



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCESO CONSTRUCTIVO DEL KM. 0+000 AL KM 11+000  
DEL TRAMO CARRETERO TALEA DE CASTRO-SANTIAGO LALOPA,  
UBICADO EN EL ESTADO DE OAXACA.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:  
ANTONIO BERDEJA ARBEU**

**ASESOR:  
ING. MARCOS TREJO HERNANDEZ.**



**MEXICO, D.F. 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# **INGENIERIA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**PROCESO CONSTRUCTIVO DEL KM. 0+000 AL KM. 11+000  
DEL TRAMO CARRETERO TALEA DE CASTRO - SANTIAGO LALOPA,  
UBICADO EN EL ESTADO DE OAXACA.**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:  
ANTONIO BERDEJA ARBEU**

**ASESOR:  
ING. MARCOS TREJO HERNANDEZ.**

**MEXICO, D.F. 2012**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOM/  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/TIT/013/11

Señor  
ANTONIO BERDEJA ARBEU  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el p  
ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como te  
su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROCESO CONSTRUCTIVO DEL KM. 0+000 AL KM 11+000 DEL TRAMO CARRETERO TALEA/  
CASTRO-SANTIAGO LALOPA, UBICADO EN EL ESTADO DE OAXACA"**

INTRODUCCIÓN

I. DESARROLLO DE LOS CAMINOS

II. METODOLOGÍA

**AGRADECIMIENTOS.**

A mis padres, RAUL E IRMA,  
Por su guía y apoyo incondicional en cada una de mis decisiones personales y  
profesionales,  
A mis hermanos RAUL, IRMA Y LUPITA,  
Por su cariño, ejemplo y apoyo,  
A mis ABUELOS, TIOS y PRIMOS,  
Por su ejemplo de rectitud y honestidad,  
A mi esposa YESI,  
Por todo su amor, cariño, y aliento para seguir siempre adelante, y  
A mi hija XIMENA,  
Por llenar de bendiciones y felicidad mi vida.

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>Pág. 5</b>
Antecedentes Históricos.	Pág. 5
Planteamiento del problema.	Pág. 5
Objetivos.	Pág. 6
Objetivo general.	Pág. 6
Objetivos específicos.	Pág. 6
Preguntas de investigación.	Pág. 6
Justificación.	Pág. 6
Delimitación.	Pág. 7
<b>CAPÍTULO 1 DESARROLLO DE LOS CAMINOS</b>	<b>Pág. 8</b>
1.1. Definición de camino.	Pág. 8
1.2. Antecedentes de los caminos en México.	Pág. 8
1.3. Inventario de caminos.	Pág. 9
1.3.1. Odómetro.	Pág. 9
1.3.2. Sistemas de Información Geográfico.	Pág. 9
1.3.3. Aplicaciones del inventario de caminos.	Pág. 10
1.4. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto.	Pág. 10
1.4.1. El problema del tránsito.	Pág. 10
1.4.2. Soluciones para el problema de tránsito.	Pág. 11
1.5. Velocidad.	Pág. 11
1.6. Volumen de tránsito.	Pág. 12
1.7. Densidad de tránsito.	Pág. 13
1.8. Derecho de vía.	Pág. 13
1.9. Capacidad y nivel de servicio.	Pág. 14
1.10. Distancia de visibilidad de rebase.	Pág. 15
1.11. Mecánica de suelos.	Pág. 15
1.11.1. Suelos, origen y formación.	Pág. 15
1.11.2. Relaciones volumétricas y gravimétricas.	Pág. 17
1.11.3. Granulometría de los suelos.	Pág. 17
1.11.4. Curva Granulométrica.	Pág. 18
1.11.5. Graduación de un suelo	Pág. 19
1.11.6. Descripción del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).	Pág. 19
1.11.7. Plasticidad de los suelos.	Pág. 20
<b>CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA.</b>	<b>Pág. 23</b>
2.1. Método empleado.	Pág. 23
2.1.1 Método científico.	Pág. 23
2.1.2 Método matemático.	Pág. 24
2.2 Enfoque de la investigación.	Pág. 24

