	33'	40"	P. LUZ	9,998.0889	9,006.4350
	225	17.526	292°	8'	10"	P. TELEFONO	10,016.3254	8,998.6997
	226	29.606	305°	36'	10"	CARPETA	10,013.0137	8,985.9134
	227	30.075	319°	3'	30"	CARPETA	10,006.0068	8,985.8446
	228	46.746	299°	10'	30"	P. TELEFONO	10,019.2595	8,969.4158
	229	72.796	313°	42'	30"	P. LUZ	10,005.3452	8,942.9060
	230	76.854	304°	8'	7"	CARPETA	10,017.8437	8,938.8970
	231	76.760	309°	17'	30"	CARPETA	10,010.9357	8,938.7053
	232	80.321	300°	53'		P. TELEFONO	10,022.6709	8,935.9646
	233	119.625	307°	8'	30"	CARPETA	10,015.2666	8,895.9084
	234	109.868	301°	35'		P. TELEFONO	10,025.5545	8,906.5363

	235	124.478	303°	52'	6"	CARPETA	10,022.5276	8,891.5017
	236	143.267	308°	45'		P. LUZ	10,012.0462	8,872.2002
	237	140.783	301°	55'	50"	P. TELEFONO	10,028.7425	8,875.7769
	238	167.968	306°	11'	50"	CARPETA	10,019.6693	8,847.7096
	239	172.000	303°	52'		CARPETA	10,026.8505	8,844.1767
	240	171.413	302°	10'		P. TELEFONO	10,031.8544	8,845.2986

**Tabla 1.3.2 Registros de planimetría por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

### **La altimetría**

Esta es la parte de la topografía que mide y determina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a un marco de referencia. Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, siendo en topografía uno de los más comunes el nivel medio del mar o alturas arbitrarias. A las alturas de los puntos sobre esos planos de comparación se les llama cotas, elevaciones o niveles.

Es necesario que en sitio se escojan o se construyan puntos fijos, notables, invariables en lugares convenientes que servirán como referencias durante y después de los estudios topográficos. Estos puntos son llamados Bancos de Nivel.

### **Bancos de nivel**

Se construyen generalmente de concreto, como pequeñas mojoneras, con una varilla o una saliente que defina el punto, o una placa metálica empotrada donde puedan gravarse los datos que identifican al punto, fecha de levantamiento y persona quien realiza la monumentación. Estos puntos deben ser de tal forma permitan que al tomar lecturas con estadal (regla graduada), se apoye en un punto único definido y no en una superficie que puede tener irregularidades que hagan variar la altura.

## **1.4 SECCIONES TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIÓN**

La sección transversal esta definida por la corona, las cunetas, los taludes, las contra cunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía, como se muestra en las siguientes figuras, "Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos E, D,

C, B y A2" y "Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para carreteras tipos A4"

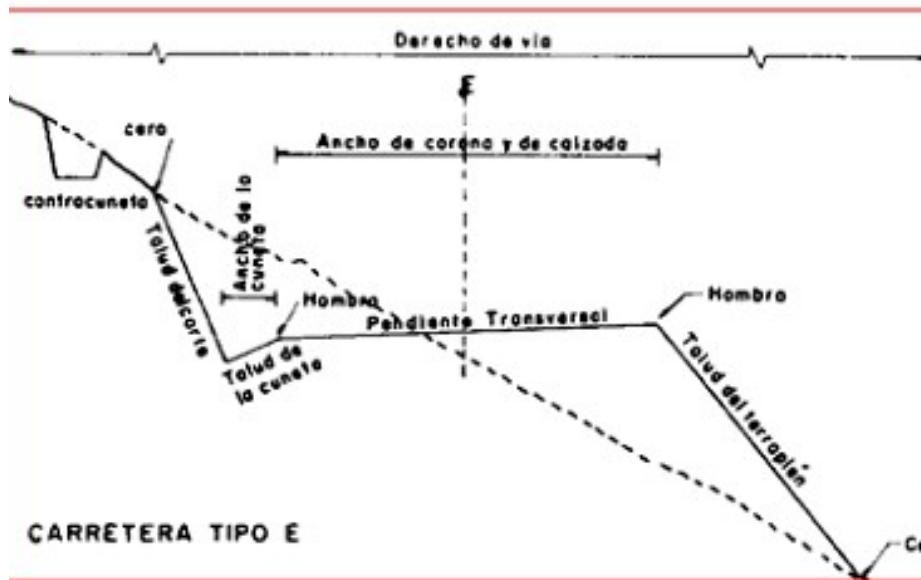


Figura 1.4.1 Secciones transversales, carreteras tipo: E por SCT



Figura 1.4.2 Secciones transversales, carreteras tipo: D, C, B y A2 por SCT

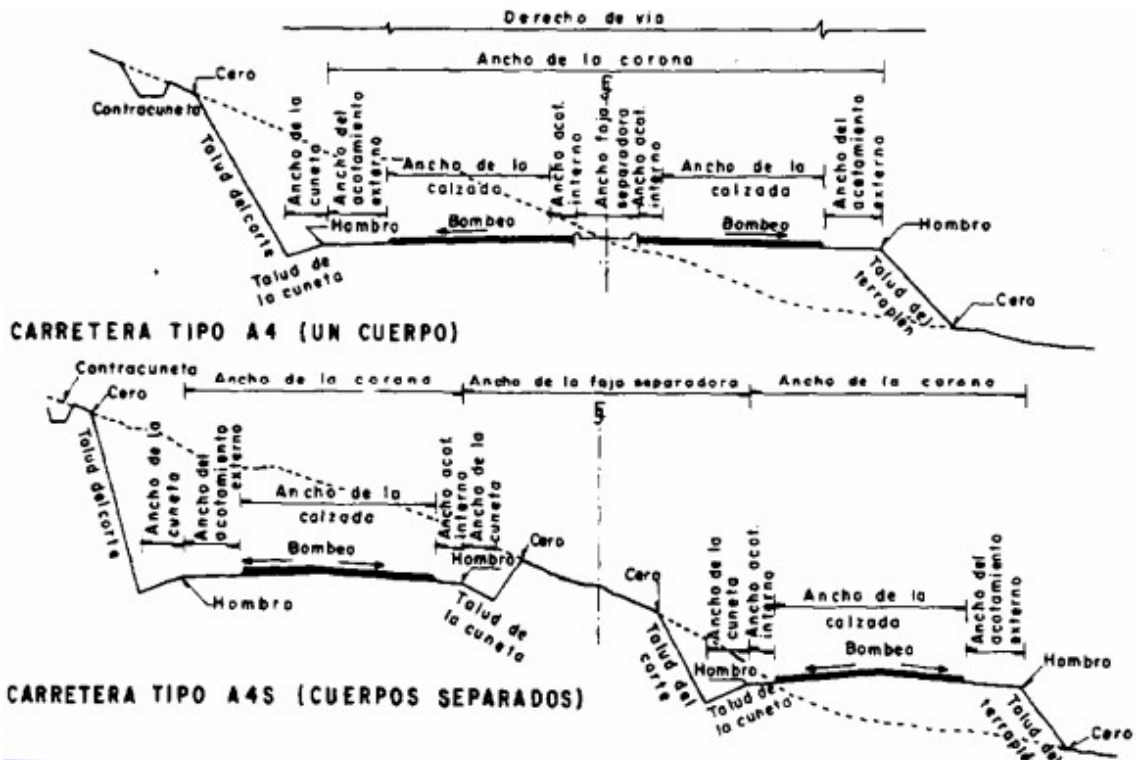


Figura 1.4.3 Secciones transversales, carreteras tipo: A4 por SCT

Corona.- La corona esta definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente transversal, y en su caso, la faja separadora central.

En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser el especificado en la tabla "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central" que continuación se muestra.

Tipo de carretera	Anchos de					
	Corona (m)	Calzada (m)	Acotamientos (m)		Faja separadora central (m)	
E	4.00	4.00	--		--	
D	6.00	6.00	--		--	
C	7.00	6.00	0.50		--	
B	9.00	7.00	1.00		--	
A	(A2)	12.00	7.00	2.50		--
	(A4)	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT	1.00 mínimo
				3.00	0.50	
(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo	

Tabla 1.4.1 Anchos de corona, calzada y acotamientos por SCT México

En curvas y transiciones de alineamiento horizontal el ancho de la corona deberá ser la suma de los anchos de la calzada, de los acotamientos, y en su caso de la faja separadora central.

Calzada.- el ancho de la calzada deberá ser:

- En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en la tabla anterior "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central"
- En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente más una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en las siguientes cuatro tablas "Ampliaciones, sobre elevaciones y transiciones para carreteras"
- En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas.

El ancho en tangente más una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor esta dado por la expresión:

$$A = \frac{L}{\zeta} A_c$$

En donde:

A = Ampliación del ancho de la calzada en un punto de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

L = Distancia del origen de la transición al punto cuya ampliación de desea determinar, en metros

Le = Longitud de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

Ac = Ampliación total del ancho de la calzada correspondiente a la curva circular, en metros.

En tangentes y curvas horizontales para carretera tipo E.

1. El ancho de la calzada en carreteras tipo "E", no requerirá ampliación por curvatura horizontal.
2. Por requisitos operacionales será necesario ampliar el ancho de la calzada, formando libraderos, para permitir el paso simultaneo a dos vehículos, el ancho de la calzada en la zona del libradero será el correspondiente al de la carretera tipo "D".
3. La longitud de los libraderos será de veinte metros más dos transiciones de cinco metros cada una.
4. Los libraderos se espaciaran a una distancia de doscientos cincuenta metros o menos, si así lo requiere la visibilidad entre ellos.

Acotamientos.- El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno, según se indica en la tabla "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central"

Pendiente transversal.- En tangentes de alineamiento horizontal el bombeo de la corona deberá ser:

- a. De menos dos por ciento en carreteras tipo A, B, C, y D pavimentadas
- b. De menos tres por ciento en carreteras tipo D y E revestidas.

Se levantaron con nivel de mano y cinta metálica a cada 20 (veinte) metros e intermedias en donde el terreno natural presenta cambios bruscos, hacia ambos lados del eje de trazo.

Los registros de secciones contienen datos que indican los detalles del terreno natural, ancho de corona del camino existente, sus taludes, elevaciones, cunetas, canales, contracunetas, guarniciones, etc.

El ancho de la sección transversal levantado en todos los casos podrá ser suficiente para desarrollar el proyecto geométrico.

<b>CAMINO:</b>	Proyecto ejecutivo para la pavimentación del camino del Km 0 +000 al Km 2+400 sobre el km 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco-Potla, Ejido al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco-Potla Ejido						
<b>TRAMO:</b>	0+000 A 2+400			<b>FECHA:</b>	DIC / 09		
<b>LEVANTAMIENTO DE SECCIONES TRANSVERSALES DE TERRENO NATURAL</b>							
<b>Estación</b>	<b>Izquierda</b>			<b>Derecha</b>			<b>ELEVACIÓN</b>
	<b>Descripción</b>	<b>Distancia</b>	<b>Desnivel</b>	<b>Distancia</b>	<b>Desnivel</b>	<b>Descripción</b>	





				20.00	-0.60		
0+120.00							2,498.72
		0.00					
		4.40	0.20				
	BARDA	5.70	-0.10				
				2.30	0.00		
				4.00	-0.10		
				7.80	-0.20		
				20.00	-0.30		
0+140.00							2,498.52
		0.00					
		3.90	0.00				
		4.70	-0.20				
		5.10	0.10				
		7.00	0.60				
		20.00	0.60				
				3.00	0.10		
				3.90	-0.20		
				4.70	0.00		
				7.20	0.30		
				16.20	0.30	IGLESIA	
0+160.00							2,498.10
		0.00					
		4.20	0.10				
		5.00	-0.30				
		5.60	0.30				
	CASA	7.20	0.30				
				3.30	-0.10		
				4.00	-0.20		
				5.00	0.40		
				8.20	0.60	IGLESIA	
0+180.00							2,497.64
		0.00					
		4.10	0.10				
		5.50	-0.10				
		6.10	0.20				
		9.10	0.20				
		20.00	0.30				
				2.80	0.00		
				3.50	-0.10		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				6.00	0.00	CASA	
0+200.00							2,497.25
		0.00					
	OC	4.70	0.00				
		5.60	-0.30				
		6.10	-0.10				
		10.90	0.10				
		20.00	0.00				
				5.30	0.00	OC	
				3.90	-0.20		
				4.50	0.20		
				9.30	0.30	CASA	
0+220.00							2,497.29
		0.00					
	OC	3.90	0.10				
		5.40	-0.60				

		6.10	-0.20				
		20.00	-0.30				
				3.40	0.00	OC	
				4.10	-0.30		
				4.10	0.40		
				7.10	0.40		
0+240.00							2,497.11
		0.00					
	OC	2.10	0.00				
		3.40	-0.20				
		3.70	-0.50				
		4.90	-0.10				
	CASA	9.00	0.20				
				4.90	0.10	OC	
				6.20	-0.20		
				6.90	0.10		
				11.00	-0.20	BARDA	
0+260.00							2,497.03
		0.00					
	OC	3.00	0.00				
		3.80	-0.20				
		6.40	-0.10				
		9.10	0.20				
		20.00	0.40				
				4.80	0.00	OC	
				7.30	0.00	BARDA	
0+280.00							2,497.12
		0.00					
	OC	3.80	0.00				
		4.70	-0.40				
		5.60	0.20				
		8.60	-0.10				
		20.00	-0.20				
				3.70	0.10	OC	
				6.10	0.40	BARDA	
0+300.00							2,497.26
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		0.00					
	OC	3.40	0.00				
		4.20	0.20				
		4.21	0.30				
	CASA	5.40	0.30				
				4.30	0.00	OC	
				5.00	-0.30		
				6.80	0.20		
				20.00	0.20		
0+320.00							2,497.60
		0.00					
	OC	2.80	0.00				
		4.00	-0.40				
		5.30	0.20				
	CASA	6.60	0.10				
				4.00	-0.10	OC	
				4.80	-0.20		
				5.50	0.10		
				20.00	-0.30		

0+340.00							2,497.94
		0.00					
	OC	2.90	0.20				
		3.80	-0.30				
	OC	4.40	0.00				
		20.00	0.10				
				4.30	0.10	OC	
				5.40	-0.30		
				6.30	0.00		
				7.40	0.20		
				8.70	0.70		
				20.00	0.60		
0+360.00							2,498.09
		0.00					
	OC	3.90	0.20				
		4.90	-0.40				
		5.60	-0.30				
		5.80	0.20				
		11.30	0.30				
		20.00	0.20				
				4.70	0.00	OC	
				6.00	-0.20		
				7.10	-0.20		
				8.70	0.00		
				20.00	0.30		
0+380.00							2,498.66
		0.00					
	OC	3.50	0.20				
		5.50	0.30				
		11.90	0.10				
		12.30	-0.20				
		13.50	0.20				
		20.00	0.40				
				4.70	0.00		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				6.10	-0.20		
				6.11	0.80	CASA	
0+400.00							2,498.88
		0.00					
	OC	2.70	0.00				
		3.10	-0.20				
		3.70	0.10				
		4.80	0.00				
		20.00	-0.30				
				4.10	0.10	OC	
				5.50	-0.20		
				6.30	0.20	CASA	
0+420.00							2,498.78
		0.00					
	OC	3.50	0.00				
		4.10	-0.10				
		4.20	0.20				
		5.20	0.00				
		20.00	-0.10				
				3.90	0.10	OC	
				4.10	-0.10		
				5.00	-0.10	BARDA	

0+440.00							2,498.70
		0.00					
	OC	3.00	0.00				
		3.70	-0.30				
		4.10	-0.10				
		5.20	-0.20				
		20.00	-0.20				
				3.20	-0.10	OC	
				4.20	-0.20		
				5.00	0.00		
				7.40	0.00	CASA	
0+460.00							2,498.53
		0.00					
	OC	2.00	0.00				
		2.70	-0.30				
		3.10	0.00				
		4.00	-0.20				
		20.00	-0.30				
				5.10	0.10	OC	
				5.50	0.00		
				6.00	0.00		
0+480.00							2,498.42
		0.00					
	OC	2.50	0.00				
		3.20	-0.20				
		3.30	-0.10				
		4.50	-0.20				
		20.00	-0.30				
				4.50	0.20	OC	
				5.70	-0.20		
				6.40	0.10		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				20.00	0.10		
0+500.00							2,498.28
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
		2.90	-0.20				
		3.20	0.10				
		4.30	-0.10				
		20.00	-0.30				
				4.20	0.20	OC	
				6.20	0.20		
				7.30	0.20	CASA	
0+520.00							2,498.16
		0.00					
	OC	2.10	0.00				
		2.80	-0.20				
		3.40	0.00				
		5.40	-0.10				
		20.00	-0.30				
				4.00	0.00	OC	
				4.80	0.00		
				5.10	-0.30		
				7.00	0.00		
				20.00	0.30		
0+540.00							2,497.98
		0.00					

	OC	2.20	0.00				
		2.70	-0.20				
		3.30	0.00				
		8.10	0.20				
				4.10	0.00	OC	
				5.30	-0.20		
				5.90	-0.20		
				6.90	-0.10		
				20.00	0.10		
0+560.00							2,497.74
		0.00					
	OC	2.00	0.10				
		2.90	-0.20				
		3.20	0.20				
		5.00	0.00				
		20.00	-0.10				
				3.90	0.00	OC	
				5.10	-0.20		
				6.00	0.10		
				10.30	-0.20	CASA	
0+580.00							2,497.59
		0.00					
	OC	2.10	0.00				
		2.80	-0.20				
	CASA	5.70	-0.10				
				4.70	0.00	OC	
				5.30	-0.30		
				6.50	0.00		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				20.00	0.20		
0+600.00							2,497.39
		0.00					
	OC	2.00	0.00				
		2.70	-0.40				
		3.90	0.10				
	CASA	19.00	0.10				
				4.40	0.00	OC	
				5.50	-0.30		
				6.00	-0.10		
				15.30	0.10	CASA	
0+620.00							2,497.03
		0.00					
	OC	2.40	0.10				
		3.10	-0.20				
		3.80	0.20				
		6.50	0.30				
		20.00	0.40				
				4.00	0.00	OC	
				5.00	-0.40		
				5.80	-0.10		
				8.00	-0.20		
				20.00	-0.10		
0+640.00							2,496.76
		0.00					
	OC	2.40	0.10				
		3.30	-0.20				
		4.30	0.20				

	CASA	7.00	0.20				
				4.20	0.10	OC	
				4.70	-0.40		
				5.40	-0.40		
				5.50	-0.10		
				7.40	-0.20		
				20.00	-0.20		
0+660.00							2,496.48
		0.00					
		2.80	0.00				
		3.50	0.00				
		4.10	-0.30				
		4.40	0.00				
		20.00	0.10				
				3.80	0.00	OC	
				4.50	-0.20		
				4.90	-0.40		
				5.50	-0.20		
				10.80	-0.10		
				15.00	0.50	CASA	
0+680.00							2,496.06
		0.00					
	OC	3.70	0.20				
		4.30	-0.20				
		5.30	0.20				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
	CASA	9.10	0.00				
				4.10	0.00	OC	
				5.20	-0.30		
				6.00	0.00		
				9.30	0.40		
0+700.00							2,495.25
		0.00					
		3.60	0.10				
		4.40	-0.10				
		5.40	0.30				
		7.00	0.40				
		20.00	0.80				
				4.20	0.10	OC	
				5.40	-0.30		
				6.20	0.20		
				20.00	0.10		
0+720.00							2,494.54
		0.00					
	OC	2.70	0.10				
		3.50	-0.10				
		4.00	0.30				
		6.00	0.50				
		20.00	0.60				
				4.80	0.00	OC	
				5.80	-0.30	BARDA	
0+740.00							2,493.73
		0.00					
	OC	3.30	0.20				
		4.20	-0.20				
		4.60	0.30				
		6.50	0.50				

		20.00	0.70				
				3.90	0.00	OC	
				4.70	-0.50		
				5.20	-0.40		
0+760.00							2,492.89
		0.00					
	OC	3.50	0.10				
		4.40	-0.10				
		10.00	0.80				
		20.00	1.00				
				3.30	0.20	OC	
				4.60	-0.10		
				5.10	-0.20		
				5.11	0.90		
				8.40	0.90	CASA	
0+780.00							2,492.22
		0.00					
	OC	4.00	0.00				
		4.80	-0.40				
		5.40	0.20				
		9.50	0.50				
		20.00	0.90				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				3.70	0.10	OC	
				5.10	0.10		
				6.30	0.30		
				20.00	0.40		
0+800.00							2,491.70
		0.00					
	OC	4.10	0.00				
		4.90	-0.20				
		6.20	0.10				
		20.00	0.30				
				4.00	0.10	OC	
				4.70	0.20		
				4.90	-0.10		
				5.80	-0.10		
				6.80	0.30		
				20.00	0.30		
0+820.00							2,491.21
		0.00					
	OC	3.90	0.00				
		5.00	-0.20				
		6.30	0.00				
		20.00	0.20				
				4.00	0.10	OC	
				4.60	-0.20		
				5.60	-0.20		
				6.50	0.10		
				20.00	0.30		
0+840.00							2,490.74
		0.00					
	OC	3.40	0.00				
		4.60	-0.20				
		5.80	0.20				
		11.50	0.00				
		20.00	-0.10				

				3.80	0.00	OC	
				4.70	-0.10		
				7.10	0.30	CASA CONSTRUCCION	
0+860.00							2,490.39
		0.00					
	OC	3.70	0.00				
		4.40	-0.20				
		4.90	0.00				
		6.80	-0.30				
		20.00	-0.30				
				4.10	0.00	OC	
				5.00	-0.20		
				6.10	0.20		
				20.00	0.30		
0+880.00							2,490.06
		0.00					
	OC	3.50	0.00				
		4.20	-0.30				
		4.70	0.20				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		5.70	-0.10				
		20.00	-0.10				
				4.10	0.00	OC	
				5.10	-0.40		
				6.00	0.10		
				8.40	0.10	CASA	
0+900.00							2,489.71
		0.00					
	OC	3.70	0.00				
		4.30	-0.20				
		4.60	0.10				
	MURO CASA	13.20	-0.10				
				4.30	0.10	OC	
				5.20	-0.40		
				5.70	-0.30	BARDA	
0+920.00							2,489.22
		0.00					
	OC	3.50	0.00				
		4.50	-0.30				
		5.30	0.00				
		8.60	0.20				
		20.00	0.20				
				4.30	0.10	OC	
				5.10	-0.40		
				5.80	0.10		
				6.70	0.20		
				20.00	0.40		
0+940.00							2,488.56
		0.00					
		3.30	0.10				
		4.40	-0.40				
		4.80	-0.10				
		8.60	0.30				
		20.00	0.40				
				4.30	0.00	OC	
				5.40	-0.30		