2.2.1 Alcance de la investigación.	Pág. 24
2.3. Diseño de la investigación.	Pág. 24
2.4. Instrumentos de recopilación de datos.	Pág. 25
2.5. Descripción del procedimiento de investigación.	Pág. 25
<b>CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO.</b>	<b>Pág. 26</b>
3.1 Tipo de carreteras.	Pág. 26
3.2 Alineamiento vertical.	Pág. 26
3.3 Alineamiento horizontal.	Pág. 27
3.4 Sección transversal.	Pág. 28
<b>CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE LOCALIZACION.</b>	<b>Pág. 33</b>
4.1 Localización.	Pág. 33
4.2 Hidrografía.	Pág. 34
4.2.2 Hidrología superficial.	Pág. 34
4.3 Clima.	Pág. 36
4.4 Estratigrafía.	Pág. 38
4.4.1 Geología Económica.	Pág. 38
4.5 Fisiografía.	Pág. 38
4.5.1 Posibilidades de Uso Agrícola.	Pág. 39
4.6 Vegetación.	Pág. 40
4.7. Reporte fotográfico.	Pág. 41
4.8 Estudio de transito.	Pág. 42
4.8.1 Estudio de transito del subtramo.	Pág. 42
4.8.2 Clasificación vehicular.	Pág. 42
4.9. Estudio del drenaje.	Pág. 43
<b>CAPÍTULO 5 MODERNIZACION DEL CAMINO.</b>	<b>Pág. 45</b>
5.1. Condiciones actuales del camino.	Pág. 45
5.2. Trabajos de Modernización.	Pág. 45
5.3. Clasificación de tipos de camino.	Pág. 46
5.4. Población Objetivo.	Pág. 47
<b>CAPÍTULO 6 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.</b>	<b>Pág. 48</b>
6.1. Trazo y nivelación.	Pág. 48
6.2. Capa Subrasante.	Pág. 49
6.3. Capa Base Hidráulica.	Pág. 51
6.4. Riego de impregnación.	Pág. 55
6.5. Carpetas con mezcla asfáltica en caliente.	Pág. 58
<b>CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES</b>	<b>Pág. 62</b>
RECOMENDACIONES.	Pág. 62
FUENTES BIBLIOGRAFICAS.	Pág. 63
FUENTES ELECTRONICAS.	Pág. 64

## **INTRODUCCIÓN**

### **Antecedentes Históricos.**

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

Con la invención de la rueda apareció la carreta jalada por personas o por bestias y fue necesario acondicionar los caminos para que el tránsito se desarrollara lo más rápido y pronto posible; los espartanos y los fenicios hicieron los primeros caminos de que se tiene noticia, los romanos los construyeron tanto en la península itálica, como varios puntos de Europa, África y Asia para extender sus dominios. Cuando las vías peatonales se formaron sobre terrenos blandos o de lodazales, las tribus trataban de mejorar las condiciones colocando piedras en el trayecto para evitar resbalar o sumergir los pies en el lodo.

Los caminos para carreteras se revestían de tal forma que las ruedas no se incrustarán en el terreno; para construir estos revestimientos se utilizaban desde piedra machacada hasta empedrados; la colocación de las piedras o revestimientos en los lodazales de caminos peatonales tenía la finalidad de que las vías recibieran las cargas sin ruptura estructural, así como el de distribuir los esfuerzos en zonas cada vez más amplias con la profundidad para que lo soportara el terreno natural. Éstas son también las funciones principales de los pavimentos actuales.

### **Planteamiento del problema.**

En la presente tesis se revisará el proceso constructivo del km 0+000 al km 11+000.00 km del tramo carretero TALEA DE CASTRO – SANTIAGO LALOPA en el municipio de TALEA DE CASTRO, en el estado de OAXACA

Fundamentalmente, se analizará el proceso constructivo empleado en la construcción del camino carretero que tiene como origen TALEA DE CASTRO y destino final SANTIAGO LALOPA, con la finalidad de evaluar, si los métodos constructivos empleados son los correctos desde el punto de vista técnico.