				6.50	-0.10		
				6.70	-0.30		
				9.40	0.20		
				20.00	0.20		
0+960.00							2,488.00
		0.00					
	OC	3.30	0.10				
		4.70	-0.10				
		9.30	0.30				
		20.00	0.40				
				4.80	0.20	OC	
				6.00	-0.20		
				6.60	0.20		
				11.20	0.40		
				13.40	0.10		
				15.60	0.50		
				20.00	0.50		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
0+980.00							2,487.57
		0.00					
	OC	3.10	0.00				
	OC	4.00	-0.40				
		4.50	0.00				
		9.10	0.10				
		20.00	0.30				
				3.80	0.00	OC	
				10.50	-0.20		
				11.10	-0.40		
				20.00	-0.30		
1+000.00							2,486.82
		0.00					
	OC	3.00	0.10				
		3.70	-0.30				
		4.60	0.10				
		8.20	0.30				
		20.00	0.50				
				3.80	0.00	OC	
				6.10	-0.50		
				7.10	-0.10		
				11.50	-0.20		
				20.00	-0.60		
1+020.00							2,485.93
		0.00					
		2.50	0.10				
		3.90	-0.30				
		4.80	0.30				
		8.30	0.40				
		20.00	0.50				
				5.20	0.00	OC	
				5.80	-0.40		
				6.40	-0.40		
				6.90	0.00		
				9.30	-0.30		
				20.00	-0.30		
1+040.00							2,484.95
		0.00					
		0.80	-0.10				

		1.50	-0.30				
		2.00	-0.10				
		4.00	0.20				
		5.40	0.80				
		8.90	1.10				
		20.00	1.40				
				1.00	0.10	OC	
				6.80	-0.10	OC	
				8.40	-0.10		
				8.80	-0.40		
				9.70	-0.20		
				20.00	-0.20		
1+060.00							2,483.96
		0.00					
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		1.90	-0.10				
		7.80	1.60				
		20.00	1.70				
				6.00	0.00		
				7.70	0.30		
				11.00	0.40	OC	
				20.00	0.40	OC	
1+080.00							2,485.61
		0.00					
		10.00	0.20				
		20.00	0.30				
				8.00	0.10		
				11.80	-0.20		
				16.70	-2.50		
				20.00	-2.70		
1+100.00							2,485.31
		0.00					
		2.50	-0.10				
		10.50	0.00				
		20.00	0.10				
				1.50	0.10		
				8.50	-2.40		
				18.50	-2.90		
				20.00	-3.30		
1+120.00							2,480.38
		0.00					
		10.90	-0.20				
		15.60	0.50				
		20.00	0.30				
				11.70	-0.30		
				20.00	-0.20		
1+140.00							2,482.75
		0.00					
		10.70	-0.30				
		20.00	-0.50				
				3.20	0.10		
				6.10	-0.30		
				7.80	0.20	OC	
				14.40	0.20	OC	
				20.00	-0.50		
1+160.00							2,483.90
		0.00					

		10.00	0.70				
		20.00	1.00				
				1.70	-0.30		
				2.00	-0.60		
				3.30	-0.20	OC	
				10.00	-0.30		
				11.20	-0.60		
				12.50	-0.30		
				20.00	0.60		
1+180.00							2,485.06
		0.00					
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		1.20	0.00				
		1.80	-0.30				
		2.60	0.90				
		3.70	1.20				
		10.10	0.90				
		20.00	0.60				
				5.00	0.20	OC	
				6.00	0.10	MURO CASA	
1+200.00							2,486.94
		0.00					
	OC	1.60	0.00				
		2.20	-0.30				
		4.50	0.20				
		10.10	-0.10				
		20.00	-0.40				
				5.00	0.20	OC	
				5.60	-0.20		
				6.10	0.20		
				9.90	0.40	CASA	
1+220.00							2,488.95
		0.00					
	OC	1.70	0.00				
		2.30	-0.30				
		2.50	0.00				
		10.00	-0.30				
		20.00	-0.60				
				5.10	0.20	OC	
				5.80	-0.20		
				7.10	1.20		
				20.00	1.50		
1+240.00							2,490.68
		0.00					
	OC	1.50	0.00				
		2.50	-0.20				
		3.40	-0.10				
		11.00	-0.40				
		20.00	-0.80				
				4.40	0.20	OC	
				4.90	-0.10		
				6.00	0.80		
				7.80	0.90		
				20.00	1.40		
1+260.00							2,491.86
		0.00					
	OC	2.90	0.00				

		3.70	-0.20				
		4.10	0.00				
	CASA	7.40	0.10				
				3.10	0.20	OC	
				4.10	0.00		
				5.60	0.60		
				10.10	0.90		
				20.00	1.20		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
1+280.00							2,492.77
		0.00					
	OC	4.50	0.10				
		5.30	-0.10				
		6.20	0.20				
		9.60	0.60				
	LOSA CASA	15.50	0.50				
				1.40	0.10	OC	
				2.10	-0.10		
				5.90	0.20		
				4.90	0.60		
				12.70	1.00		
				16.70	1.20	CASA	
1+300.00							2,493.80
		0.00					
	OC	7.20	0.20				
		8.10	0.00				
		9.80	0.10				
		20.00	0.30				
				0.60	-0.10		
				1.40	0.10		
				10.40	0.40		
				20.00	0.60		
1+320.00							2,494.50
		0.00					
	OC	4.50	0.00				
		5.40	-0.10				
	BARDA CASA	5.80	0.20				
				1.70	0.10	OC	
				2.40	-0.10		
				3.20	0.10		
				10.60	0.30		
				20.00	0.40		
1+340.00							2,494.74
		0.00					
	OC	3.50	0.00				
	BARDA CASA	4.70	-0.10				
				2.80	0.10	OC	
				3.50	-0.30		
				4.20	0.00		
				11.40	0.10		
				20.00	0.20		
1+360.00							2,494.82
		0.00					
		2.00	0.00				
		2.50	-0.10				
		3.70	0.00				
		6.10	-0.20				

	CASA CONST.	10.00	0.30				
				3.40	0.10	OC	
				3.80	-0.20		
				4.30	0.00		
				8.70	0.20	CASA	
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
1+380.00							2,494.82
		0.00					
	OC	2.10	0.00				
		2.60	-0.20				
	BARDA	4.60	0.00				
				3.00	0.10	OC	
				3.50	-0.20		
				4.10	0.00		
				8.30	0.20		
				10.20	0.40	CASA	
1+400.00							2,494.79
		0.00					
	OC	2.80	0.00				
		3.30	-0.20				
		3.70	-0.70				
		4.40	-0.70				
		4.60	-0.10				
		11.60	-0.30				
		20.00	-0.40				
				2.50	0.00	OC	
				3.10	-0.20		
				3.60	0.00		
				10.40	0.10		
				20.00	0.00		
1+420.00							2,494.77
		0.00					
	OC	4.50	-0.10				
		4.70	-0.80				
		5.30	-0.80				
		5.60	-0.10				
		11.20	-0.20				
		20.00	-0.40				
				2.00	0.00	OC	
				2.40	-0.20		
				3.00	0.00		
				12.80	0.50	CASA CONST.	
1+440.00							2,494.76
		0.00					
	OC	4.10	0.00				
		5.70	-0.20				
		5.90	-0.70				
		6.50	-0.70				
		6.60	-0.30				
		11.10	-0.10				
		20.00	-0.30				
				6.40	-0.10	OC	
				20.00	-0.10		
1+460.00							2,494.81
		0.00					
	OC	4.00	0.00				

		4.20	-1.00				
		5.30	-1.00				
		5.30	-0.40				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		8.90	-0.20				
		20.00	-0.10				
				2.60	0.00	OC	
				3.50	-0.30		
				4.10	0.00		
				10.40	0.10	PAÑO CASA	
1+480.00							2,494.92
		0.00					
	OC	3.20	-0.10				
		3.70	-0.20				
		4.10	0.00				
		5.20	-0.40				
		11.50	-0.20				
		20.00	-0.20				
				2.90	0.00	OC	
				3.80	-0.30		
				4.30	0.00		
				7.70	-0.20		
1+500.00							2,495.08
		0.00					
	OC	2.70	0.00				
		3.60	-0.20				
		3.70	-0.10				
		5.00	-0.30				
		11.70	-0.20				
		20.00	-0.10				
				3.10	-0.10	OC	
				5.00	0.20		
				9.10	0.30	CASA	
1+520.00							2,495.21
		0.00					
	OC	2.50	-0.10				
		3.40	-0.20				
		3.70	-0.10				
		4.80	-0.30				
		10.60	-0.20				
		20.00	-0.10				
				3.40	-0.10	OC	
				7.60	-0.30		
				20.00	-0.40		
1+540.00							2,495.27
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
		3.00	-0.20				
		3.90	0.00				
		9.70	-0.10				
		20.00	-0.10				
				3.70	-0.10	OC	
				4.30	-0.20		
				4.90	0.00		
				5.50	-0.30		
				11.00	-0.10		
				20.00	-0.20		

Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
1+560.00							2,495.42
		0.00					
	OC	2.20	-0.10				
		3.20	-0.30				
		3.70	-0.20				
		4.60	-0.40				
		10.90	-0.30				
		20.00	-0.20				
				3.70	-0.10	OC	
				4.60	-0.40		
				4.80	-0.10		
				5.50	-0.50		
				10.70	-0.30		
				20.00	-0.40		
1+580.00							2,495.43
		0.00					
	OC	2.20	0.00				
		3.20	-0.30				
		3.50	0.00				
		4.80	-0.30				
		10.50	-0.20				
		20.00	-0.10				
				3.60	-0.10	OC	
				4.30	-0.30		
				4.80	-0.10		
				5.50	-0.40		
				10.30	-0.30		
				20.00	-0.30		
1+600.00							2,495.50
		0.00					
	OC	2.60	0.00				
		3.50	-0.30				
		3.70	-0.10				
		4.70	-0.20				
		11.00	-0.20				
		20.00	-0.10				
				3.50	-0.10	OC	
				4.20	-0.30		
				4.70	-0.10		
				5.00	-0.30		
				11.00	-0.30		
				20.00	-0.30		
1+620.00							2,495.58
		0.00					
	OC	2.60	0.00				
		3.40	-0.30				
		3.70	0.00				
		4.50	-0.30				
		10.50	-0.30				
		20.00	-0.40				
				3.30	0.00		
				4.00	-0.20		
				4.80	-0.10		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				5.20	-0.40		
				11.70	-0.30		

				20.00	-0.30		
1+640.00							2,495.64
		0.00					
	OC	2.90	0.00				
		3.50	-0.30				
		3.80	0.00				
		5.20	-0.20				
		11.50	-0.10				
		20.00	0.00				
				2.90	0.00	OC	
				3.60	-0.20		
				4.50	0.00		
				8.00	0.00	CASA	
1+660.00							2,495.76
		0.00					
	OC	2.60	0.00				
		3.50	-0.30				
		4.00	-0.10				
		11.30	0.00				
		20.00	0.00				
				2.70	0.00	OC	
				3.40	-0.20		
				4.00	-0.10		
				10.50	-0.10		
				20.00	-0.20		
1+680.00							2,495.82
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
		3.20	-0.40				
		3.90	0.20				
		6.00	-0.10				
	PAÑO CASA	9.80	-0.10				
				2.70	-0.10	OC	
				3.30	-0.30		
				4.30	-0.20		
				10.50	-0.30		
				20.00	-0.30		
1+700.00							2,495.83
		0.00					
	OC	2.50	0.00				
		3.00	-0.30				
		3.60	0.10				
	CASA	4.60	0.10				
				3.10	0.00	OC	
				5.10	-0.20		
				8.80	-0.20		
				12.70	0.00	CASA	
1+720.00							2,495.85
		0.00					
	OC	2.60	0.00				
		3.30	-0.30				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		4.90	-0.20				
		6.10	0.10				
		20.00	0.00				
				3.30	0.00	OC	
				4.20	-0.20		



				5.80	-0.40		
				20.00	-0.50		
1+740.00							2,495.92
		0.00					
	OC	2.70	0.00				
		3.20	-0.40				
		3.40	-0.20				
		4.80	-0.30				
		6.30	0.00				
		20.00	0.00				
				3.00	0.00	OC	
				3.70	-0.60		
				4.20	-0.10		
				8.60	0.00		
				8.60	0.30		
				10.00	0.30	CASA	
1+760.00							2,495.88
		0.00					
	OC	1.90	0.00				
		3.00	-0.30				
		3.80	-0.10				
	CASA	7.00	-0.10				
				2.30	0.00	OC	
				3.50	-0.30		
				7.00	-0.20		
				10.60	-0.30		
				20.00	-0.40		
1+780.00							2,495.90
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
		3.80	-0.30				
		4.50	0.00				
		11.30	-0.10				
		20.00	-0.10				
				2.40	0.00	OC	
				3.40	-0.20		
				4.40	-0.40		
				7.00	-0.40	CASA	
1+800.00							2,495.83
		0.00					
	OC	2.70	0.00				
		3.70	-0.30				
		4.10	-0.10				
		10.00	0.00				
		20.00	-0.10				
				2.70	-0.10	OC	
				3.60	-0.20		
				9.60	-0.20		
				20.00	-0.30		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
1+820.00							2,495.80
		0.00					
	OC	2.70	-0.10				
		3.70	-0.30				
		10.00	-0.10				
		20.00	-0.20				
				3.00	-0.10	OC	

				3.70	-0.20		
				5.70	0.00		
				20.00	-0.10		
1+840.00							2,495.71
		0.00					
	OC	1.50	-0.10				
		2.40	-0.30				
		3.10	0.00				
		6.10	0.20				
				3.30	0.00	OC	
				4.60	-0.20	BARDA	
1+860.00							2,495.50
		0.00					
		1.40	0.00				
		2.40	-0.20				
		3.10	0.00				
		11.40	0.10				
		20.00	0.00				
				3.80	0.00	OC	
				4.70	-0.10		
				6.90	-0.30		
				20.00	-0.50		
1+880.00							2,495.51
		0.00					
	OC	1.80	-0.10				
		2.50	-0.30				
		3.00	-0.10				
		9.60	-0.20				
		20.00	-0.10				
				2.80	0.00	OC	
				4.00	-0.20		
				5.90	-0.40		
				20.00	-0.60		
1+900.00							2,495.39
		0.00					
	OC	3.30	0.00				
		4.00	-0.20				
		4.60	0.00				
		5.60	-0.30				
		10.10	-0.20				
		20.00	-0.20				
				1.20	0.00	OC	
				1.80	-0.20		
				2.40	0.00		
				4.00	-0.50		
				7.00	-0.50	CASA	
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
1+920.00							2,495.23
		0.00					
	OC	2.80	0.10				
		3.70	-0.20				
		4.70	0.20				
		10.00	0.30				
		20.00	0.30				
				1.90	0.00	OC	
				2.50	-0.20		
				3.20	0.20		

				4.20	-0.30		
				6.90	-0.60		
				20.00	-0.70		
1+940.00							2,495.13
		0.00					
	OC	1.40	0.10				
		2.70	-0.50				
		3.30	-0.20				
		4.90	0.00				
		20.00	0.30				
				2.00	0.00	OC	
				3.50	-0.50		
				4.30	-0.20		
				6.10	-0.60		
				10.30	-0.70		
				20.00	-1.00		
1+960.00							2,494.99
		0.00					
	OC	1.80	0.10				
		2.70	-0.20				
		3.20	0.10				
		9.60	0.20				
		20.00	0.30				
				2.80	0.00	OC	
				3.70	-0.50		
				4.60	0.00		
				6.00	-0.50		
				20.00	-1.20		
1+980.00							2,495.04
		0.00					
	OC	2.30	0.00				
		3.20	-0.20				
		3.60	0.00				
		4.60	-0.20				
		20.00	0.10				
				2.70	-0.10	OC	
				3.40	-0.40		
				4.20	-0.20		
				6.40	-0.50		
				7.00	-0.80		
				8.70	-0.50	CASA	
2+000.00							2,495.15
		0.00					
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
	OC	2.10	0.00				
		3.00	-0.20				
		3.50	0.00				
		4.70	-0.30				
		20.00	0.10				
				2.30	0.00	OC	
				3.30	-0.10		
				3.90	0.00		
				5.50	-0.30		
				9.50	-0.70		
				20.00	-1.20		
2+020.00							2,495.38
		0.00					

	OC	2.50	0.00				
		3.30	-0.20				
		3.90	0.00				
		4.80	-0.30				
		20.00	-0.20				
				2.70	0.00	OC	
				2.40	-0.10		
				3.30	-0.20		
				8.90	-0.50		
				20.00	-0.90		
2+040.00							2,495.50
		0.00					
	OC	2.00	0.00				
		2.90	-0.20				
		3.20	-0.10				
		4.40	-0.20				
		20.00	-0.10				
				3.10	-0.10	OC	
				4.10	-0.30		
				4.60	0.00		
				5.20	-0.40		
				8.50	-0.60		
				20.00	-1.20		
2+060.00							2,495.77
		0.00					
		1.70	0.00				
		2.70	0.10				
		3.30	-0.10				
		3.70	0.10				
		4.40	-0.10				
		6.10	0.20				
		20.00	0.20				
				2.90	-0.10	OC	
				3.70	-0.40		
				4.00	-0.10		
				5.90	-0.60		
				20.00	-1.30		
2+080.00							2,495.95
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		3.20	-0.10				
		3.80	0.10				
		5.00	-0.30				
		20.00	-0.10				
				2.40	0.00	OC	
				3.60	-0.30		
				4.20	0.00		
				7.00	0.00	CASA	
2+100.00							2,496.01
		0.00					
	OC	2.20	0.10				
		3.20	-0.20				
		4.40	-0.10				
		5.20	-0.30				
		20.00	-0.20				
				2.00	0.00	OC	

				2.60	-0.10		
				3.40	-0.10		
				5.20	-0.30	CASA	
2+120.00							2,495.99
		0.00					
	OC	2.10	0.00				
		3.10	-0.20				
		3.70	0.20				
		5.10	0.00				
		10.10	0.10				
		20.00	0.20				
				3.10	0.00	OC	
				3.80	0.00		
				5.00	-0.30		
				9.80	-0.50		
				20.00	-0.90		
2+140.00							2,495.91
		0.00					
	OC	1.60	0.00				
		2.50	-0.20				
		3.10	0.00				
		5.30	0.00				
		5.31	0.40				
	CASA	6.90	0.40				
				3.90	-0.10	OC	
				4.60	-0.20		
				6.90	-0.30		
				20.00	-0.50		
2+160.00							2,495.88
		0.00					
	OC	3.90	0.20				
		4.90	0.10				
		6.00	0.40				
		8.00	0.20				
		11.90	0.40				
		20.00	0.60				
				2.30	0.10		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				2.31	0.30		
				2.60	0.30		
				2.61	1.10		
				3.70	-0.80		
				3.71	0.20		
				4.00	0.20		
				4.01	-0.50		
				6.80	-0.30	CASA	
2+180.00							2,496.21
		0.00					
	OC	3.50	0.10				
		3.51	0.40				
		3.70	0.40				
		3.71	0.00				
		5.60	0.20				
		10.80	0.40				
		20.00	0.50				
				1.00	0.00	OC	
				2.20	-0.20		

				3.10	-0.60		
				3.20	0.20		
				3.50	0.20		
				3.51	-1.30		
				4.00	-1.30		
				4.01	-0.30		
				4.80	-0.50		
				10.00	-0.40	CASA	
2+200.00							2,496.61
		0.00					
	OC	2.30	0.10				
		4.50	0.30				
	PAÑO CASA	8.10	0.40				
				2.00	-0.10	OC	
				3.50	-0.40		
				4.20	-1.50		
				4.50	-1.50		
				4.51	-0.20		
				4.80	-0.20		
				8.70	-0.30	CASA	
2+220.00							2,496.79
		0.00					
	OC	2.30	0.10				
		3.00	-0.10				
		3.01	1.00				
		3.40	1.00				
		3.41	0.20				
		6.20	0.10				
		20.00	0.30				
				2.40	0.00	OC	
				3.10	-0.50		
				4.30	-1.10		
				5.10	-1.20		
				5.30	-0.30	MURO CASA	
2+240.00							2,497.06
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		0.00					
	OC	2.50	0.00				
		2.51	1.00				
		2.90	1.00				
		2.91	0.30				
		7.40	0.10				
		20.00	0.20				
				2.60	0.00	oc	
				3.50	-0.30		
				4.20	-1.20		
				5.20	-1.10		
				6.20	-0.30		
				8.10	-0.50		
				20.00	-0.50		
2+260.00							2,497.39
		0.00					
	OC	2.00	0.00				
		2.01	0.90				
		2.40	0.90				
		2.41	0.00				
	CASA	5.90	0.00				

				2.70	0.10	OC	
				3.20	0.00	OC	
				3.80	-0.90		
				4.80	-0.90		
				6.00	-0.50		
				6.60	-0.50		
2+280.00							2,497.69
		0.00					
	OC	2.40	0.10				
		3.10	-0.40				
		4.00	0.00				
		10.00	0.00				
		20.00	0.20				
				3.00	0.10	OC	
				3.01	-0.80		
				3.60	-0.90		
				4.20	-1.00		
				4.70	-0.70		
				5.80	-0.40		
				6.30	-0.30		
2+300.00							2,497.72
		0.00					
	OC	1.20	0.00				
		2.00	-0.10				
		2.70	0.20				
		9.60	0.30				
		20.00	0.60				
				3.90	-0.10		
				4.60	-0.20		
				4.60	-1.00		
				5.30	-1.00		
				5.50	-0.30		
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
				7.90	-0.10	CASA	
2+320.00							2,497.89
		0.00					
	OC	1.30	0.00				
		2.30	-0.10				
		3.40	0.00				
		6.80	0.20				
		20.00	0.30				
				3.70	0.00	OC	
				6.10	0.10		
				9.80	-0.30		
				20.00	-0.30		
2+340.00							2,497.99
		0.00					
	OC	3.20	0.00				
		2.90	-0.20				
		3.50	0.00				
		10.50	0.20				
		20.00	0.30				
				2.50	0.00	OC	
				3.10	-0.10		
				3.90	-0.50		
				4.80	-0.50		
				5.00	-0.20		

				6.10	-0.60		
				20.00	-0.50		
2+360.00							2,498.11
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
		2.90	-0.20				
		3.40	0.00				
		10.00	0.20				
		20.00	0.40				
				2.50	0.00	OC	
				3.30	-0.50		
				4.20	-0.60		
				4.40	-0.10		
				5.30	-0.10		
				6.00	-0.40		
				20.00	-0.20		
2+380.00							2,498.20
		0.00					
	OC	2.40	0.00				
		2.90	-0.10				
		3.60	0.10				
		20.00	0.10				
				2.00	0.00	OC	
				2.80	0.10		
				3.40	-0.50		
				4.80	-0.50	BARDA	
2+400.00							2,498.55
		0.00					
	OC	2.20	0.00				
Estación	Descripción	Distancia	Desnivel	Distancia	Desnivel	Descripción	Elevación
		3.00	0.00				
	CASA	10.60	0.30				
				3.00	0.00	OC	
				3.80	-0.70		
				4.60	-0.70	BARDA	
2+420.00							2,498.83
		0.00					
	OC	1.80	0.00				
		3.10	0.10				
		0.31	0.30				
	CASA	6.20	0.30				
				3.40	0.00	OC	
				3.90	-0.70		
				5.40	-0.70	BARDA	
2+460.00							
		0.00					
	OC	7.40	0.00				
		15.30	-0.40				
		20.00	-0.50				
				6.00	0.00	OC	
				10.30	-0.60		
				15.10	-0.90		
				20.00	-1.00	PU	

Tabla 1.4.2 Levantamiento de secciones transversales de terreno natural por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.



## 1.5 TERRACERÍAS

Calculo de volúmenes.- Con el área de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de áreas extremas sumando dos áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas.

Movimiento de terracerías.- Esta fundamentado en los volúmenes a mover en relación a las distancias de acarreo, para ello intervienen diferentes conceptos de los cuales dependerá la economía del proyecto.

a. Acarreo libre.- Es la distancia a la que se hace el movimiento de un volumen sin requerir de trabajos elaborados o en el caso de contratos sin llegar a un pago adicional, actualmente en México esta fijado para una longitud no mayor de 20 metros.

b. Sobre acarreo.- Es el transporte de los materiales a una distancia mayor a la del acarreo libre y se obtiene multiplicando el volumen a mover por la distancia que hay del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén; de acuerdo a la distancia que se tenga que mover se puede hacer con camión o maquinaria.

c. Préstamo lateral.- La diferencia que se necesite para formar un terraplén al no compensarlo con un corte requerirá de un volumen adicional, denominado préstamo que se obtendrá de la parte lateral del camino.

d. Préstamo de banco.- Se presenta en las mismas condiciones que el anterior solo que por la calidad del material o por no encontrarlo sobre el camino se utilizara de un lugar especial según convenga, por lo general este acarreo se realiza con camiones.

Se procedió a realizar los cálculos y a dibujar lo levantado para posteriormente ejecutar las siguientes actividades: dibujo de las plantas de trazo a escala 1:500, sobre el levantamiento topográfico dibujando la geometría horizontal la cual también contiene la siguiente información: sección tipo, datos de trazo, referencias, norte, croquis de localización, escala gráfica, pié de plano, simbología, coordenadas X - Y, notas, dibujo definitivo.

Para el proyecto geométrico se tomó en cuenta la construcción de banquetas en todo el proyecto, ya que se encuentra ubicado en zona suburbana.

**El levantamiento de la planta geométrica, así como los cuadros de construcción se presentan en el anexo A.**

### 1.5.1 Cálculo y dibujo de rasantes (perfiles)

La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los terraplenes. Las pendientes se proyectan al décimo con excepción de aquellas en las que se fije anticipadamente una cota a un PI determinado.

Las pendientes ascendentes se marcan positivas y las descendentes con el signo inverso, teniendo en cuenta para su magnitud las especificaciones de pendiente, evitando el exceso de deflexiones verticales que desmerita la seguridad y comodidad del camino o el exagerado uso de tangentes que resultaría antieconómico.

Las condiciones topográficas, geotécnicas, hidráulicas y el costo de las terracerías definen el proyecto de la subrasante, por ello se requiere, el realizar varios ensayos para determinar la más conveniente. Una vez proyectada las tangentes verticales se procede a unir las mediante curvas parabólicas.

### **Determinación económica de la subrasante.**

Después del proyecto de la subrasante, se calcula el espesor que es la diferencia entre la cota del terreno natural y la cota de proyecto. Con el espesor se dibujan las secciones de construcción para calcular su área y con esta los volúmenes de corte y terraplén iniciándose así el procedimiento de la determinación económica de la subrasante que consiste establecer proporción para el proyecto del alineamiento vertical cuidando los costos y la calidad de los materiales según convenga al movimiento de terracerías.

Con la información del perfil de terreno natural y de acuerdo a los puntos obligados se proyectó la rasante, en base a las necesidades surgidas durante el desarrollo y revisiones del proyecto, los planos contienen el alineamiento vertical, tirilla de datos, perfiles de terreno natural y del proyecto de la rasante, simbología, notas y pié de plano.

La rasante de proyecto tiene en cuenta los accesos a casas-habitación y calles transversales.

**El plano del dibujo de la rasante y de la estratigrafía del terreno de la carretera se presentan en el anexo B de esta tesina.**

### **1.5.2 Secciones de Construcción**

La determinación de las secciones de construcción de una carretera, es un procedimiento sencillo pero laborioso ya que a cada veinte metros de nuestra línea del camino, se tendrá que determinar veinte metros a la izquierda y veinte metros a la derecha la intersección de las curvas de nivel, el objeto que sean veinte metros los que se tengan que determinar hacia los lados, obedece a que

por disposición federal, todos los caminos de carreteras federales comprenden veinte metros hacia la izquierda y derecha del centro del camino.

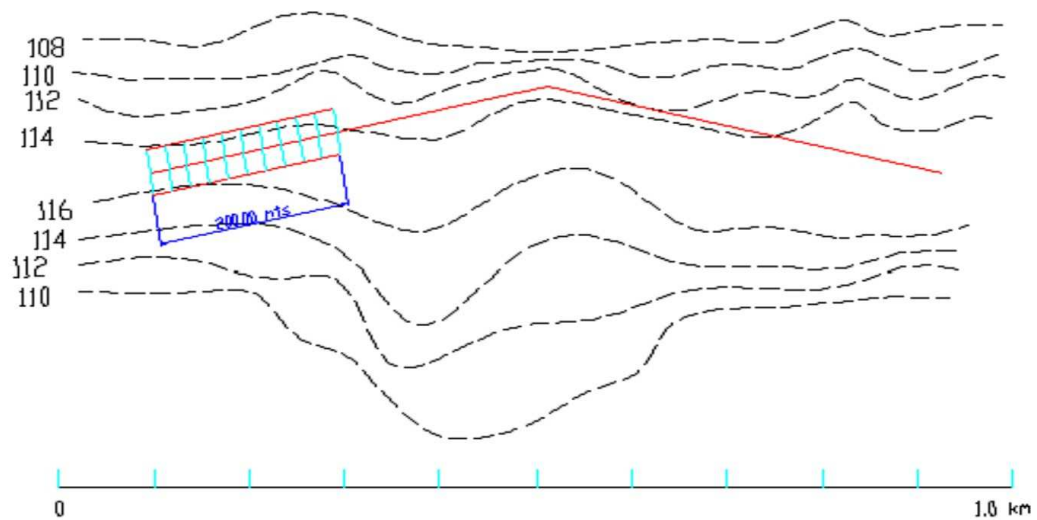


Figura 1.5.1 Secciones de construcción en un tramo de 200 m

Las secciones de construcción determinadas, son necesarias para el cálculo de la curva masa, en estas se ubicará nuestro camino como se muestra a continuación, con una sección tipo para carreteras D, C, B y A2.

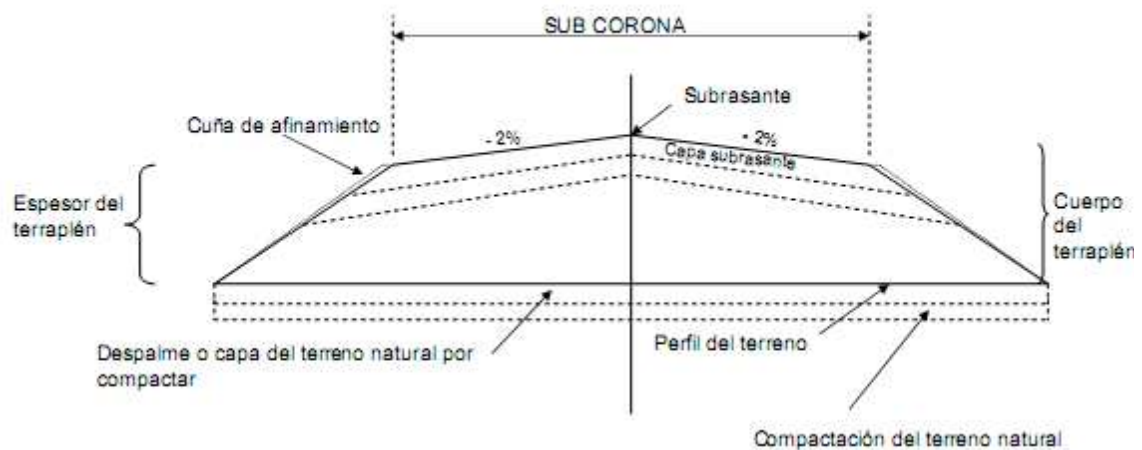


Figura 1.5.2 Sección de construcción de un terraplén en tangente por SCT

Otro de los aspectos por lo que es necesario la determinación de las secciones de construcción, es el hecho de que esta son los indicadores de la cantidad de corte y terraplén necesarios en el camino.

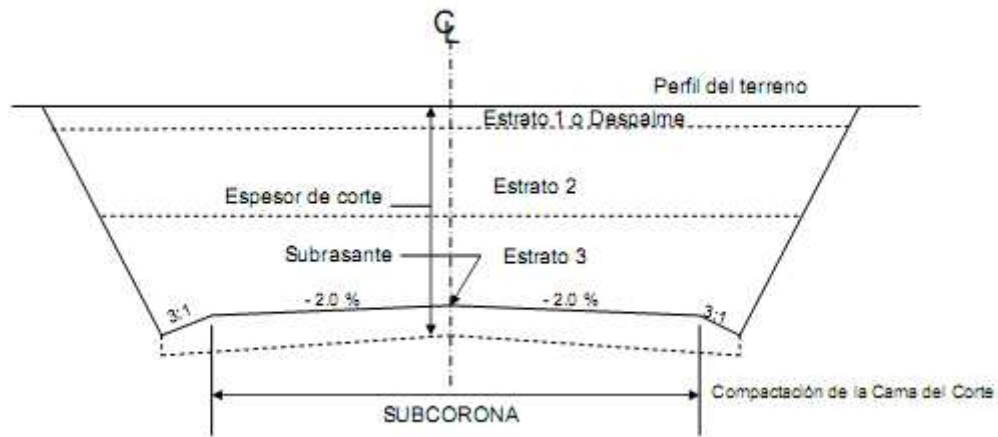


Figura 1.5.3 Sección de construcción de un terraplén en tangente por SCT

Se proyectó de acuerdo a los puntos obligados como las ligas con los tramos de conexión, estructuras existentes o de proyecto, accesos a comercios y casas habitación plasmándose sobre el plano de secciones de terreno natural a las mismas escalas, en las cuales aparece además de la geometría de la sección, las áreas de cada capa que compone la estructura de pavimento.

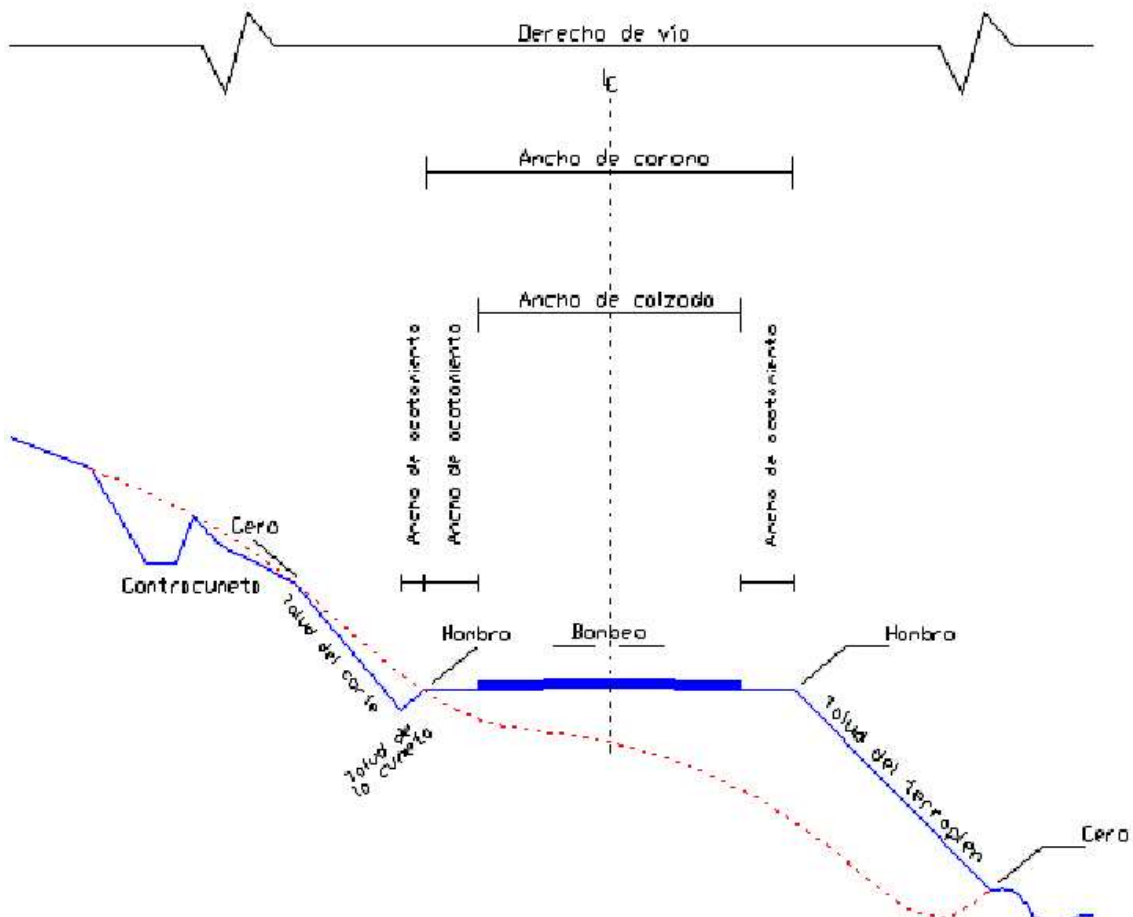


Figura 1.5.4 Elementos de la sección transversal para carreteras tipo D, C, B y A2 por SCT

**El plano del proyecto de las secciones de construcción se presentan en el anexo C.**

### **1.5.3 Curva masa**

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como ábsidas se toma el mismo cadenamiento utilizado en el perfil.

Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de abundamiento a los cortes o aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén.

El procedimiento para el proyecto de la curva masa es como sigue:

1. Se proyecta la subrasante (o rasante en su caso) sobre el dibujo del perfil del terreno.
2. Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte o terraplén.
3. Se dibujan las secciones transversales topográficas (secciones de construcción).
4. Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
5. Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos.
6. Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
7. Se dibuja la curva con los valores anteriores.

#### **Dibujo de la curva masa.**

Se dibuja la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las ábsidas en el sentido horizontal utilizando el mismo dibujo del perfil.

Cuando esta dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más los volúmenes cuando la misma línea compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarrees muy largos que resultan mas costosos que otras alternativas.

### Determinación del desperdicio:

Cuando la línea compensadora no se puede continuar y existe la necesidad de iniciar otra, habrá una diferencia de ordenadas.

Si la curva masa se presenta en el sentido del cadenamamiento en forma ascendente la diferencia indicara el volumen de material que tendrá que desperdiciarse lateralmente al momento de la construcción.

### Determinación de los préstamos:

Se trata del mismo caso anterior solo que la curva masa se presentara en forma descendente, la decisión de considerarlo como préstamo de un banco cercano al camino o de un préstamo de la parte lateral del mismo, dependerá de la calidad de los materiales y del aspecto económico, ya que los acarrees largos por lo regular resultan muy costosos.

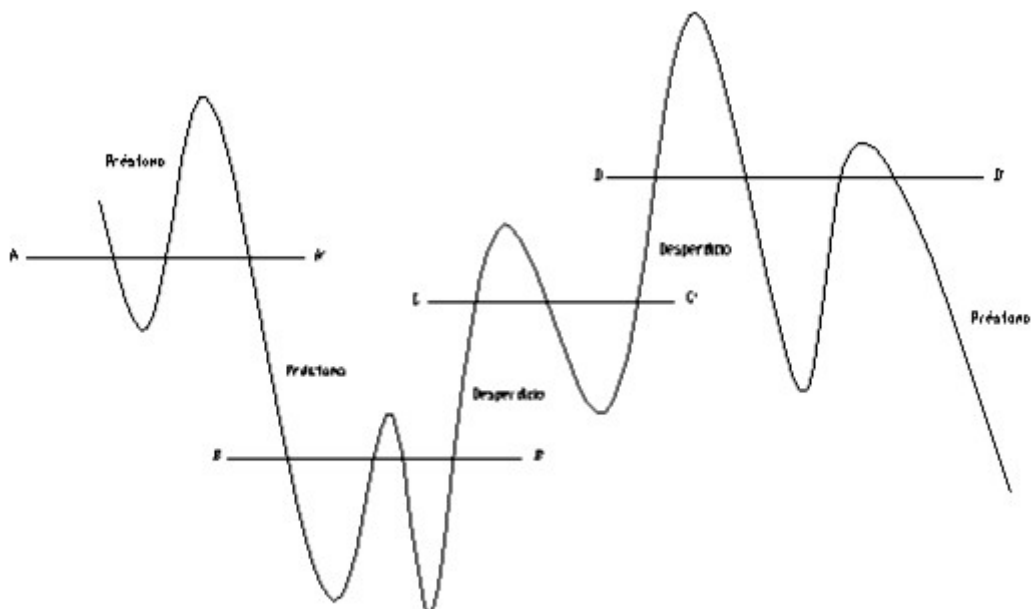


Figura 1.5.5 Esquema de préstamos y acarrees

### Determinación del acarreo libre:

Se corre horizontalmente la distancia de acarreo libre 20 metros, de tal manera que toque dos puntos de la curva, la diferencia de la ordenada de la horizontal al punto más alto o mas bajo de la curva, es el volumen.

### Determinación del sobre acarreo:

Se traza una línea en la parte media de la línea horizontal compensadora y la línea 64 horizontal de acarreo libre.

La diferencia de abscisas X – B será la distancia a la que hay que restarle el acarreo libre para obtener la distancia media de sobre acarreo convertida en estaciones y aproximada al décimo.

El volumen se obtendrá restando la ordenada de la línea compensadora A –B a la de la línea de acarreo libre a-b.

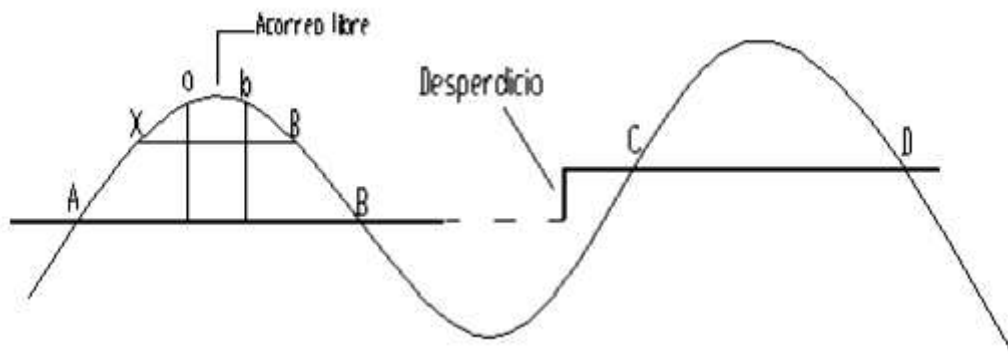


Figura 1.5.6 Esquema de cálculo de acarreo libre y desperdicios

### Propiedades de la curva masa:

1. La curva crece en el sentido del cadenamamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
2. En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentara un máximo y un mínimo respectivamente.
3. Cualquier línea horizontal que corta a la curva en dos extremos marcara dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en este tramo por lo que serán iguale los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
4. La diferencia de ordenada entre dos puntos indicara la diferencia de volumen entre ellos.

5. El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.
6. Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente de camino lo permita.

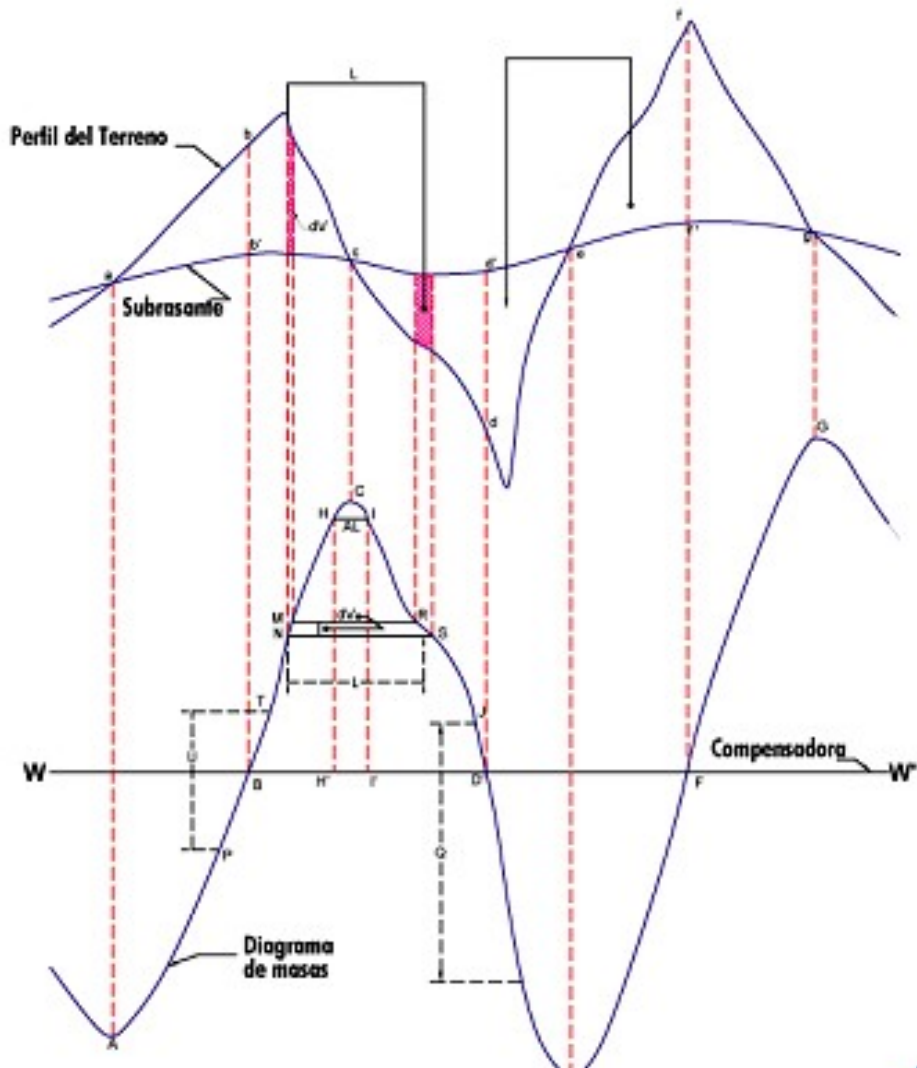


Figura 1.5.7 Propiedades de la curva masa

Los registros y cálculos de la curva masa del presente proyecto se ubican en el anexo D.