## **Objetivos.**

### **Objetivo general.**

Revisión del proceso constructivo del tramo carretero TALEA DE CASTRO – SANTIAGO LALOPA, del km 0+000 al km 11+000, ubicado en el estado de OAXACA.

### **Objetivos específicos.**

- 1.- Definir qué es una vía terrestre.
- 2.- Establecer qué es un proceso constructivo.
- 3.-Definir cuáles son las ventajas de un proceso constructivo adecuado.

### **Preguntas de investigación.**

- Pregunta principal

¿El proceso constructivo empleado en la construcción del camino TALEA DE CASTRO – SANTIAGO LALOPA del km 0+000 al km 11+000 fue el adecuado?

- Pregunta secundaria

¿Qué es un proceso constructivo?

¿Para qué sirve un proceso constructivo?

¿Cuáles son las ventajas de que se realice un buen proceso constructivo?

### **Justificación.**

Es vital, la planeación del proceso constructivo de camino carretero ya que, si se realiza el análisis, se tendrá ahorro en el tiempo de ejecución de los trabajos así como en el costo de la misma, beneficiando al municipio de TALEA DE CASTRO y SANTIAGO LALOPA y sus alrededores, así también servirá este análisis como una herramienta de consulta para la comunidad estudiantil.

Con la realización de esta tesis se tendrá una aportación para los estudiantes de facultad de Ingeniería Civil y a la sociedad en general, ya que se puede acceder a la presente investigación y a un servidor también, ya que ampliaré mis conocimientos sobre sus normas y los procedimientos constructivos de una carretera.

### Delimitación.

El Municipio de Villa Tálea de Castro se ubica en las coordenadas  $96^{\circ} 14'$  de longitud oeste y  $17^{\circ} 09'$  de latitud norte, a una altitud de 1,450 metros sobre el nivel del mar. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 113 kilómetros.



Imagen 1.1

La extensión total del municipio es de 54.86 kilómetros cuadrados que representan el 0.06% con relación al Estado de Oaxaca.

## **CAPÍTULO 1**

### **DESARROLLO DE LOS CAMINOS**

La accesibilidad a las poblaciones con caminos es un factor importante para incrementar el nivel de bienestar de diversas comunidades, estos han sido una condición necesaria para el desarrollo económico y social de las regiones.

Los cuales deben cumplir con los parámetros que se definen en este capítulo como son: la velocidad, el volumen de tránsito, densidad de tránsito, derecho de vía, capacidad y nivel de servicio, distancia de visibilidad de rebase y mecánica de suelos.

#### **1.1. Definición de camino.**

Un camino es la faja de terreno acondicionado para el tránsito de vehículos y se clasifican en:

A) Camino pavimentado: cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente el pavimento, transitable en todo tiempo.

B) Camino revestido: cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular, y es transitable en todo tiempo.

C) Terracería: cuando se ha construido la sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.

#### **1.2. Antecedentes de los caminos en México.**

En el México antiguo y colonial, el transporte de objetos, personas e ideas entre distintos sitios –distribuidos en vastos territorios– de relevancia económica, política y religiosa se realizaba por caminos, rutas, veredas y senderos. El estudio de esas antiguas vías de comunicación es fundamental para comprender el desarrollo social y reviste particular importancia en las investigaciones arqueológicas, por tratarse de evidencias que permiten reconstruir múltiples aspectos relacionados con la interacción cultural.

Los senderos, caminos y rutas son una expresión de la forma en que los grupos humanos organizan el espacio social a partir del geográfico; forman parte de la producción basada en el diseño y la planeación culturales, y son auténticos vehículos para el

intercambio. Por esas vías se trasladaban las personas, que a su vez eran portadoras de objetos y tradiciones, de bienes y de ideas, ejes articuladores de procesos históricos. Sin duda, esas rutas tuvieron un papel activo en la vida cotidiana al conectar distintos lugares – cuya relevancia estaba determinada por el nivel de desarrollo social–, en distintas regiones y épocas. Es por ello que la complejidad de las instituciones culturales, económicas, políticas y religiosas llevó a que se formalizaran estas vías de intercambio terrestre, mediante la transformación del entorno natural.