## **CAPITULO II ESTUDIOS DE GEOTECNIA**

### **2.1 GENERALIDADES**

Suelo:

- Es un conjunto de agregados de partículas con organización definida y propiedades que varían “vectorialmente”.
- Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves.
- Quedan excluidas rocas y depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie.
- El agua juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

Juárez B. y Rico R.

El tipo de suelos existente en el sitio determinará en gran medida la estructura del pavimento a construir. Así, en la gran mayoría de los casos, por condiciones de trazo geométrico, topografía y calidad de los suelos naturales de apoyo, es necesario colocar una capa de transición sobre la cual se construya el pavimento en cuestión. Esta capa generalmente será de mejores características de resistencia y de deformación que los suelos existentes en la zona.

En los suelos se tiene no solo los problemas que se presentan en el acero y concreto (módulo de elasticidad y resistencia a la ruptura), y exagerados por la mayor complejidad del material, sino otros como su tremenda variabilidad y que los procesos naturales formadores de suelos están fuera del control del ingeniero.

### **Clasificación**

Dada la complejidad, y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica debe ir precedido por otro de clasificación completa.

Aun así la Mecánica de Suelos desarrolló estos sistemas de clasificación desde un principio. Primeramente, dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos; nacieron así varios sistemas y los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente.

Es evidente que un sistema de clasificación que pretenda cubrir hoy las necesidades correspondientes debe estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser éstas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. A la vez esta base debe ser preponderantemente cualitativa, puesto que un sistema que incluyese relaciones cuantitativas y de detalle respecto a las propiedades mecánicas, resultaría sin duda, excesivamente complicado y de engorrosa aplicación práctica; además un sistema útil de clasificación debe de servir para normar el criterio del técnico respecto al suelo del que se trate, previamente a un conocimiento más profundo y extenso de las propiedades del mismo.

Para llegar a una clasificación de suelos es imprescindible realizar los ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg que se verán a continuación.

### Análisis granulométrico

Es la distribución porcentual de los tamaños de partículas que conforma un suelo, realizado con ayuda de un juego de mallas que tienen un tamaño graduado establecido por las normas ASTM y AASHTO, su objetivo es determinar cuantitativamente el tamaño de las partículas de los agregados gruesos y finos como son las gravas, arenas, limos y arcillas.

Si bien se realiza una distribución de tamaños, esto no incide en la forma que puedan tener los granos de suelo, ya que al retener material en una malla se observa diferentes tamaños y el porcentaje que se calcula esta basado estrictamente en los pesos que se retiene en la malla, referido al peso total que se utiliza en el ensayo.

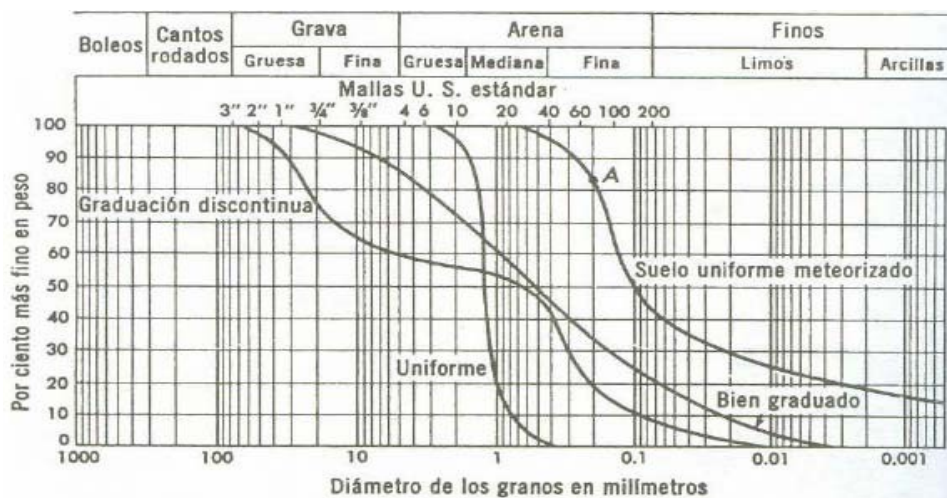


Figura 2.1.1 Esquema de clasificación norma ASTM

## **Limites de Atterberg**

Los suelos que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-sólido, plástico y líquido. El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro.

El método usado para medir estos límites se conoce como Método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados se denominan límites de Atterberg. Ellos marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre los cuatro estados mencionados anteriormente.

De estos límites los más conocidos y usados en la práctica de ingeniería son los límite líquido y límite plástico cuyos valores definen el índice de plasticidad (IP) como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico ( $IP = LL - LP$ ).

Sin la determinación de estos límites denominados límites de Atterberg es imposible realizar una clasificación del suelo, a menos de que este no presente plasticidad alguna, como es el caso de los suelos gravosos.

## **Límite líquido**

El límite líquido está definido como el contenido de humedad con el cual una masa de suelo colocada en un recipiente en forma de cuchara (aparato de Casagrande), se separa con una herramienta patrón (ranurador), se deja caer desde una altura de 1 cm. y sufre el cierre de esa ranura en 1 cm. después de 25 golpes de la cuchara contra una base de caucho dura o similar.

El límite líquido de un suelo da una idea de su resistencia al corte cuando tiene un determinado contenido de humedad. Un suelo cuyo contenido de humedad sea aproximadamente igual o mayor a su límite líquido, tendrá una resistencia al corte prácticamente nula.

La muestra de ensayo debe ser igual o mayor que 100 grs. y pasar completamente por el tamiz de 0,5 mm. (malla N°40 ASTM).



**Figura 2.1.2** Copa de Casa Grande para la determinación del LL.

### **Limite plástico**

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro de éste, se rompe o resquebraja al amasado presentando un diámetro de aproximadamente 3 mm.

Esta prueba es bastante subjetiva, es decir, depende del operador, el cual debe ayudarse con un alambre u otro material de 3 mm. de diámetro para hacer la comparación y establecer el momento en que el suelo se resquebraja y presenta el diámetro especificado.

La muestra necesaria para realizar este ensayo deberá tener un peso aproximado de 20 grs. y pasar completamente por el tamiz de 0,5 mm. (malla N° 40 ASTM).

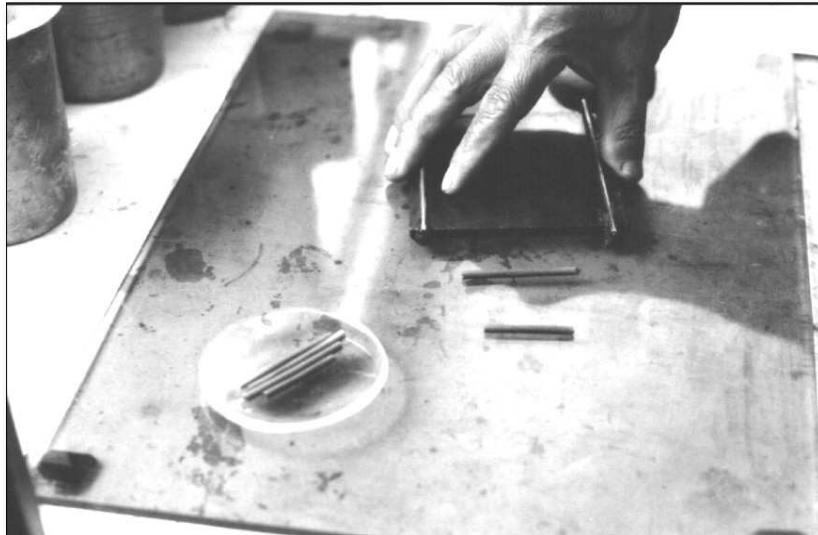


Figura 2.1.3 Determinación del límite plástico.

↑ Crece la $w$	Estado líquido	⇒	Límite líquido	$W_L$	LL
	Estado plástico	⇒	Límite plástico	$W_P$	LP
	Estado semi – sólido	⇒	Límite de retracción	$W_S$	LR
	Estado sólido				

Tabla 2.1.1 Límites para los estados en suelos finos

### Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

Inicialmente se tienen suelos granulares o finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3" =75 mm; el suelo es fino cuando más del 50% pasa el T#200, si no, es granular.

a. Los suelos granulares se designan con los siguientes símbolos

Prefijos

G	Grava	El 50% o más es retenido en el T4
S	Arena	Sí más del 50% pasa el T4

Sufijos

W	bien gradado		P	mal gradado	Depende del $C_u$ y $C_c$
M	Limoso		C	Arcilloso	Depende de $W_L$ y el IP

Tabla 2.1.2 Símbolos del SUCS, suelos gruesos

Si menos del 5% pasa el T200, los sufijos son W o P, según los valores de Cu y Cc. Si más del 12% pasa el T# 200, los sufijos son M o C, dependiendo de WL e IP. Si el porcentaje de finos está entre el 5% y el 12%, se utilizan sufijos dobles (clase intermedia).

b. Los suelos finos se designan con estos símbolos

Prefijos		Sufijos	
M	Limo	L	Baja plasticidad (WL < 50%)
C	Arcilla	H	Alta plasticidad (WL > 50%)
O	Orgánico	En la carta de plasticidad separados por la línea B.	

**Tabla 2.1.3 Símbolos del SUCS, suelos finos**

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW :	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP :	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.
GM :	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC :	Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas.
SW :	Arena bien gradada.
SP :	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM :	Arenas limosas, mezclas arena – limo.
SC :	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.
ML :	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
CL :	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL :	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH :	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH :	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
OH :	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Pt :	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

**Tabla 2.1.4 Nombres asignados de acuerdo al SUCS**

Por considerar de importancia delinear aquí algunos criterios de identificación y clasificación de los tipos de suelo más comunes encontrados, a continuación se describen los suelos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS.

Grupo	VALORACIÓN ATRIBUTOS				APTITUDES SEGÚN USOS	
GW	+++	++	+++	+++	Mantos de presas, terraplenes, erosión de canales.	
GP	++	+++	++	+++	Mantos de presas y erosión de canales.	
GM	++	-	++	+++	Cimentaciones con flujo de agua.	
GC	++	--	+	++	Núcleos de presas, revestimientos de canales.	
SW	+++	++	+++	+++	Terraplenes y cimentación con poco flujo.	
SP	m	++	++	++	Diques y terraplenes de suave talud.	
SM	m	-	++	+	Cimentación con flujo, presas homogéneas.	
SC	++	--	+	+	Revestimiento de canales, capas de pavimento	
ML	m	-	M	m	Inaceptable en pavimentos, licuable.	
CL	+	--	M	m	Revestimiento de canales, pero es erodable.	
OL	m	-	--	m	No recomendable, máximo si hay agua.	
MH	--	-	-	---	Inaceptable en cimentaciones o bases (hinchable)	
CH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentación (hinchable)	
OH	--	--	--	---	Inaceptable en cimentaciones o terraplenes.	
<b>CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES</b> Facilidad de tratamiento en obra	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Sobresaliente	+++	
				Muy alto	++	
				Alto	+	
				Moderado	m	
				Deficiente	-	
				Bajo	--	
				Muy bajo	---	

Tabla 2.1.5 Aptitudes de los diferentes tipos de suelo de acuerdo al SUCS.

### Principales propiedades en los suelos demandadas por el ingeniero.

Estabilidad volumétrica: Los cambios de humedad son la principal fuente: Se levantan los pavimentos, inclinan los postes y se rompen tubos y muros.

Resistencia mecánica: La humedad la reduce, la compactación o el secado la eleva. La disolución de cristales (arcillas sensitivas), baja la resistencia.

Permeabilidad: La presión de poros elevada provoca deslizamientos y el flujo de agua, a través del suelo, puede originar tubificación y arrastre de partículas sólidas.

Durabilidad: El intemperismo, la erosión y la abrasión amenazan la vida útil de un suelo, como elemento estructural o funcional.

Compresibilidad: Afecta la permeabilidad, altera la magnitud y sentido de las fuerzas interpartícula, modificando la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y provocando desplazamientos.

Las anteriores propiedades se pueden modificar o alterar de muchas formas: por medios mecánicos, drenaje, medios eléctrico, cambios de temperatura o adición de estabilizantes (cal, cemento, asfalto, sales, etc.).

### **Otras propiedades de interés**

Algunas otras propiedades de los suelos a emplear como relleno o terracerías para dar el nivel de rasante de proyecto nuevo, o cuando se trate de dictaminar la factibilidad de los suelos existentes, son las siguientes:

#### **\* Contracción lineal:**

Indica de manera cualitativa la actividad de la porción fina del suelo. La contracción lineal del suelo puede ser definida como la disminución de las dimensiones de la masa de un suelo dado al reducirse el contenido de agua correspondiente a su límite líquido de contracción. El cambio de dimensiones respecto a su longitud original se expresa como porcentaje. Dependiendo de la zona granulométrica en donde se ubique el suelo y atendiendo las regiones permisibles de la S.C.T. para cada una de las capas de un pavimento, los valores máximos aceptados van de 3.0 a 6.0%, siendo este último valor el correspondiente a la zona 1. Para determinar la contracción lineal de los suelos, consúltese "Normas de Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas", S.C.T., Libro 6, 002-1.06, pp. 109., o la más vigente.

#### **\* Equivalente de arena:**

Prueba para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos a utilizar. Consiste en ensayar los materiales que pasan la malla No 4 en una probeta estándar parcialmente llena de una solución que propiciará la sedimentación de los finos. La solución está formada por cloruro de calcio (material floculante), porción de formaldehído (para esterilizar la solución), y glicerina, para dar una mayor estabilidad a la solución. Normalmente las normas de calidad de la S.C.T. exigen valores mínimos del equivalente de arena de 20. Para su ejecución paso a paso ver por ejemplo la norma AASHTO T-176-86.

### **Resistencia del terreno de apoyo**

Para determinar las características de resistencia y de esfuerzo-deformación de los materiales de apoyo, será necesario investigarlos por cualquiera de los siguientes métodos:



- \* Por penetración (prueba del Valor Relativo Soporte)
- \* Por resistencia al esfuerzo cortante (mediante pruebas triaxiales, por ejemplo)
- \* Por aplicación de cargas (por ejemplo, la determinación del módulo de reacción).

## **Capas de un pavimento**

### **Capa Subrasante**

Es el terreno de cimentación del pavimento. Puede ser el suelo natural, debidamente recortado y compactado; o puede ser, debido a los requerimientos del diseño geométrico, cuando el suelo natural es deficiente, y el material seleccionado de relleno es de buena calidad. En todo caso, el material deberá cumplir con las normas de calidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, S.C.T.

### **Capa Sub-base**

Es una capa de materiales pétreos, de buena graduación: construida sobre la subrasante. Esta capa, al igual que la anterior, deberá cumplir con los requisitos de compactación y de calidad a que se hace referencia para la capa subrasante. Esta capa es la que subyace a la capa base, cuando ésta es necesaria, como es el caso de los pavimentos flexibles. Normalmente, la sub-base se construye para lograr espesores menores de la capa base, en el caso de pavimentos flexibles. En el caso de pavimentos de concreto, en muchos casos resulta conveniente colocar una capa sub-base cuando las especificaciones para pavimento son más exigentes.

### **Base**

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la sub-base. Generalmente se la usa en los pavimentos flexibles. Se compone de materiales pétreos con buena distribución granulométrica. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

### **Carpeta**

Superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para pasar minimizados los esfuerzos hacia las terracerías. Pueden ser materiales granulares con o sin liga, o más comúnmente de concreto asfáltico o

hidráulico, en sus diferentes variantes. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

## **REQUISITOS DE LAS CAPAS DE APOYO**

Las capas de apoyo del pavimento de concreto podrán ser los suelos naturales o terreno natural, siempre y cuando éstos sean de buena calidad. Cuando éste no es el caso, se debe construir una capa de transición o de sub-base, a fin de que tal depósito cumpla una función estructural, y de esta manera los espesores de losa requeridos se reduzcan. Esta capa, al ser de tipo granular, servirá también para drenar el agua que tiende a acumularse en la parte inferior de la losa de concreto, ya sea por lluvia o por elevaciones estacionales de los niveles freáticos del terreno.

En casos especiales será necesario dar una estabilización adicional a la capa sub-base. Particularmente en casos en que el terreno natural sea excesivamente deformable.

### **Subrasante**

Los materiales que se utilicen como capa subrasante deberán ser, de preferencia, del tipo: GW, GW, SW, SM, ML, e incluso se, siempre que la porción fina, o sea la arcilla, no sea de alta plasticidad.

Este material deberá ser compactado del 95 al 100 % de la prueba de compactación AASHTO T-99 o estándar. Cuando los materiales sean del tipo CI, MH, CH, CI ML y cuando su límite líquido, LL, esté comprendido entre 50% y 100%, se analizará la posibilidad de mejorarlos, con la finalidad de reducir los valores del LL y, en consecuencia, del Ip.

Cuando el terreno de apoyo sea del tipo MH, CH Y OH con LL = 100%, serán desechados como material de apoyo.

Para ello se recomienda una sustitución del material en espesores mínimos de 30 cm. En todos los casos en que se encuentren bolsas de material con alto contenido de materia orgánica se deberá proceder a su sustitución total con material limoso mezclado con arena y/o grava.

Cuando en el corte de suelos naturales afloren fragmentos de roca, éstos no serán admitidos como lecho de apoyo. De ser así, se deberá proceder a la remoción de estos fragmentos endurecidos.

### **Terraplenes**

Constituye un caso especial de capa subrasante y/o subyacente. Cuando por motivos de requerimientos de elevación de rasante de proyecto se requiera

elevant el nivel de terreno, los materiales que se empleen para este propósito nunca presentarán un LL > 60%.

Los materiales orgánicos del tipo OH nunca deberán ser empleados como capa subrasante o de apoyo. De acuerdo con la clasificación de materiales de AA5HTO, los materiales A-4, A-S, A-6 y A-7 sólo podrán ser utilizados de acuerdo con las recomendaciones de laboratorio. El material A-8 deberá ser siempre rechazado como material de apoyo.

En general, cuando el terreno natural está constituido por materiales arcillosos, arenas arcillosas y materiales muy plásticos, se recomienda siempre colocar un material de sub-base granular de 10 cm como mínimo, en el caso de calles y patios, y de 15 cm en caminos, colectores, periféricos y carreteras.

### Sub-base

Materiales granulares compuestos por gravas, gravas-arenosas, mezclas de arena, limo y gravas, etc. El material empleado deberá cumplir con lo siguiente:

Denominación de la Malla	% que pasa
1 1/2"	100
3/4"	72 - 100
3/8"	50 - 84
No 4	37 - 70
No 20	16 - 45
No 60	9 - 35
No 200	5 - 25

Tabla 2.1.6 Normas de calidad (Granulometría) Sub-base por SCT

Adicionalmente el material deberá cumplir lo siguiente:

Límite líquido: 25 % Máx.

Índice de plasticidad: 6 % Máx.

Desgaste Los Ángeles: 40% Máx. (porción gruesa).

Contracción lineal: 4.0% máx.

Equivalente de arena: 25 mín.

Valor Relativo Soporte

Menos de 500 vehículos pesados por día: 50 % Mín.

Más de 500 vehículos pesados por día: 60 % Mín.

La capa de sub-base se deberá compactar como mínimo al 95% de su peso volumétrico seco máximo, conforme a la prueba AASHTO modificada.

La modalidad empleada normalmente será la D, es decir, materiales comprendidos entre las mallas 3/4" y la No 4.

## Bases estabilizadas

La razón de emplear bases estabilizadas es el cada vez más difícil acceso a materiales pétreos de buena calidad que cumplan con las especificaciones de calidad. Un mejoramiento del terreno original permite, en ocasiones, fuertes reducciones en los volúmenes del material a tender en las Capas de apoyo o de transición.

De igual modo, el mejoramiento de sub-bases permite el empleo de materiales locales, reciclados y/o materiales de transición. De igual modo, el mejoramiento de sub-bases permite el empleo de materiales locales, reciclados y/o materiales de calidad no muy adecuada. Dentro de las ventajas obtenibles se pueden citar las siguientes:

- \* Sub-base menos erosionable en su superficie.
- \* Reducción de esfuerzos y deflexiones debidos a cargas de tránsito.
- \* Mejoramiento de la transferencia de cargas entre secciones de losa en zona de juntas.
- \* Prevención de consolidación de la capa sub-base debida a cargas vehiculares.
- \* Minimiza la intrusión de partículas gruesas dentro de las juntas del pavimento.

El material existente podrá ser sujeto a estabilizarse siempre y cuando cumpla los requisitos de la capa sub-base, o bien que cumpla con lo dispuesto en el proyecto.

Denominación de la Malla	% que pasa
1"	100
"	90 - 100
No. 4	35 - 75
No. 30	10 - 40
No. 200	2 - 15

Tabla 2.1.7 Granulometría recomendada en bases estabilizadas por SCT

Los agregados además deberán cumplirán con lo siguiente:

- \* Deberán estar libres de partículas perjudiciales, particularmente de materia orgánica.
- \* El equivalente de arena deberá ser superior a 20.
- \* Del total del material retenido en la malla No 4, no se acepta que más del 5% esté compuesto por terrones o partículas que se desintegren al permanecer sumergidas en agua durante 30 minutos.

## **2.2 EXPLORACIÓN Y SONDEOS**

El conjunto de actividades realizadas dentro del capítulo de Estudio de Geotecnia en los proyectos para pavimentar y/o construir un camino, nos permiten obtener el conocimiento a detalle de todos los aspectos relevantes en lo que se refiere a los suelos del lugar, detectar todos y cada uno de los accidentes geotécnicos que puedan influir directa ó indirectamente en la consecución final del proyecto del pavimento.

Como primera etapa de los trabajos de campo, fue el reconocimiento del camino motivo de este estudio, el cual se realizó mediante recorridos a pie para observar la superficie de rodamiento actual, material que la compone, tránsito usuario (volumen y tipo), escurrimientos pluviales, características geométricas y todo lo que a juicio del proyectista se consideró necesario para llevar a cabo el estudio.

### **Tipo de terreno**

Durante los recorridos, se pudo observar que el camino objeto del presente estudio, se encuentra enclavado en un terreno de tipo lomerío suave, a excepción de la zona del cruce por el río, en el tramo del km 0+900 al km 1+220.1, donde corresponde a lomerío fuerte.

### **Drenaje**

El camino actual presenta un drenaje transversal y longitudinal en regulares condiciones, puesto que a lo largo del mismo, el agua de lluvia se recolecta mediante cunetas excavadas en tierra y en algunos tramos no cuenta con ellas, así mismo, cuenta con sólo dos obras de drenaje transversal de losas, una de ellas sobre el cruce sobre el río en el km 1+120, tramo sobre el cual se requiere una obra de drenaje de la mayor área posible (6.00 metros de claro), así mismo, será necesario construir algunas obras de alivio para el cruce de los flujos pluviales de un lado a otro de la vialidad.

El drenaje pluvial será recolectado y conducido mediante cunetas laterales, aunque lo ideal es la recolección mediante colectores de tubo bajo tierra y rejillas captadoras por tratarse de una vialidad urbana, sin embargo, por instrucciones de las autoridades municipales, debido a la no autorización de recursos para construir drenajes de tubería, se optó por la solución de drenaje superficial.

### **Alineamiento horizontal**

Se sembró el trazo del eje de proyecto sobre la trayectoria del camino existente, puesto que ya se encuentra perfectamente definida la vialidad a nivel

de terracerías, sólo será necesario realizar algunas modificaciones sobre la sección transversal para cumplir con el ancho de proyecto.

Así mismo, se realizaron algunas pequeñas modificaciones que no representan mayor complicación al actual alineamiento, con el fin de mejorar sus características.

La finalidad de aprovechar el alineamiento del camino actual es para economizar al máximo los costos de la obra.

### **Alineamiento vertical**

En términos generales, para el tipo de camino que se trata, el alineamiento vertical presenta pendientes aceptables, pues en términos generales, se trata de terreno tipo lomerío muy suave, con la excepción del cruce del río, donde se obligará la pendiente a cumplir con un máximo de 8.00%.

Con estos elementos, se llega a la conclusión de que el camino por proyectar será con características de tipo "C", para terreno lomerío suave con velocidad de proyecto máxima de 40 Km./Hr., por tratarse de zona urbana, de acuerdo con los lineamientos de proyecto de las Normas de Proyecto Geométrico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### **Superficie de rodamiento**

El tramo en estudio cuenta con una longitud de 2,436.64 metros, medidos del km 0+000 al km 2+436.64.

El km 0+000 de este estudio es igual al km 3+480 del camino 13.6 (Atacomulco-El Oro)-San Francisco Tepeolulco.

El punto final del camino de proyecto es el km 2+436.64, igual al km 2+520 del camino 13.6 (Atacomulco-El Oro)-San Francisco Tepeolulco.

Tanto en el inicio como en el final del camino de proyecto, se liga con una superficie de rodamiento pavimentada.

En todo el tramo en estudio, se cuenta con una superficie rodamiento mediante una capa de material color café rosado de revestimiento de calidad aceptable para su uso en la construcción de terracerías con un espesor que varía de 7 a 15 centímetros, subyaciendo a ésta se encuentra otra capa de material de revestimiento color beige de mayor antigüedad con un espesor que varía de 04 a 14 centímetros de espesor, de calidad aceptable para su uso en la construcción de terracerías.

Del km 2+000 al km 2+436, se detectó adicionalmente a las capas descritas de revestimiento, un estrato más de material de banco (rellenos) con un espesor de 12 centímetros.

En toda la longitud del camino el terreno natural está constituido por materiales del tipo CH, arcillas inorgánicas de alta plasticidad de muy mala calidad para desplante de terracerías de pavimentos flexibles.

El ancho de la superficie de rodamiento varía de 5.00 a 6.40 metros.

Por lo anterior, en términos generales se considerará que el desplante de la subrasante no se deberá realizar directamente sobre el terreno natural, por lo que se deberá construir una capa de transición (mejoramiento) entre el terreno natural y las terracerías del pavimento.

### **Exploración mediante pozos a cielo abierto (p.c.a.) a cada 500 m.**

Una vez realizado el reconocimiento del camino mediante recorridos, se procedió a seleccionar los sitios donde se llevarán a cabo los pozos a cielo abierto, necesarios para conocer la estratigrafía del sitio donde se desarrollará nuestro proyecto. A continuación se enlistan los pozos a cielo abierto realizados, su ubicación y la profundidad explorada:

<b>p.c.a. no.</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Profundidad explorada en cm</b>
1	Km 0+020, lado derecho	109
2	Km 0+500, lado centro	100
3	Km 1+000, lado izquierdo	90
4	Km 1+500, lado derecho	96
5	Km 2+000, lado centro	89
6	Km 2+400, lado izquierdo	101

**Tabla 2.2.1 Descripción general de los pca por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

A la profundidad explorada, en ningún caso se encontró el nivel freático, y fue realizada a principio del mes de diciembre de 2009.

Los croquis en forma esquemática de los perfiles estratigráficos, describiendo los tipos de materiales encontrados en las exploraciones a cielo abierto se muestran en el anexo E.

### **Trabajos de laboratorio**

Como apoyo fundamental al estudio geotécnico, se encuentran los trabajos de laboratorio, ya que todas las muestras de suelos tomadas en campo, se envían

al laboratorio para su ensaye correspondiente y se les practicaron las siguientes pruebas:

#### **Materiales del terreno natural.**

- Granulometría utilizando mallas.
- Límites de consistencia.
- Pesos volumétricos
- Peso volumétrico seco máximo y humedad optima proctor.
- Contenido natural de agua
- Prueba estándar del Valor Relativo de Soporte
- V.R.S. Modificada hasta con tres diferentes grados de compactación y contenido de humedad.

#### **Materiales de Revestimiento**

- Granulometría utilizando mallas.
- Límites de consistencia.
- Densidad y absorción del material mayor de 9.5 mm.
- Valor cementante.
- Equivalente de arena.
- Peso volumétrico seco y suelto (P.V.S.S.).
- Peso volumétrico seco máximo y humedad óptima porter
- Prueba estándar del Valor Relativo de Soporte

**Los resultados obtenidos se presentan en formatos de pruebas de laboratorio. (Anexo F).**

### **2.3 ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES**

Como parte de las actividades del estudio geotécnico, se encuentra el estudio de bancos de materiales, de los cuales se debe garantizar la calidad y cantidad de materiales para la construcción de la obra que nos ocupa. El estudio de los bancos de materiales se llevó a cabo como sigue:

#### **Localización**

Para comenzar con el estudio, la tarea es localizar los bancos de materiales, que deben ser los más cercanos a la obra y que además cumplan los requisitos de calidad y cantidad de los materiales que se requieren, a continuación se enumeran los bancos y su localización.

**1.- Banco de materiales “San Francisco Potla”, localizado en el km. 4.7 con desviación derecha de 100 metros del camino: km 13.6 (Atacomulco-El Oro)- San Francisco Tepeolulco-San Pedro Potla.**



*Material arenas con arcillas y gravas para terracerías y sub-rasante.  
Distancia de acarreo al centro de gravedad de la obra: 2.50 Kms.*

*2.- Banco de materiales “**Bombaró**”, Localizado en el Km 10.6, con Desviación Derecha de 400 Metros, del Camino Km 16.5 (Atacomulco-El Oro)-Temascalcingo.*

*Material grava-arena, para base hidráulica.  
Distancia de acarreo al centro de gravedad de la obra: 17.70 Kms.*

**La localización de estos bancos se ilustra en el croquis ubicado en el anexo G.**

### **Estudios de laboratorio**

Como etapa número dos del estudio de bancos de materiales, se tienen los estudios de laboratorio a todas y cada una de las muestras tomadas en cada banco y que fueron enviadas al laboratorio central para su estudio correspondiente, las pruebas realizadas a cada material son las siguientes:

Materiales del terreno natural.

- Granulometría utilizando mallas.
- Límites de consistencia.
- Pesos volumétricos
- Peso volumétrico seco máximo y humedad optima proctor.
- Contenido natural de agua
- Prueba estándar del Valor Relativo de Soporte
- V.R.S. Modificada hasta con tres diferentes grados de compactación y contenido de humedad.

Materiales para: Base y sub-base:

- Granulometría utilizando mallas.
- Límites de consistencia.
- Densidad y absorción al material mayor de 9.5 mm.
- Valor cementante.
- Equivalente de arena.
- Peso volumétrico seco y suelto (P.V.S.S.).
- Peso volumétrico seco máximo y humedad óptima porter.
- Prueba estándar del Valor Relativo de Soporte.

**Se anexan reportes con los resultados de laboratorio. (Anexo G).**  
**CAPÍTULO III ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO**

### **3.1 GENERALIDADES**

La Ingeniería de Tránsito es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

Es también la rama de la ingeniería cuyo objetivo es propiciar la circulación segura y eficiente de peatones y vehículos por vías terrestres

La mejor manera de utilizar la Ingeniería de Tránsito consiste en estructurar planes adecuados, prácticos y bien meditados para mejorar la seguridad y fluidez del tránsito, sobretodo en áreas críticas.

Existen cuatro actividades importantes de la ingeniería vial y de tránsito cuyos resultados dependen del análisis de la capacidad y del nivel de servicio:

1. Cuando se está planificando nuevos caminos o el ensanche de los existentes, debe determinarse sus dimensiones en términos de ancho y número de carriles.
2. Cuando se proyecta mejorar caminos existentes, ya sea mediante su ensanche o introduciendo modificaciones en las condiciones de circulación vehicular, deben fijarse sus nuevas condiciones de operación y nivel de servicio.
3. Cuando se planifican nuevos emprendimientos urbanos o rurales, es necesario realizar un análisis de capacidad y niveles de servicio a los efectos de identificar los cambios necesarios a introducir en los caminos y en la operación vehicular y para definir las responsabilidades de los costos.
4. Los estudios de las condiciones de operación y de los niveles de servicio, proveen valores básicos para la determinación de los cambios en el costo de los usuarios del camino, consumo de combustible, emisiones contaminantes y del ruido.

#### **Definiciones**

Las siguientes definiciones son comúnmente usadas en Ingeniería de Tránsito:

Volumen: Cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo.

VDPA: Volumen diario promedio anual

$$\text{VDPA} = (\text{Volumen Anual Total})/365$$

VDP: Volumen diario promedio

$$\text{VDP} = \text{Volumen Total en "N" días} / \text{N}$$

Volumen en Hora de Máxima Demanda: Es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

VHDD: Volumen Horario Direccional de Diseño

$$\text{VHDD} = \text{VDPA} \times \text{K} \times \text{D}$$

donde,  $\text{K} = \% \text{ de VDPA en la hora de máxima demanda}$   
 $\text{D} = \% \text{ de volumen en la hora de máxima demanda en la dirección más marcada.}$

Tasa de Flujo: Expresión horaria del de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora

Factor de la Hora de Máxima Demanda: relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico

$$\text{FHMD} = (\text{Volumen en la Hora de Máxima Demanda}) / (4 \times \text{Vol. Max. 15 min.})$$

Rango  $0.25 \leq \text{FHP} \leq 1.0$

**Velocidad:** Tasa de movimiento del tránsito

Velocidad de Punto: Velocidad a la cual un vehículo pasa un punto en la vía.

Velocidad de Marcha: Distancia total recorrida dividida por el tiempo requerido en recorrerla.

Velocidad de Marcha Promedio: Distancia total recorrida por todos los vehículos en el volumen de tránsito, dividida por el tiempo de viaje total para todos los vehículos.

Velocidad de Proyecto: Es la velocidad máxima (segura) que se puede mantener sobre un tramo específico de vía cuando las condiciones son lo suficientemente favorables para que las características de diseño de la vía gobiernen la operación del vehículo.

Densidad: Cantidad de vehículos ocupando un tramo de vía en un instante dado (VPK)

Capacidad de Vías Rápidas Máxima tasa de volumen sostenida por 15 minutos a la cual el tránsito circula por una sección determinada en una dirección, con condiciones prevalecientes.

Condiciones Prevalcientes: Son las condiciones en las cuales se encuentra la arteria, afectando el volumen de vehículos.

## Condiciones de la Vía - Geometría que afecta la capacidad

- Cantidad y ancho de los carriles de circulación
- Obstrucciones laterales
- Velocidades de proyecto
- Pendientes
- Configuración de carriles de circulación

## Condiciones de Tránsito - Características de tránsito que afectan la capacidad.

- Composición de tránsito
- Distribución de carriles de circulación
- Características de los conductores

Condiciones Ideales Son las condiciones ideales (con las cuales la capacidad de la vía es máxima) para el volumen de vehículos:

- Carriles de circulación de ancho de 3.65 m.
- Con acotamientos adecuados y sin obstáculos laterales en 2.00 m a partir de la orilla de la calzada.
- Vehículos ligeros únicamente en la corriente del tránsito
- Usuarios regulares
- Pendientes 0%

## 3.2 ÍNDICE DE SERVICIO ACTUAL

### Capacidad y niveles de servicio

Estos conceptos se aplican a los sistemas de transporte para análisis, tanto de diseño como de operación. Para los especialistas en transporte urbano, los sistemas en cuestión son: autopistas urbanas, vías urbanas (arterias y calles), intersecciones semaforizadas o no, infraestructura para autobuses y transporte público, infraestructuras peatonales y para ciclistas.

La capacidad depende de las unidades en cuestión (peatones, vehículos particulares, transporte público, etc.), el periodo de tiempo, y el área de la infraestructura en cuestión (carriles, ancho de la calzada, etc.).

El nivel de servicio es un intento en describir las condiciones operacionales del volumen del tránsito tal y como las percibe el usuario. Originalmente, el concepto de nivel de servicio era definido como una manera cualitativa de medir las condiciones operacionales de una vialidad.

Esta medida cubriría idealmente factores como velocidad, tiempos de viaje, demoras, libertad de maniobras, interrupciones del tránsito, comodidad y conveniencia y, seguridad. Para los especialistas de transporte, las medidas cuantitativas de estos factores son los de importancia; sin embargo, el concepto de los niveles de servicio es de utilidad para la comunicación con el público en general.

Tipo de Vía	Parámetros Técnicos
Autopistas	
Tramos Básicos	Densidad (veh/km/carril)
Áreas de Entrecruzamiento	Velocidad de viaje promedio (kph)
Enlaces	Tasas de Volumen (vph)
Carreteras de varios carriles	Densidad (veh/km/carril)
Carreteras de carriles múltiples	Porcentaje de Demoras (%), Velocidad de viaje promedio (kph)
Intersecciones Semaforzadas	Demora promedio individual (tiempo parado, seg./veh.)
Intersecciones no semaforizadas	Capacidad de Reserva (vph)
Arterias	Velocidad de viaje promedio (kph)
Transporte Público	Factor de Carga (personas/asiento)
Peatones	Espacio (m <sup>2</sup> /peatón)

Tabla 3.2.1 Parámetros técnicos para la determinación del nivel de servicio por SCT

### Índice de servicio actual (ISA)

Los estudios que se mencionan a continuación, forman parte de los estudios y proyectos para la pavimentación del camino localizado en la comunidad de Tepeolulco; Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco - Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido, en su apartado de Estudios de Ingeniería de Tránsito.

*El camino en estudio forma un circuito local en la comunidad de San Francisco Tepeolulco, con la carretera Tepeolulco - Potla Ejido, como puede observarse en las imágenes posteriores.*

Con la pavimentación de esta parte del circuito la mayoría de la comunidad de San Francisco Tepeolulco, quedara comunicada al norte con la autopista México – Guadalajara y la cabecera municipal de Temascalcingo y al sur con la carretera Atlacomulco – El Oro.

En el apartado siguiente se describe con más precisión este tramo.

La determinación del índice de servicio actual, se lleva a cabo con el propósito de determinar un índice respecto a las características de la superficie de rodamiento del camino vecinal, mediante un método directo.

Este concepto permite llevar a cabo la evaluación del estado superficial de los pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico, donde se obtiene el Índice de Servicio Actual (ISA), considerando la comodidad y seguridad del usuario al transitar por la vialidad.

El método para determinar el ISA consiste en llevar a cabo una evaluación del camino, mediante la intervención de dos personas a bordo de un vehículo que cuente con buena suspensión, alineación de ruedas y dirección estable, realizando recorridos continuos a la velocidad de operación promedio del tramo por examinar; Cada una de las personas otorgará según su criterio una calificación entre un rango de 0 a 5. En donde 0 es catalogado como intransitable y 5 es cuando se califica el camino en excelentes condiciones de circulación y seguridad. Sin embargo, hacemos la aclaración que, el camino al cual nos referimos en este trabajo presenta una superficie de revestimiento en la todo el tramo, por lo que, se efectuó una modificación al procedimiento para la determinación del ISA, el cual se explica en el subcapítulo respectivo; Pues como es del conocimiento general, este se aplica a pavimentos únicamente.

Con la finalidad de determinar las condiciones de la superficie de rodamiento, se planteó efectuar el Índice de Servicio Actual (ISA); sin embargo, esta técnica se aplica únicamente a pavimentos y las características del camino en estudio es de revestimiento en diferentes condiciones, situación que obligó a establecer una clasificación de la terracería, según su grado de transitabilidad.

Este criterio es subjetivo; se derivó, al inspeccionar el camino en todo su trayecto; si bien es cierto que es un camino a nivel de terracería o revestido en todo el recorrido, se identificó que en algunos tramos la circulación se reducía debido a la presencia de baches, deformaciones, piedra suelta, tanto de forma de bola como puntiaguda insertada en material de terraplén, así como por la mala geometría del camino o ancho insuficiente; mientras que en otros tramos la movilidad era mejor, porque el suelo estaba formado de un buen revestimiento y pequeñas piedras que no dañaban a la unidad.

No se conoce con certeza el grado de mantenimiento anual que se le aplica, pero en la época de la ejecución de los estudios la circulación era factible en todo el tramo; Los habitantes de la zona y ejidatarios también comentan que en época de lluvias se dificulta el tránsito vehicular, sin llegar a ser algo que imposibilite la circulación, por lo que, se asume que es transitable durante toda época del año, lo que permite clasificarlo como camino del tipo revestimiento sobre terracería.

Para plantear las características de las condiciones de la superficie de rodamiento de forma más práctica, se llevó a cabo un ejercicio para identificar

tramos homogéneos, de acuerdo a las características descritas del revestimiento y la terracería, que se presenta en el cuadro siguiente:

### Condiciones de la superficie de rodamiento

Tramo			Revesti- miento	Observaciones	ISA
Inicio Km	Final Km	Long. Km			
0+000	0+180	180	III	La Superficie de rodamiento cuenta con un ancho de 6.50 m, existe construcciones en ambos lados, en este tramo no hay presencia de curvas y pendientes.	1
0+180	0+300	120	III	En este tramo del camino es plano, con curvas suaves y conserva el mismo ancho de corona, hay presencia de casas habitacionales en ambos lados del camino.	2
0+300	0+400	100	II	La superficie de rodamiento se reduce de 6.50 a 4.50 m a consecuencia de la presencia de zanjas que conducen aguas negras en ambos lados del camino en la curva cerrada del km 0+390.00,	3
0+400	0+500	100	III	En es tramo del camino no hay presencia de curvas y pendientes, con un ancho de superficie de rodamiento de 5.00 m, con construcción de casas habitación de un solo lado.	2
0+500	0+700	200	II	El camino presenta construcciones en ambos lados. Con ancho de superficie de rodamiento de 4.50 m.	3
0+700	0+800	100	II	Hay construcciones de un solo lado del camino, con pendientes suaves.	2

0+800	1+000	200	II	El revestimiento se encuentra en regular estado. Camino con pendiente suave	3
1+000	1+040	40	III	Camino con curvas cerradas y pendientes suaves.	2
1+040	1+250	210	IV	Existe alcantarilla en el km 1+110.00, con un ancho de 3.50, con curvas fuertes y pendientes fuertes.	1
1+250	1+300	50	III	Pendiente fuerte, con un ancho de superficie de rodamiento de 4.50 m	3
1+300	1+400	100	II	El ancho del camino es variable en esta zona, con curva y pendiente suaves, así como la presencia de casas en ambos lados del mismo.	2
1+400	1+500	100	III	Vuelta derecha en el km 1+415.00, con un ancho de 4.50 m.	3
1+500	1+600	100	IV	Se mantiene el ancho de superficie de rodamiento de 4.50 m, existe postes de energía eléctrica de solo un lado.	2
1+600	1+800	200	IV	Se reduce la superficie de rodamiento a 4.20m por la presencia de casas en ambos lados del camino.	1
1+800	1+900	100	III	Camino con casas en ambos lados, con curva y pendiente suaves, con un ancho de 4.20 m.	3



1+900	2+000	100	III	Se mantiene el ancho de superficie de rodamiento de 4.20 m, con grados de curvatura suaves.	2
2+000	2+300	300	IV	La superficie de rodamiento varia su ancho en este tramo de 4.10 a 4.30 m.	1
2+300	2+400	100	III	Este el fin del camino y ahí se entronca con la carretera.	2
		<b>2400</b>			

Tabla 3.2.2 Condiciones de la superficie de rodamiento por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

#### NOTAS

**Revestimiento Tipo I.-** Revestimiento bien conformado, sin piedras, el camino cuenta con boleó, pocas deformaciones, los huecos están rellenos con finos y se puede circular con cierta comodidad, requiere tratamientos mata polvo, la velocidad de operación es entre 15 y 20 km/hr.

**Revestimiento Tipo II.-** La superficie de rodamiento cuenta con revestimiento en estado regular, la mayor parte esta fracturada con grietas y baches leves y piedras pequeñas su circulación no es del todo incomoda, se reduce la velocidad de entre 10 a 15 km/hr.

**Revestimiento Tipo III.-** La superficie de rodamiento cuenta con revestimiento en estado de regular a malo con presencia de piedra y baches severos, la circulación se vuelve incomoda con una velocidad de entre 5 a 10 km/hrs.

**Revestimiento Tipo IV.-** La superficie de rodamiento cuenta con poco o nulo revestimiento, en estado de malo a pésimo con presencia de piedra y baches severos y continuos, la circulación se vuelve incomoda con una velocidad de entre alto total a 5 km/hrs.

En la siguiente tabla pueden observarse las condiciones propuestas para evaluar el índice de servicio en el camino en estudio; camino de terracería transitable en toda época del año.

ISA	Observaciones
ISA=0	El Camino es intransitable con pendiente muy pronunciada, y curvas con grado muy pronunciado, con piedras y baches severos, con nula presencia de revestimiento, donde se tenga que hacer alto total.
ISA=1	Camino con fuertes deformaciones en la superficie de rodamiento, así como pendientes y grados de curvatura moderados, el área de rodamiento cuenta con piedras y baches lo cual hacen variar la velocidad, de 0.00 a 5.0 Km/hr.
ISA=2	Camino con superficie en estado regular, con algunas deformaciones, con pendientes suaves. El área de rodamiento cuenta con piedra suelta, que hace variar la velocidad de 5.0 a 10.0 Km/hr.
ISA=3	Camino con superficie en estado de regular a bueno, se presentan algunas deformaciones aisladas, con revestimiento limpio de piedras y cuenta con baches pequeños. La velocidad de circulación oscila de los 10.0 a 15.0 Km/hr.
ISA=4	Camino con superficie de rodamiento en buen estado, sin deformaciones fuertes, las pendientes y curvaturas no llegan a los límites, la velocidad de circulación se mantiene entre los 15.0 y los 20.0 Km/hr.
ISA=5	Camino bueno, superficie de rodamiento plano y con lomeríos suaves y baches pequeños y dispersos, sección uniforme, con deformaciones leves con un revestimiento uniforme, la velocidad se puede mantener en los 20.0 Km/h.

**Tabla 3.2.3 Condiciones propuestas para evaluar el índice de servicio por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

## CLASIFICACIÓN DE TRAMOS POR ESTADO DEL REVESTIMIENTO

Los tramos con <b>revestimiento del tipo I</b> no existen en este camino.		
Los tramos con <b>revestimiento del tipo II</b> son:		
Del Km.	Al Km.	Longitud m.
0+300	0+400	100
0+500	0+700	200
0+700	0+800	100
0+800	1+000	200
1+300	1+400	100
Total		700
Los tramos con <b>revestimiento del tipo III</b> son:		
Del Km.	Al Km.	Longitud m.
0+000	0+180	180
0+180	0+300	120
0+400	0+500	100
1+000	1+040	40
1+250	1+300	50
1+400	1+500	100
1+800	1+900	100
1+900	2+000	100
2+300	2+400	100
Total		890
Los tramos con <b>revestimiento del tipo IV</b> , son:		
Del Km.	Al Km.	Longitud m.
1+040	1+250	210
1+500	1+600	100
1+600	1+800	200
2+000	2+300	300
Total		810

**Tabla 3.2.4 Clasificación de tramos por su estado de revestimiento por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

A continuación una grafica con este resumen.

### Clasificación del camino por el tipo de revestimiento

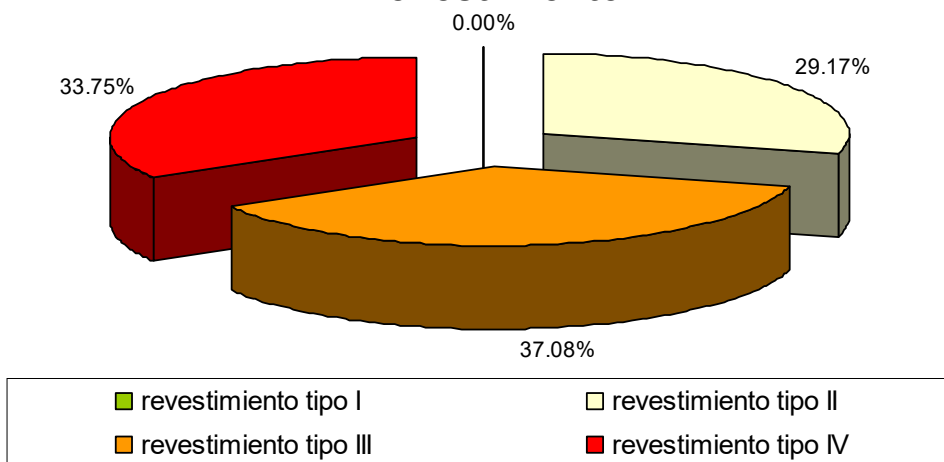


Figura 3.2.1 Clasificación del camino por el tipo de revestimiento por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

### CLASIFICACIÓN DE TRAMOS POR ISA

Los tramos con **Índice de Servicio igual a 0** no existen en el camino en estudio.

Los tramos con **Índice de Servicio igual a 1** son los siguientes:

Tramo		Longitud m.
Inicio Km.	Final Km.	
0+000	0+180	180
1+040	1+250	210
1+600	1+800	200
2+000	2+300	300
<b>Total</b>		<b>890</b>

Los tramos con **Índice de Servicio igual a 2** son los siguientes:

Tramo		Longitud m.
Inicio Km.	Final Km.	
0+180	0+300	120
0+400	0+500	100
0+700	0+800	100
1+000	1+040	40
1+300	1+400	100
1+500	1+600	100
1+900	2+000	100
2+300	2+400	100
<b>Total</b>		<b>760</b>

Los tramos con **Índice de Servicio igual a 3** son los siguientes:

Tramo		Longitud m.
Inicio Km.	Final Km.	
0+300	0+400	100
0+500	0+700	200
0+800	1+000	200
1+250	1+300	50
1+400	1+500	100
1+800	1+900	100
<b>Total</b>		<b>750</b>

Los tramos con **Índice de Servicio igual a 4** no existen:

--	--	--

Los tramos con **Índice de Servicio igual a 5** no existen:

**Tabla 3.2.5 Clasificación de tramos por su estado de revestimiento por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

En total los Índices de Servicio del camino, empleando esta convención, quedan como sigue:

ISA	Observaciones	Longitud
ISA=0	El Camino es intransitable con pendiente muy pronunciada, y curvas con grado muy pronunciado, con piedras y baches severos, con nula presencia de revestimiento, donde se tenga que hacer alto total.	0
ISA=1	Camino con fuertes deformaciones en la superficie de rodamiento, así como pendientes y grados de curvatura moderados y el área de rodamiento cuenta con piedras y baches lo cual hacen variar la velocidad, de 0.00 a 5.0 Km/h.	890
ISA=2	Camino con superficie en estado regular, con algunas deformaciones, con pendientes suaves. El área de rodamiento cuenta con piedra suelta, que hace variar la velocidad de 5.0 a 10.0 Km/h.	760
ISA=3	Camino con superficie en estado de regular a bueno, se presentan algunas deformaciones aisladas, con revestimiento limpio de piedras y cuenta con baches pequeños. La velocidad de circulación oscila de los 10.0 a 15.0 Km/h.	750
ISA=4	Camino con superficie de rodamiento en buen estado, sin deformaciones fuertes, las pendientes y curvaturas no llegan a los límites, la velocidad de circulación se mantiene entre los 15.0 y los 20.0 Km/h.	0
ISA=5	Camino bueno, superficie de rodamiento plano y con lomeríos suaves y baches pequeños y dispersos, sección uniforme, con deformaciones leves con un revestimiento uniforme, la velocidad se puede mantener como mínimo en los 20.0 Km/h.	0
<b>T O T A L</b>		<b>2400</b>

Tabla 3.2.6 Índices de servicio el camino por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

Aquí se puede apreciar mejor que la mayoría del camino, que alcanzan 1,650 m. 68.75%, se encuentra en estado de regular a malo.

Mientras que el 31.25 % se clasifica en estado regular a bueno.

Cabe hacer la aclaración, que el estado del camino se debe en parte a que la evaluación se realizó después de la influencia periodo de lluvias, lo que afectó

la superficie de rodamiento, a pesar de ello el camino sigue siendo transitable, lo que nos indica que en periodos de secas el estado del camino es mejor.

En la siguiente grafica se puede observar mejor esta información.

### Clasificación del camino por I S A

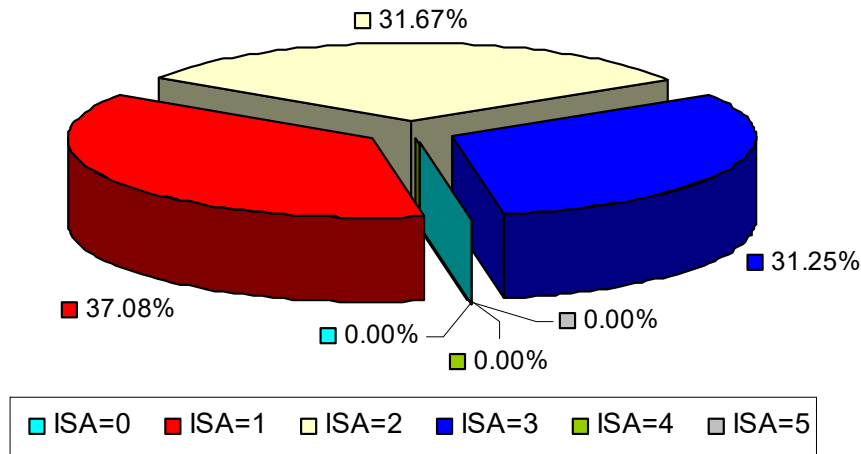


Figura 3.2.2 Clasificación del camino por el ISA por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

La actividad del inventario del ISA, también se puede sustituir con el criterio del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que evalúa la calidad de la superficie de rodamiento acompañado con las características de ondulaciones y depresiones en la superficie; lo que realmente evalúa este método son las condiciones de circulación y transitabilidad del camino, no importando si es pavimento o terracería. Con la formación recopilada y descrita en el inciso anterior, se aplicó el criterio del IRI. La fuente consultada señala que una calificación de 6 a 8, terracerías con baches y grietas aisladas, se ajusta a las condiciones del camino en estudio.

Este ejercicio tuvo como finalidad dar un valor al estado de la superficie de rodamiento, que asociará su tipo de terracería con su condición física y operativa.

### 3.3 AFOROS DE VARIACIÓN HORARIA

Los estudios que se mencionan a continuación, forman parte de los estudios y proyectos para la pavimentación del camino denominado; Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco - Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido.

El presente trabajo toma como base, los estudios de Ingeniería de Tránsito; teniendo como premisa el medir, de forma directa y en el sitio, el tránsito vial y sus características principales, así como, el tomar en cuenta las condiciones físicas actuales del camino.

La finalidad es contar con la información necesaria y suficiente para poder realizar el análisis operacional del camino en estudio. Con este fundamento, se describen a continuación las actividades ejecutadas:

### **Inventario Vial**

Para elaborar un análisis objetivo de las características físicas y geométricas del camino vecinal, se realizó un inventario físico, que comprendió las siguientes actividades:

- Localización
- Vías de acceso
- poblaciones
- Sentidos de circulación
- Número de carriles
- Secciones transversales
- Señalamientos (tipo y número)
- Topes o vibradores

### **Resultados del inventario:**

El camino en estudio se localiza en el municipio de Temascalcingo, al nor-oeste de la ciudad de Toluca, capital del estado de México.

Se accede al camino por la autopista Toluca - Atlacomulco, desviándose a la izquierda en Atlacomulco, con rumbo a El Oro hasta entroncar con el camino que comunica hacia San Francisco Tepeolulco o hacia Temascalcingo.

El tramo carretero por pavimentar forma un circuito que envuelve parte de la población de Tepeolulco, se desarrolla en zona urbana, aunque la densidad de población es baja.

La mayoría de la población se dedica a la alfarería, es una zona prospera, según se puede apreciar por la cantidad de construcciones en obra que existen, de un buen nivel.

Gran parte de la población es indígena y mantiene su lengua, usos y costumbres.

El Km 0+000 se ubico a la altura de la iglesia, como se puede observar en el reporte fotográfico, el camino se desarrolla en una zona urbana aunque sin algunos servicios básicos como drenaje, banquetas etc.

Es un camino de ancho de corona entre 5.00 a 6.00 m. para dos sentidos de circulación, existiendo tramos de ancho menor, sin restringir el doble sentido.

Prácticamente no cuenta con señalamientos, por lo que serán colocados al efectuar la pavimentación.



A la altura del Km. 1+100 existe un cruce con un cauce, por lo que el camino tiene una geometría inadecuada, esta será corregida con el proyecto, debiendo construir nueva la obra de drenaje.

En el km 1+440 el camino se divide en dos uno comunica con algunas escuelas y el tramo por pavimentar llega nuevamente a la carretera pavimentada.

Actualmente es un camino de bajo tránsito, presentándose un mayor aforo en los tramos pavimentados, debido a que los habitantes prefieren acceder por las rutas pavimentadas aunque deban rodear recorriendo distancias mayores, esto seguramente cambiara al pavimentarse todo el camino.

Finalmente, las comunidades beneficiadas directamente son todos los barrios de San Francisco Tepeolulco, Potla, Santa Ana Yensu, entre otras.



Figura 3.3.1 Macrolocalización y rutas de acceso al proyecto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

## Microlocalización

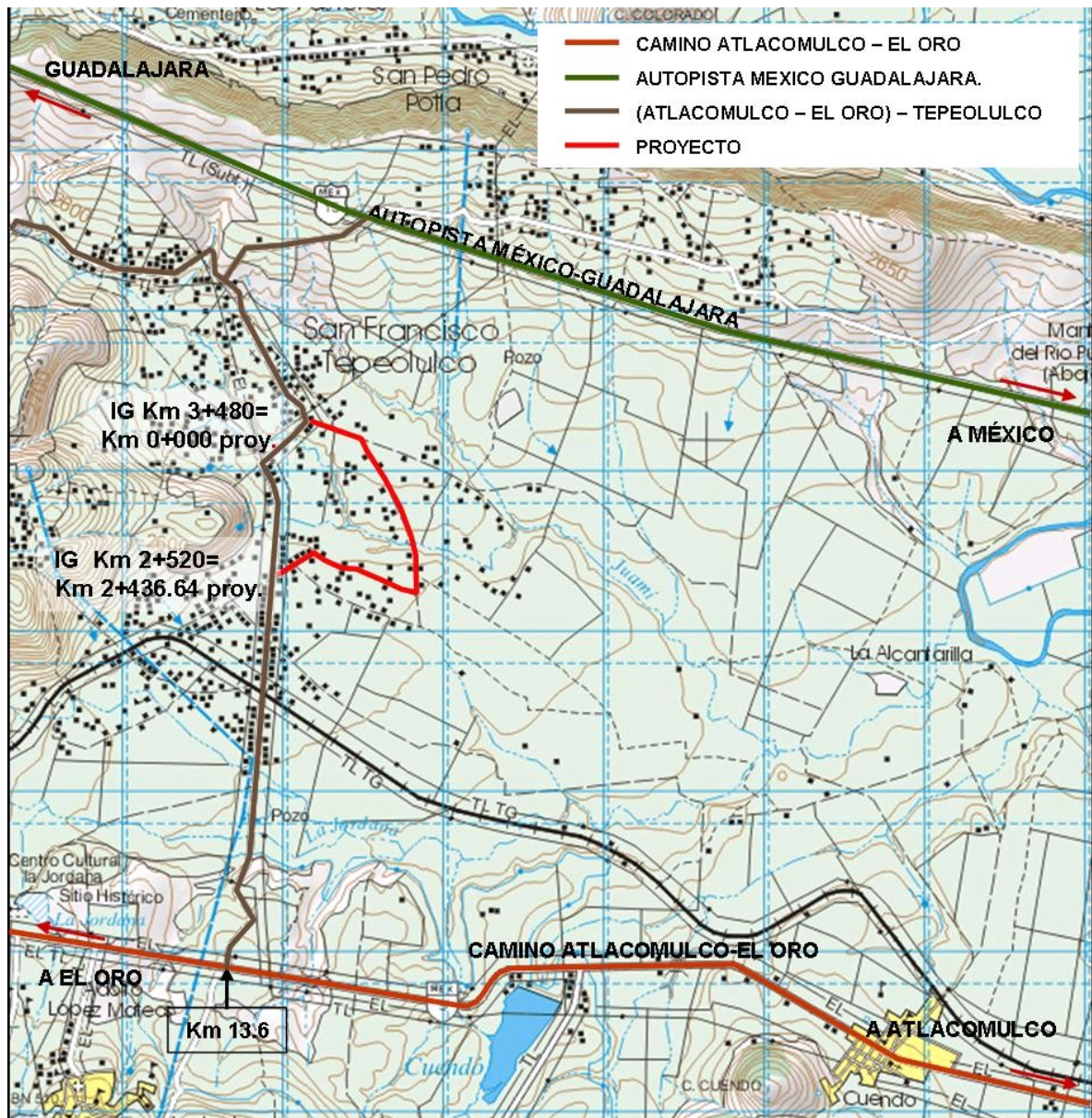


Figura 3.3.2 Microlocalización y rutas de acceso al proyecto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

## Fotografía aérea geo-referenciada con el trazo del proyecto

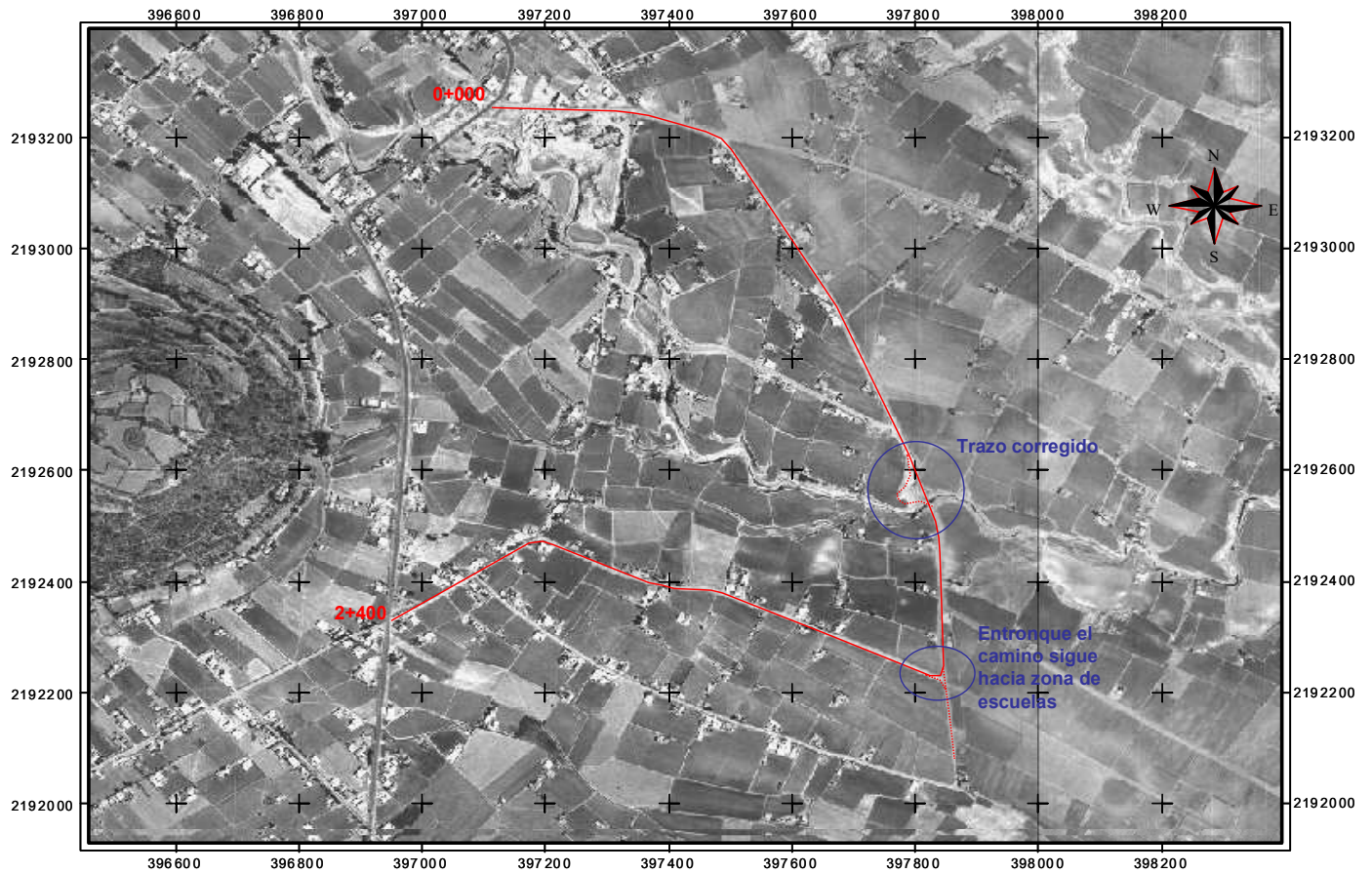


Figura 3.3.3 Fotografía aérea del proyecto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

### Aforo Vehicular


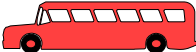

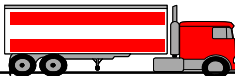

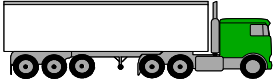
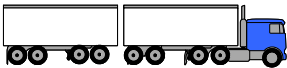

Para la elaboración del presente estudio, el aforo vehicular es la parte medular del trabajo; ya que, mediante este censo metódico y sistemático de los vehículos que circulan por el camino vecinal, se obtiene la información sobre los volúmenes vehiculares y sus características relevantes. Para la realización del presente estudio, los aforos se llevaron a cabo como “Estación Maestra”.

Estación Maestra.- El motivo de realizar este estudio, es con el objeto de obtener la variación y comportamiento de los volúmenes de circulación vehicular al día por el camino vecinal, determinando los períodos de mayor afluencia. El procedimiento consistió en seleccionar un punto de referencia en el camino para efectuar un censo en turnos diurnos y de forma ininterrumpida durante tres días de la semana; determinando tipo y número de vehículos que transitan actualmente por el camino.

El procedimiento del censo estadístico, consistió en registrar el paso vehicular en los dos sentidos de circulación (entrada y salida), anotando tipo, marca y capacidad de los vehículos y clasificándolos de la siguiente manera:

- a) Vehículos ligeros menores de 3 toneladas -----“A”
- b) Transporte público de pasajeros -----“B”
- c) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 2 ejes -----“C2”
- d) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes -----“C3”
- e) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes y remolque de 2 ejes -----“T3S2”
- f) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes y remolque de 3 ejes -----“T3S3”
- g) Vehículos pesados, mayor de 3 toneladas, con 3 ejes, remolque de 3 ejes y semiremolque de 4 ejes -----“T3S3 R4”

**EN LAS SIGUIENTES FIGURAS SE APRECIA MEJOR ESTA CLASIFICACIÓN.**

<b>A</b>	
<b>B</b>	
<b>C2</b>	
<b>C3</b>	
<b>T3S2</b>	
<b>T3S3</b>	
<b>T3S2-R4</b>	
<b>OTRO</b>	

**Figura 3.3.4 Clasificación vehicular por SCT**

El resultado del estudio se representa mediante una gráfica indicadora del comportamiento y variación vehicular horaria por ambos sentidos, en esta gráfica se determinan los períodos de mayor afluencia (picos), que serán empleados para la elaboración del aforo vehicular.

Asimismo, cabe mencionar que el estudio se desarrolló seleccionando un punto de referencia; el cual fue en el kilómetro 0+000, en el tramo pavimentado.

Se realizó durante tres días, del 11 al 13 de enero de 2010, el censo se llevó a cabo desde las 09:00 a las 18:00 hrs., Tomando en cuenta las técnicas y clasificación antes mencionada.

En este caso por no considerarse necesario para el estudio, no se realizaron aforos direccionales.

El volumen de tránsito censado en la estación maestra, representa una cantidad de tránsito diario; siendo representativo de las 9 horas en las que se llevó a cabo; pero aun obteniendo el volumen en 24 horas, no sería confiable para un día tipo del año, en virtud de que la muestra se efectuó en tres días del año al azar.

El principal objetivo es obtener un volumen diario representativo en el camino y que sirva como referencia para cualquier día del año; por esta razón, es necesario estimar el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), que indique el flujo vehicular en promedio, que circula en cualquier día del año, como este valor se obtiene teóricamente al dividir la suma de todos los flujos vehiculares del año entre los 365 días del mismo, resulta difícil e innecesario realizar aforos todos los días para obtener un valor cuya diferencia con cualquier otro día no será muy grande.

Motivo por el cual se aplica el criterio de la S.C.T. del factor de ajuste  $K'$ , efectivamente, la dependencia efectúa todos los años este tipo de conteos en forma temporal o permanente y obtiene los TDPA para cada tramo en la red carretera; de los resultados que arrojan los aforos, se determina el factor  $K'$ , que corresponde a la relación entre el volumen vehicular de la hora de máxima demanda promedio del año entre el TDPA, quedando la ecuación de la forma siguiente:

$$(1) \dots\dots\dots K' = \text{Volumen Horario (HMD)} / \text{TDPA}$$

Sustituyendo el TDPA; se tiene:

$$(2) \dots\dots\dots \text{TDPA} = \text{Volumen horario (HMD)} / K'$$

Donde el volumen en HMD, corresponde al volumen horario de un día de aforo normal y se divide entre el factor  $K'$ , con lo que se obtiene el TDPA para esa carretera o vía en estudio, este factor se consulta de los Datos Viales editados por la S.C.T. Federal.

### **Pronostico**

El método tradicional para obtener el pronostico es utilizando la Tasa de Crecimiento Anual como interés compuesto, consultándose para ello los Datos Viales de diferentes años.

La ecuación de interés compuesto se señala a continuación:

$$(3) \dots\dots\dots V_f = V_a (1+t)^n$$

Donde:	Vf	Volumen de tránsito a futuro
	Va	Volumen de tránsito actual
	t	Tasa de crecimiento anual
	n	Numero de años del pronóstico

Esta fórmula de aplicación universal y aceptada por la S.C.T. fue la empleada para obtener el volumen de tránsito a futuro, lo cual permite suponer una tendencia de crecimiento lineal, sin prever ninguna situación fuera de lo normal, como lo sería el desarrollo de una zona comercial, habitacional o de servicios, lo que para el ejemplo que nos ocupa no está próximo a ocurrir.

Para la elaboración del pronóstico, se seleccionaron puntos cercanos al tramo en estudio, que representan la movilidad en el área de influencia; para el caso del camino en estudio se aplicaron los datos de la carretera: T.C. (Atzacomulco - Morelia) - Temascalcingo, Clave : 15019, que tiene los parámetros indicados en la tabla 3.3.1, para los efectos de cálculo se tomaron en cuenta las primeras tres estaciones.

**En la siguiente figura se aprecia la ubicación del camino de referencia:**

**Datos Viales:**

T.C. (Atzacomulco - Morelia) - Temascalcingo, Clave : 15019

**DATOS VIALES**

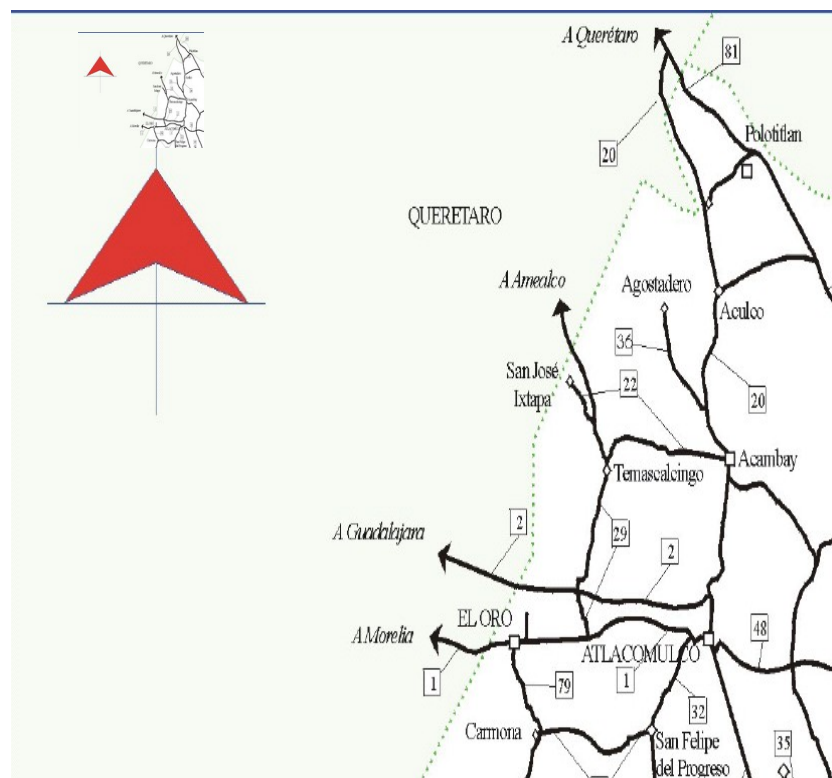


Figura 3.3.5 Datos viales del proyecto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

29 CARR: ENT. BASSOCO - TEMASCALCO													29 CARR: ENT. BASSOCO - TEMASCALCO												
CLAVE: 15019 RUTA: EM-033 AÑO: 2005													CLAVE: 15019 RUTA: EM-033 AÑO: 2005												
LUGAR													LUGAR												
ESTACION													ESTACION												
CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO													CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												
KM TE SC TDPA A B C2 C3 T3S2 T3S3 T3S3R4 OTROS A B C K D													KM TE SC TDPA A B C2 C3 T3S2 T3S3 T3S3R4 OTROS A B C K D												
T.C. ATLACOMULCO-MORELIA													T.C. ATLACOMULCO-MORELIA												
COACHOTITLAN													COACHOTITLAN												
TEMASCALCO													TEMASCALCO												
30 CARR: T.C. (ATLACOMULCO-MORELIA)-TEMASCALCO													30 CARR: T.C. (ATLACOMULCO-MORELIA)-TEMASCALCO												
CLAVE: 15019 RUTA: EM-033 AÑO: 2002													CLAVE: 15019 RUTA: EM-033 AÑO: 2002												
LUGAR													LUGAR												
ESTACION													ESTACION												
CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO													CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO												
KM TE SC TDPA A B C2 C3 T3S2 T3S3 T3S3R4 OTROS A B C K D													KM TE SC TDPA A B C2 C3 T3S2 T3S3 T3S3R4 OTROS A B C K D												
T.C. ATLACOMULCO-MORELIA													T.C. ATLACOMULCO-MORELIA												
COACHOTITLAN													COACHOTITLAN												
TEMASCALCO													TEMASCALCO												

**Tabla 3.3.1 Clasificación vehicular del proyecto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

Con estos datos se procedió a estimar y determinar los volúmenes de tránsito actuales y futuros para el camino.

### Volúmenes de tránsito diario

Las cantidades de vehículos medidos, corresponden a los que circulan en ambos sentidos, durante un periodo de nueve horas efectivas, que posteriormente serán transformadas en Tránsito Diario Promedio Anual TDPA, lo importante será señalar las características del comportamiento del tránsito, a partir de los datos obtenidos en la estación maestra.

El procesamiento de los datos obtenidos, se muestra en los siguientes cuadros, el aforo desglosado, se muestra en los formatos que se anexan en este capítulo, cada día aforado se presenta con sus gráficas de variación horaria y clasificación.

### RESUMEN DE AFOROS

DIA	TRANSITO (Vehículos)								TOTAL
	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3R4	OTROS	
08-Feb	194	19	12	2	0	0	0	8	235
	82.55%	8.09%	5.11%	0.85%	0.00%	0.00%	0.00%	3.40%	100.00%
09-Feb	168	19	9	0	2	0	0	5	203
	82.76%	9.36%	4.43%	0.00%	0.99%	0.00%	0.00%	2.46%	100.00%
10-Feb	133	19	17	4	0	0	0	5	178
	74.72%	10.67%	9.55%	2.25%	0.00%	0.00%	0.00%	2.81%	100.00%
<b>PROM</b>	<b>165</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>205</b>

**Tabla 3.3.2 Resumen de aforos vehiculares por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

Como se observa los volúmenes de tránsito medidos son bajos, la afluencia promedio de los tres días de aforo es de 205 vehículos, en ambos sentidos.

#### TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL

A efecto de calcular el TDPA, con el método antes citado, se consultaron los datos viales editados por la S.C.T. del año 2006 para la consulta del factor K', utilizándose los parámetros que se ilustran en la pagina anterior.

Obteniéndose lo siguiente:

#### FACTOR DE AJUSTE:

Para la Carretera T.C. (Atlacomulco - Morelia) - Temascalcingo; tomando el promedio de las primeras tres estaciones  $K'=0.086$

Con este factor aplicado al volumen de la Hora de Máxima Demanda registrada en los aforos de tres días, se obtuvieron los resultados que se indican a continuación:

DIA	HMD		VOLUMEN EN LA HMD	FACTOR "K" PROMEDIO	T.D.P.A.
08-Feb	10:30	11:30	31	0.086	360
09-Feb	17:00	18:00	33	0.086	384
10-Feb	09:30	10:30	29	0.086	337
<b>PROMEDIO</b>	<b>PROMEDIO</b>		<b>31</b>		<b>360</b>

Tabla 3.3.3 Volumen en la HMD y TDPA por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

De acuerdo con el Manual de Capacidad Vial, existe una diferencia entre los términos; Volumen y Volumen de Demanda Máximo.

El primero se refiere al número total de vehículos que pasan por un punto dado o una sección o carril de un camino durante un intervalo de tiempo dado; el volumen se expresa en términos anuales, diarios, horarios o periodos menores de una hora.

En cuanto al Volumen de Demanda Máximo, es la razón horaria equivalente de los vehículos que pasan por un punto dado o sección de un carril o camino durante un intervalo de tiempo dado menor que una hora.



El volumen de demanda se determina dividiendo el número máximo de vehículos observados en un periodo subhorario, entre el tiempo en horas, en el cual fueron observados

Por ejemplo, para el caso que nos ocupa, el día con el mayor numero de vehículos en la hora de máxima demanda fue el 11 de enero de las 17:00 hrs. a las 18:00 hrs.

Si analizamos en el siguiente cuadro las mediciones a cada 15 minutos, tendremos lo siguiente:

HORA		VOLUMEN	VOLUMEN DE DEMANDA	FHMD
17:00	17:15	5	20	
17:15	17:30	11	<b>44</b>	<b>0.750</b>
17:30	17:45	8	32	
17:45	18:00	9	36	
TOTAL		<b>33</b>		

Tabla 3.3.4 Volúmenes en la HMD por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

### Pronósticos de incremento de tránsito

Tomando como base los datos viales de la S.C.T., del camino que nos ha servido de referencia, entre los años 2003 y 2006, y utilizando la formula  $V_f = V_a(1+t)^n$ , despejando el valor de; "t"= tasa de crecimiento, se tienen los siguientes valores para las estaciones elegidas.

ESTACION	KM	TDPA 2006	TDPA 2003	TASA DE CRECIMIENTO
----------	----	-----------	-----------	---------------------

T.C. (ATLACOMULCO - MORELIA) - TEMASCALCINGO, CLAVE : 15019

T.C. (ATLACOMULCO - MORELIA)	0+000.00	3,801	3,683	1.06%
COACHOTITLAN	10+000.00	3,863	3,625	2.14%
TEMASCALCINGO	15+000.00	3,888	3,568	2.90%

PROMEDIO ESTACIONES				2.03%
---------------------	--	--	--	-------

Tabla 3.3.5 Pronósticos de incremento de tránsito por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

El valor obtenido de tasa de crecimiento, es ligeramente bajo, según los estándares manejados por la S.C.T. que resulta del orden de 3.2 %.

Para fines de cálculos utilizaremos ese valor estándar de 3.2 %

Asimismo, en cuanto a la clasificación del tránsito obtenida, de los aforos realizados solo se tienen valores para algunos tipos de vehículos, como se puede apreciar en la tabla 3.3.2 observándose fuera de la proporción normal, recomendando por ello el empleo de parámetros cercanos al que manejan los datos viales para el camino que nos ha servido de referencia y que para el caso se muestra en la tabla 3.3.6 siguiente:

DIA	TRANSITO (Vehículos)								
	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3R4	OTROS	TOTAL
RESUMEN DE TRES DIAS	165	19	13	2	1	0	0	6	205
	80.36%	9.25%	6.17%	0.97%	0.32%	0.00%	0.00%	2.92%	100.00%

Extracto tabla 3.3.2, solo existen valores para A, B, C2, C3 Y OTROS

ESTACION	TRANSITO (Vehículos)								
	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3R4	OTROS	TOTAL
T.C. (ATLACOMULCO - MORELIA) - TEMASCALCINGO, CLAVE : 15019									
PROMEDIO ESTACIONES	89.83%	2.67%	3.33%	1.87%	0.60%	0.67%	0.00%	1.03%	100.00%

Tabla 3.3.6 Promedio de tránsito en estaciones por Ingeniería Civil con excelencia S.

Haciendo un pronóstico de crecimiento con el TDPA promedio, la tasa de crecimiento citada y la fórmula  $V_f = V_a (1+t)^n$  tenemos para el camino en estudio lo siguiente:

TDPA actual	Tasa de crecimiento anual (t)	TDPA FUTURO			
		5 años	10 años	15 años	20 años
360	3.20%	422	494	578	677
VEHICULOS		VEHICULOS	VEHICULOS	VEHICULOS	VEHICULOS

Tabla 3.3.7 TDPA futuro por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V

Estos valores son aplicables considerando una tendencia de crecimiento natural, sin considerar generación o inducción, lo que sería una situación no prevista.

Para el caso es seguro que se presente un crecimiento inmediato del tránsito. Este fenómeno es repetitivo cuando una vialidad se moderniza; por una parte es atractivo para las rutas de transporte y por otra se prefiere sobre otros accesos de terracería.

### **Tránsito Generado**

También se conoce como tránsito asignado y significa el incremento del tránsito por la aportación de otras vialidades o la preferencia de los usuarios, su cálculo se realiza en función del tránsito medido.

Para el caso como se ha mencionado, debe considerarse que por las condiciones actuales del camino, una buena parte de los posibles usuarios se ven desalentados, situación que se vera corregida al cambiar las condiciones del camino.

Por esa razón se consideró apropiado incrementar un porcentaje del TDPA del camino equivalente al 10 %.

### **Tránsito de Desarrollo**

Se refiere al tránsito resultante por la construcción de la vialidad, este tipo de tránsito es muy variado y depende en gran medida del criterio de quien realiza el cálculo, los porcentajes pueden oscilar entre el 5 y el 30%.

Este incremento es el que se refiere al tránsito que ahora no circula por el camino, pero que una vez pavimentado podría hacer uso de él. Se considero para efectos de cálculo un 20 %.

Posteriormente se presenta una tabla con el cálculo del T.D.P.A. definitivo considerando los factores de inducción y generación, además de la clasificación vehicular antes señalada y que a continuación se presenta en forma de grafica.

### **Clasificación vehicular**

El análisis de las características del tránsito llevó a determinar la composición vehicular, para el caso que nos ocupa, la mayoría del tránsito medido corresponde a vehículos tipo "A", el Tipo "B" y "C" figura muy poco.

En el anexo H se presentan graficas de composición vehicular para cada día aforado, la siguiente tabla es un resumen:

VEHICULOS	CLASIFICACION			PROMEDIO
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	
AUTOMOVILES "A"	82.55%	82.76%	74.72%	80.01%
AUTOBUSES "B"	8.09%	9.36%	10.67%	9.37%
CAMION 2 EJES "C2"	5.11%	4.43%	9.55%	6.36%
CAMION 3 EJES "C3"	0.85%	0.00%	2.25%	1.03%
CAMION T3 - S2	0.00%	0.99%	0.00%	0.33%
CAMION T3 - S3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
CAMION T9 - S3 - R4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
OTROS	3.40%	2.46%	2.81%	2.89%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabla 3.3.8 Composición vehicular en resumen por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V

DIA	TRANSITO (Vehiculos)								
	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S3R 4	OTROS	TOTAL
RESUMEN DE TRES DIAS	<b>165</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>205</b>
	80.36%	9.25%	6.17%	0.97%	0.32 %	0.00%	0.00%	2.92%	<b>100.00%</b>

La grafica de esta composición se muestra enseguida:

### CLASIFICACION PROMEDIO DEL AFORO DE 3 DIAS

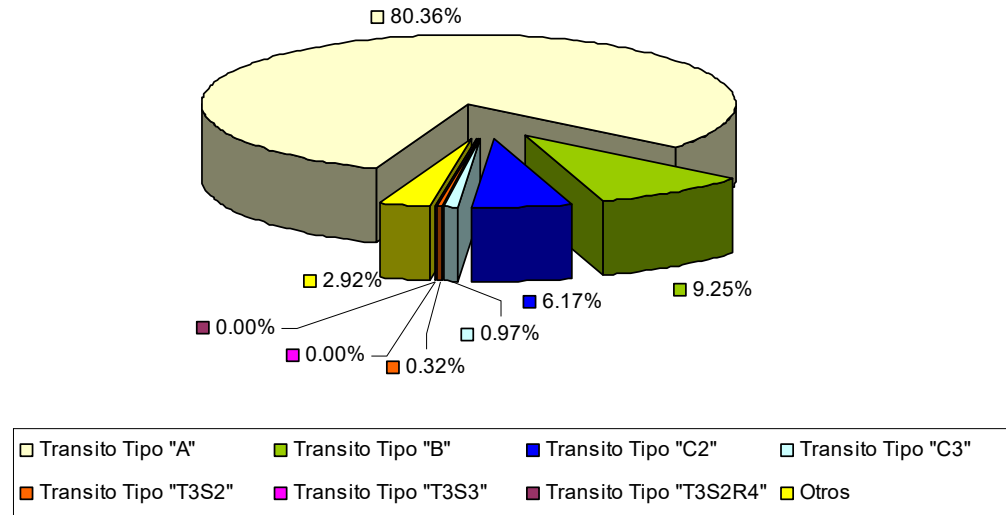
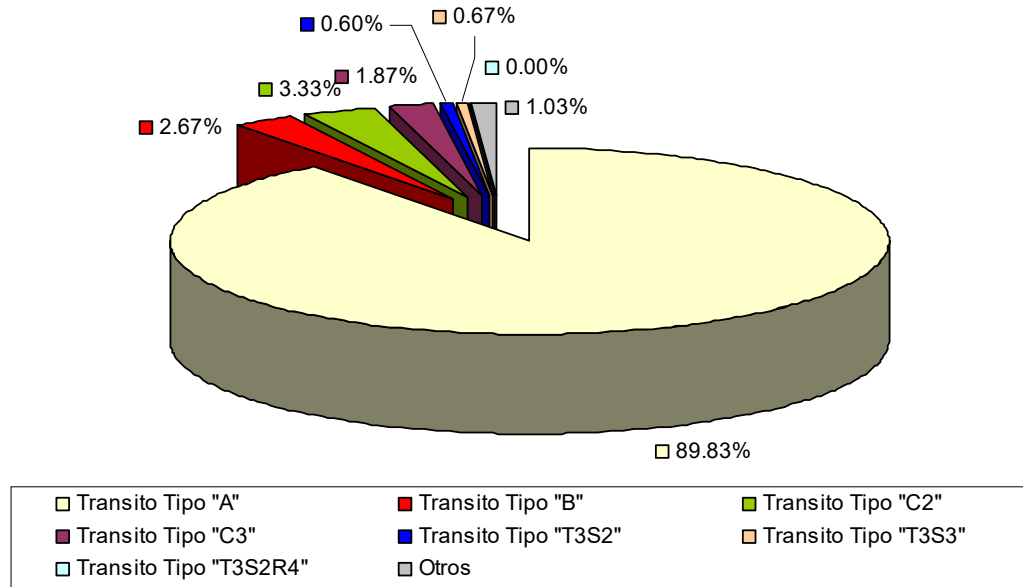


Figura 3.3.6 Clasificación del aforo a 3 días por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

Atendiendo a la recomendación de algunos especialistas, de asignar un porcentaje de transito de acuerdo a la clasificación que presenten algunos caminos cercanos, a continuación se presenta la clasificación del camino que nos ha servido de referencia en los estudios, promediando las estaciones que se citaron en párrafos anteriores.

Cabe mencionar que para efectos de calculo del T.D.P.A. de diseño, se tomo en cuenta esta clasificación, contemplando que una vez concluida la obra podrá convertirse en una ruta atractiva para todo tipo de transito.

**CLASIFICACION DEL CAMINO T.C. (ATLACOMULCO - MORELIA) -  
TEMASCALCINGO, SEGUN DATOS VIALES**



**Figura 3.3.7 Clasificación del aforo a 3 días por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.**

**CON LA INFORMACIÓN OBTENIDA, A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UNA TABLA EN LA QUE SE RESUME EL CALCULO DEL T.D.P.A.**

<b>T.D.P.A. de diseño</b>										
<b>KM 2+520 DESVIACION DERECHA DEL CAMINO TEPEOLULCO - POTLA EJIDO, AL KM 3+480 DEL CAMINO TEPEOLULCO - POTLA EJIDO</b>										
FACTOR "K"	CLASIFICACION	TRANSITO MEDIDO	TRANSITO DE DESARROLLO	TRANSITO ASIGNADO	T.D.P.A. ACTUAL	T.D.P.A. A UN HORIZONTE DE PROYECTO T=10 AÑOS	TRANSITO HORARIO PARA 10 AÑOS	T.D.P.A. A UN HORIZONTE DE PROYECTO T=15 AÑOS	TRANSITO HORARIO PARA 15 AÑOS	CLASIFICACION
							<b>TASA DE CRECIMIENTO = 3.20%</b>			
<b>0.0860</b>	A	324	65	32	421	577	50	675	58	89.83%
	B	10	2	1	12	17	1	20	2	2.67%
	C2	12	2	1	16	21	2	25	2	3.33%
	C3	7	1	1	9	12	1	14	1	1.87%
	T3S2	2	0	0	3	4	0	5	0	0.60%
	T3S3	2	0	0	3	4	0	5	0	0.67%
	T3S2R4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	OTROS	4	1	0	5	7	1	8	1	1.03%
	<b>TOTAL</b>	<b>360</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>469</b>	<b>642</b>	<b>55</b>	<b>752</b>	<b>65</b>	<b>100.00%</b>
<b>Tabla 3.3.9 TDPA de diseño por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V</b>										

### 3.4 TIEMPOS DE RECORRIDO

Estos estudios, forman parte de los estudios y proyectos para la pavimentación del camino; Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco - Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido, en su apartado de Estudios de Ingeniería de Transito.

Un elemento que nos permite evaluar las características operativas respecto a la vialidad de un camino, son las velocidades que se desarrollan en una longitud de circulación determinada; motivo por el cual, se lleva a cabo un estudio de tiempos de recorrido y demoras con las características imperantes actuales del camino.

Para el desarrollo de los estudios que aquí se tratan se empleo el método del "Vehículo flotante", que consiste en circular en conjunto con el bloque vehicular bajo las condiciones actuales del camino.

Para llevar a cabo este estudio, fue necesario establecer puntos de control para la toma de tiempos y facilitar la obtención de datos.

Por otra parte tomando en cuenta las condiciones de la superficie de rodamiento del camino (revestimiento), el estudio se realizó también basándose en velocidades observadas en otros vehículos que circulan por el mismo, determinando a cada kilómetro los puntos de referencia.

Por lo tanto, se efectuaron recorridos en las horas pico, tomando en cuenta las causas más significativas por las cuales se detiene el transito. Estos resultados permitieron obtener las velocidades en diferentes tramos del camino y los tiempos de recorrido, que dicho sea de paso, se comportan muy similares manteniendo la velocidad en los tramos en buen estado y disminuyendo notablemente la velocidad en los tramos críticos.

#### **Estudios realizados**

Como es sabido, la velocidad es el parámetro operativo que nos permite evaluar los tramos de una vialidad que apoya los resultados de los estudios de Índice de Servicio (ISA), y que persigue dos finalidades específicas:

- .. Evaluar las condiciones operativas del camino por tramos.
- .. Determinar los tiempos de recorrido actuales.

Para este efecto se llevaron a cabo los recorridos en un periodo pico, realizándose todos los recorridos en un solo día, en ambos sentidos; tomando registros de los tiempos a cada kilómetro, por no existir referencias físicas importantes y aunque también se pretendió tomar demoras, no se llevo este registro por no existir factores que las propicien, pues como se menciona, aun cuando el camino toca zonas habitadas, no se interrumpe la circulación.



Con base en los tiempos y las distancias, se estimaron las velocidades en los tramos del camino, los resultados se presentan en las graficas y cuadros anexos:

Se presentan tres reportes, cada reporte se compone de:

- Tabla con los resultados de la medición por kilómetro.
- Grafica de tiempos de recorrido, por tramos de un Kilómetro.
- Grafica de tiempos de recorrido acumulados.
- Grafica de velocidad de operación.

Se realizaron tres recorridos con diferentes vehículos, dos en el sentido del **Km 0+000 al km 2+400**, y uno más en sentido inverso.

- En el tramo de trabajo del km **0+000 al km 2+400**; La velocidad de circulación para un automóvil, de características promedio, fue de 22.90 Km/Hr, con un tiempo de recorrido de 6.28 minutos.
- Para un vehiculo "C2" (camión), La velocidad de circulación, fue de 16.09 Km/Hr, con un tiempo de recorrido de 8.95 minutos.
- Mientras que, para un vehiculo "b" (camión), La velocidad de circulación, fue de 18.74 Km/Hr, con un tiempo de recorrido de 7.68 minutos.

Se presentan en el anexo I, las tablas y graficas de estos registros.

En estas graficas, puede observarse que existe congruencia entre los estudios realizados de inventario, ISA y tiempos de recorrido, los tramos con un menor índice de servicio se aprecian como saltos en las graficas, con baja de vlocidad o aumento del tiempo de recorrido, esto se mantiene uniforme para los dos tipos de vehículos evaluados.

### 3.5 VELOCIDAD DE PUNTO

Los estudios que se mencionan a continuación, forman parte de los estudios y proyectos para la pavimentación del camino; Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco - Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido, en su apartado de Estudios de Ingeniería de Transito.

El objetivo de este en particular, es obtener la velocidad que desarrolla cada tipo de vehículo y mediante el mismo determinar un valor para el proyecto de la vialidad.

La forma de realizar el estudio es seleccionando un tramo recto en terreno plano con una longitud de 50.0 m ubicándolo en la estación maestra. El registro de tiempos se llevó a cabo iniciando cuando el ultimo eje del vehículo cruzaba la línea ubicada a los 0.0 m y el tiempo final cuando el eje trasero cruzaba la línea ultima, ubicada a los 50.00 m. cada vehículo fue clasificado según la composición vehicular descrita líneas antes.

#### Estudios realizados

La velocidad de punto se aplico para inferir la velocidad de los diferentes tipos de vehículos en un tramo representativo del camino, se tomo el sitio de registro en el lugar donde se ubico la estación maestra, por tener las características para poder cronometrar las velocidades de circulación de los vehículos.

Para el estudio se tomo una muestra en diferentes periodos del día, registrando vehículos en forma aleatoria, tanto en sentido de circulación, como en tipo de vehículo, la estación de medición tuvo una longitud de 50.00 m y los tiempos se midieron con cronometro por segundos.

Las mediciones se realizaron en los kilómetros del 0+040 al 0+090, Km. 0+900 al 0+950 Y Km. 1+940 al 1+990 en tramos de camino abierto.

Los resultados y el proceso de la información se muestran a continuación:

Registro No. 1

ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO					
<b>ESTACION DE TRABAJO:</b> KM 0+040.00 - 0+090.00					
<b>CARACTERISTICAS DEL TRAMO:</b>					
Tangente					
<b>CAMINO:</b>					
Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido					
					
Vehículo	Tipo	Sentido	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Velocidad Km/h
1	A	Del km 2+400 al km 0+000	13	50	13.85
2	A	Del km 0+000 al km 2+400	10	50	18.00
3	A	Del km 2+400 al km 0+000	11	50	16.36
4	C2	Del km 2+400 al km 0+000	17	50	10.59
5	A	Del km 0+000 al km 2+400	12	50	15.00
<b>Promedio.</b>			<b>15.75</b>		<b>10.54</b>

Tabla 3.5.1 Registro 1 Velocidad de punto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V

Registro No. 2

ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO					
<b>ESTACION DE TRABAJO:</b> KM 0+900.00 AL KM 0+950.00					
<b>CARACTERISTICAS DEL TRAMO:</b>					
Tangente con pendiente suave					
<b>CAMINO:</b>					
Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco - Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido					
Vehículo	Tipo	Sentido	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Velocidad Km/h
6	B	Del km 2+400 al km 0+000	14	50	12.86
7	C2	Del km 0+000 al km 2+400	13	50	13.85
8	A	Del km 2+400 al km 0+000	11	50	16.36
9	A	Del km 2+400 al km 0+000	10	50	18.00
10	C2	Del km 0+000 al km 2+400	15	50	12.00
11	A	Del km 2+400 al km 0+000	12	50	15.00
<b>Promedio .</b>			<b>15.00</b>		<b>9.79</b>

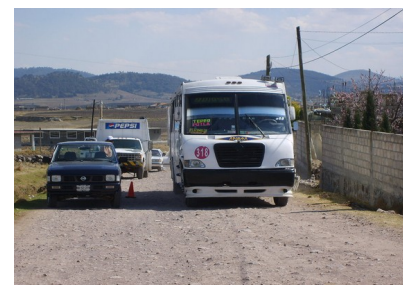


Tabla 3.5.2 Registro 2 Velocidad de punto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V

Registro No. 3


ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO					
<b>ESTACION DE TRABAJO:</b> KM 1+940.00 AL KM 1+990.00					
<b>CARACTERISTICAS DEL TRAMO:</b> Tangente con pendiente suave					
<b>CAMINO:</b> Del Km. 0+000 al Km. 2+400, sobre el Km. 2+520 desviación derecha del camino Tepeolulco - Potla Ejido, al entronque en el Km. 3+480 del camino Tepeolulco - Potla Ejido					
Vehículo	Tipo	Sentido	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Velocidad Km/h
12	A	Del km 2+400 al km 0+000	13	50	13.85
13	A	Del km 2+400 al km 0+000	11	50	16.36
14	A	Del km 0+000 al km 2+400	14	50	12.86
15	A	Del km 2+400 al km 0+000	10	50	18.00
16	A	Del km 0+000 al km 2+400	11	50	16.36
		<b>Promedio.</b>	<b>14.75</b>		<b>8.60</b>

Tabla 3.5.3 Registro 3 Velocidad de punto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V

Los valores promedio obtenidos en las tablas anteriores muestran una cierta uniformidad en la velocidad para vehículos del mismo tipo, en general el rango de velocidad oscila de los 12 a los 16 Km/h.

Es necesario aclarar que la velocidad de punto no es la misma que la velocidad de operación, ya que esta última es el promedio de varios recorridos en tramos homogéneos; mientras que la velocidad de punto representa una sola sección.

Tratándose de la modernización de un camino que pasara de revestido a pavimentado, no es útil la comparación de la velocidad de punto o velocidad de operación, pues no será esta velocidad la que se emplee en los diseños, ya que se espera que estas velocidades mejoren con la pavimentación. Sin embargo nos da idea de las costumbres en el comportamiento del tránsito y nos ayuda a proporcionar velocidades de Proyecto.

A continuación una grafica con los valores promedio de velocidad de punto para los tipos de vehículo aforados en el camino:

### COMPARACION DE LA VELOCIDAD DE PUNTO

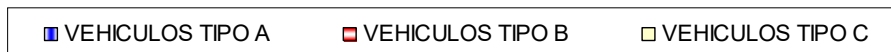
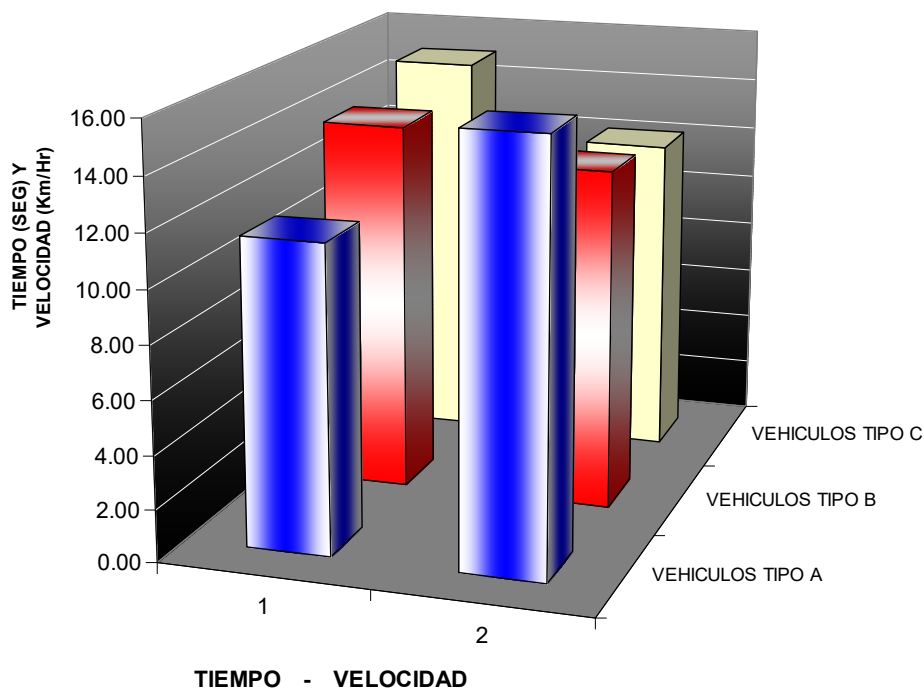


Figura 3.5.1 Comparativa de la velocidad de punto por Ingeniería Civil con excelencia S.A. de C.V.

## 3.6 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

### Dispositivos para el control de tránsito

Son dispositivos que se colocan sobre ó adyacente a las calles y carreteras por una autoridad pública. Para prevenir sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza; regular el tránsito señalando la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen su uso; guiar oportunamente a los usuarios a lo largo de sus itinerarios, transmitiéndoles indicaciones relacionadas con su seguridad y con la protección de las vías de comunicación, para regular y canalizar correctamente el tránsito de vehículos y peatones.

### Requisitos generales

- Satisfacer una necesidad
- Llamar la atención
- Transmitir un mensaje simple y claro
- Imponer respeto a los usuarios del camino
- Estar en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo para reaccionar

### Consideraciones básicas

- **Proyecto**

Características como forma, tamaño, color, contraste, composición, reflexión, deben llamar la atención del usuario y transmitir un mensaje claro y simple.

- **Ubicación**

El dispositivo deberá estar ubicado dentro del cono visual del conductor para llamar la atención, facilitar su lectura e interpretación.

- **Conservación**

Los dispositivos se deberán aplicarse de manera consistente, con el fin de encontrar igual interpretación de los problemas de tránsito.

- **Uniformidad:**

Los dispositivos deberán mantenerse física y funcionalmente conservados, limpios y legibles.

### Materiales retroreflejantes

Son aquellas películas plásticas flexibles y auto adheribles que tienen la capacidad de retroreflexión, esto es, la propiedad reflejar la luz que incide sobre ellas predominante en dirección a la fuente luminosa.

Utilizada en las vialidades como parte integral del señalamiento vertical, así como en algunos elementos del señalamiento horizontal.

## Clasificación de los dispositivos de control

### Señales preventivas

Son señales que requieren que los conductores tomen las precauciones del caso ya sea reduciendo la velocidad ó realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y las de los peatones. Se muestran algunas señales en la figura 4.2.4.1.



Figura 3.6.1 Señales preventivas por SCT emitidas en el manual para el control de tránsito y calles.

### Señales restrictivas

Son señales gráficas cuyo objetivo es informar a conductores y peatones, tanto en áreas urbanas como suburbanas, del lugar donde existen las restricciones y prohibiciones que sirven para regular el uso de la vía pública. Se muestran algunas señales en la figura 3.6.2.

Se instalan en lugares donde existe alguna limitación o prohibición. El mensaje de la señal debe indicar claramente los requerimientos impuestos por la restricción, y debe ser visible y legible para el conductor del vehículo o el peatón.

Se colocan únicamente con la autorización de la dependencia oficial competente, con el propósito de restringir a los usuarios bajo ciertas condiciones.

Ninguna señal puede llevar un mensaje que no sea esencial para el control de tránsito y queda prohibida por ende, la utilización de las señales o de sus elementos de instalación para colocar publicidad o mensajes no autorizados. Como se muestra en la figura 3.6.2.





Figura 3.6.2 Señales restrictivas por SCT emitidas en el manual para el control de tránsito en calles y carreteras.

### Señales turísticas y de servicio

Las señales turísticas y de servicios se utilizan para informar a los usuarios la existencia de un servicio ó de un lugar de interés turístico y recreativo. En algunos casos estas señales podrán usarse combinadas con una informativa de destino en un mismo tablero. Como se muestra en la figura 3.6.3.



Figura 3.6.3 Señales turísticas y de servicios por SCT emitidas en el manual de señalamiento turístico y de servicios.

## Señales informativas

Son aquellas que se encargan de dar información al conductor como nombres de carreteras, carriles de rebase, etc. Para la seguridad del usuario.

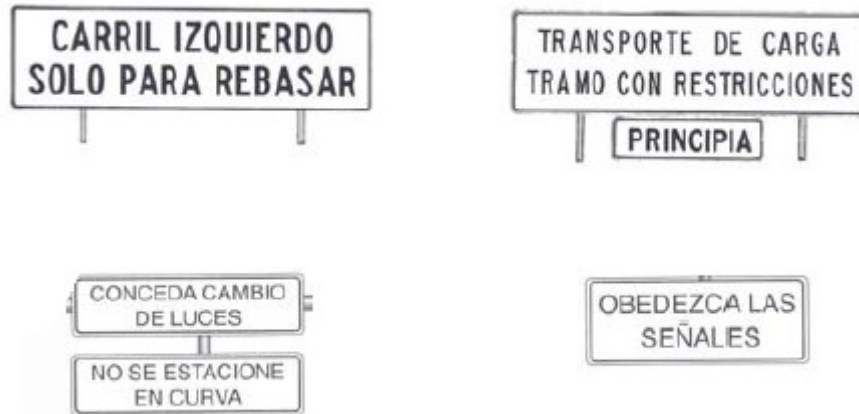


Figura 3.6.4 Señales informativas por SCT emitidas en el manual para el control de tránsito en calles y carreteras.

## Marcas

Las marcas en el pavimento ó en los obstáculos son utilizados con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. Sirven, en algunos casos, como suplemento a las señales y semáforos en el control del tránsito; en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía. Como se muestra en la figura 4.2.4.5.

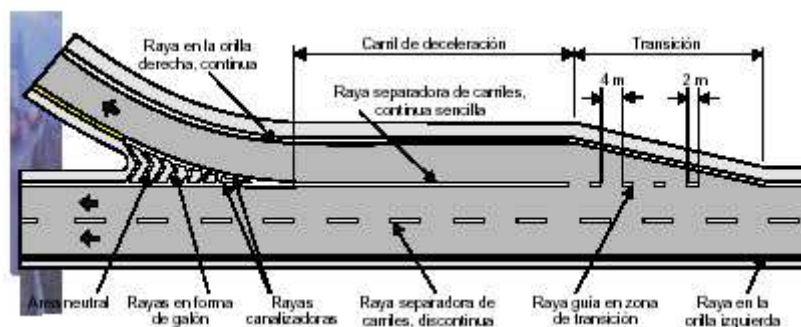


Figura 4.6.5 Marcas horizontales por SCT emitidas en el manual para el control de tránsito en calles y carreteras.

## Obras y dispositivos diversos

Son aquellos dispositivos que su función es guiar el tránsito de manera segura, colocándose señalamientos sobre la carretera y protecciones a su alrededor.



Figura 3.6.6 Dispositivos visuales por SCT emitidas en el manual para el control de tránsito en calles y carreteras.

## Dispositivos para protección en obra

Son aquellos señalamientos que son utilizados para prevenir al conductor de una obra en construcción, con la intención que disminuya su velocidad y tome sus debidas precauciones. Como se muestra en la figura 4.2.4.7.



Figura 3.6.7 Dispositivos para protección de obra por SCT emitidas en el manual para el Control de tránsito en calles y carreteras.

## Semáforos

Son dispositivos de señalización posicionados en intersecciones de calles, pasos de peatones y otros lugares para regular el tráfico de vehículos y el tránsito de peatones.



Figura 3.6.8 Dispositivos eléctricos por SCT emitidas en el manual para el control de tránsito en calles y carreteras.

En el manual de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras, y señalamiento turístico y de servicios por la secretaria de comunicaciones y transportes, México. 2008. se emiten las figuras mostradas en este capítulo.

El proyecto de señalamiento horizontal y vertical se trazó sobre la planta geométrica original, en el plano se incluyen también algunas especificaciones, así como cuantificación y características de las señales, tanto horizontales como verticales. (Anexo A)

El proyecto de señalamiento horizontal y vertical se producirá de acuerdo al manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras de la S.C.T. Federal, vigente.

## CONCLUSIONES

De vital importancia es considerar que el desarrollo de cualquier comunidad, población o país depende en gran medida de las Vías de Comunicación con que se cuenten.

Se puede establecer entonces que este desarrollo depende en gran medida de la infraestructura y para contar con ella es indispensable tener vías terrestres de comunicación que permitan el progreso y evolución de la misma.

De un buen estudio y proyección de desarrollo, se deriva el proyecto adecuado de la vía terrestre de comunicación, entonces el proyecto de modernización para esta vía que tiene por objeto el crecimiento, tanto económico como cultural de ésta región que se presenta, se considera viable y rentable, tomando en cuenta lo expuesto en los capítulos anteriores y la experiencia propia, en cuanto a lo que la comunidad requiere y se irá acrecentando dependiendo de su auge.

En la etapa de proyecto se deben hacer los estudios necesarios para saber con que materiales se cuenta e indicar los tratamientos a los que deben estar sujetos para poder utilizarse en las diferentes partes de la estructura.

Cuando la obra esté en construcción se debe verificar que los materiales que lleguen a los diferentes frentes sean los adecuados, que se tengan los tratamientos y que se utilicen los procedimientos de construcción marcados en los proyectos; se deben revisar la geometría horizontal, transversal y vertical, así como los espesores y posición de las capas.

También nos pudimos dar cuenta, en la realización de los trabajos de topografía, en los que estuvimos involucrados directamente, que la retroalimentación es indispensable en cualquier obra civil, para que las experiencias que se hayan tenido durante la medición, elaboración y construcción, se tomen en cuenta para modificar total o parcialmente las especificaciones y los proyectos.

El proyecto del camino se realizó conservando el nivel de rasante existente con modificaciones menores en ciertos tramos, provocando cortes y terraplenes para mejorar el alineamiento vertical y también para alojar obras de drenaje menor.

En cuanto a la normatividad de proyecto, se pretende cumplir con las correspondientes al tipo "C" en cuanto a pendientes longitudinales, anchos de corona, cunetas y grados de curvatura efectuando el proyecto para una velocidad de 40 Km/h.

## **BIBLIOGRAFÍA**

A Policy on Geometric Design of Rural Roads. American Association of State Highway Officials (AASHO), Washington, D.C, U.S.A. 1965.

Anteproyecto de normas SCT de proyecto. Construcción y conservación de la infraestructura del transporte. Parte 2.01, Proyecto Geométrico. Tomo I. Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro., 1992.

Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas, Carreteras y Aeropistas, "Materiales para Terracerías", S.CT. Libro 6.01.01, sección 002-K.03, pp.1 70.

"Guide for the Design of Pavements Structures ", American Association of State Highway Transportation Officials, AASHTO, 1993, anexo D.

"Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras"; Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaria de Infraestructura; México, D.F. 1986

Cárdenas Grisales James. Diseño geométrico de carreteras. Editorial ECOE, 2004.

Das Braja M. Fundamentos de ingeniería geotécnica. Editorial Thomson Learning, 2001.

Datos viales del estado de México. Secretaria de Comunicaciones y Transportes. México 2009.

Especificaciones generales de construcción. Proyecto geométrico. Secretaria de comunicaciones y transportes. México 1984.

García Márquez Fernando, Curso básico de topografía, Primera reimpresión. México D. F.: Editorial Concepto, S.A., 1988.

González de Vallejo L. I., Ferrer M., Ortuño L. y Oteo C., Ingeniería Geológica. Editorial Pretince Hall, 2002.

Juárez Badillo Eulalio y Ricos Rodríguez Alfonso. Mecánica de Suelos, Tomo I. Editorial Limusa, 2000.

Rodríguez Rufino Gabriel, Alonso Salomón Lauro. Carreteras. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. México 2005.

Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras. Secretaria de comunicaciones y transportes, México 2008.

Manual de Señalamiento Turístico y de Servicios. Secretaria de comunicaciones y transportes, México 2008.

Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), México, D.F., 1977

Montes de Oca Miguel, Topografía, Cuarta edición revisada. México D. F.: Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V., 1989.

Normas de Servicios Técnicos. Libro 2, Parte 2.01. Proyecto Geométrico, Título. 2.01.01 Carreteras. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT. México, D.F., 1984.

Normas técnicas para levantamientos geodésicos publicadas en el Diario Oficial de la Federación de fecha 27 de abril de 1998.

Paul R. Wolf y Russell C. Brinker, Topografía, Novena Edición. México D. F.: Editorial Alfaomega Grupo, S.A. de C.V., 1997.

Reglamento Sobre el Peso. Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Auto transporté que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM- 012-2-2002. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Transporte. Diario Oficial de la Federación, México. 25 de Enero de 2002.