El registro más antiguo que hace alusión a los caminos prehispánicos señala que, consolidado el poder de los mexicas, éstos entablaron batalla contra los xochimilcas, a quienes vencieron. Entre los tributos que les impusieron, se ordenaba la construcción de una calzada desde Xochimilco hasta Tenochtitlán, la cual fue construida rápidamente, pues se disponía de una fuerza de trabajo de miles de brazos. En su construcción se utilizó piedra y tierra. Y es que siendo el pueblo mexicano guerrero por excelencia, una de sus necesidades básicas era proyectar y localizar estratégicamente los caminos, por donde debían llegar con puntualidad los tributos impuestos a los pueblos sojuzgados; transitar sin obstáculos los correos que mantenían informado al Emperador de lo que sucedía en sus dominios; y circular sin dificultades las embajadas de comerciantes.

### **1.3. Inventario de caminos.**

#### **1.3.1. Odómetro**

Con el fin de obtener un inventario de los caminos existentes en una entidad, pueden seguirse varios procedimientos, desde el más general y sencillo, recorriendo los caminos en vehículo, tomando kilometrajes con el odómetro el inconveniente es que es muy costoso y lento.

#### **1.3.2. Sistemas de Información Geográfica**

En la actualidad se utilizan sistemas de información geográfica que permiten ubicar en la superficie de la Tierra elementos cuya regularidad puede interpretarse como resultado de la acción humana. Estos sistemas incorporan imágenes de satélite, fotografías aéreas y mapas digitalizados, así como las coordenadas que permiten la ubicación de las huellas de las sendas del pasado. Inclusive es posible reconstruir aquellas que han desaparecido y generar mapas cartográficos que muestren sus características

### **1.3.3. Aplicaciones del inventario de caminos.**

Una de las aplicaciones es la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red. La capacidad de un camino queda determinada por muy diversos factores que comprenden las características geométricas del camino en sí mismo y las características del tránsito que circula por él. Las principales características geométricas del camino, que influyen en su capacidad, son su sección transversal, comprendiendo el ancho de carriles; distancia a obstáculos laterales; ancho y estado de los acotamientos; alineamiento horizontal; alineamiento vertical, y distancia de visibilidad de rebase. Otra importante aplicación del inventario de caminos consiste en la posibilidad de señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción. Una vez terminado el inventario de caminos, debe mantenerse al día, mediante el registro adecuado de los cambios hechos.

### **1.4. Elementos de la ingeniería de tránsito usados para el proyecto.**

La ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro. Los elementos que constituyen el tránsito son el usuario, el vehículo y el camino. La población en general la constituye el usuario de los caminos y de las calles, tanto si se considera como conductor o como peatón, estadísticamente se observa que en más del 25 % el peatón es víctima, que el 65% de los casos es culpable del accidente y que, como dato importante, el 80 % de los atropellados no saben conducir, el conductor es el medio humano que controla el movimiento del vehículo, siendo responsable de su buen manejo.

#### **1.4.1. El problema del tránsito.**

Los principales factores que intervienen en el problema del tránsito son: La existencia de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, tales como automóviles, camiones, bicicletas, vehículos de tracción animal, etcétera; vías de comunicación inadecuadas que incluyen trazos urbanos anacrónicos, calles y caminos angostos, torcidos y con fuertes pendientes y banquetas insuficientes; falta de educación vial y ausencia de leyes y reglamentos de tránsito que se adapten a las necesidades del usuario.

### 1.4.2. Soluciones para el problema de tránsito.

A) Solución integral: consiste en crear un nuevo tipo de camino que sirva al vehículo moderno dentro de un tiempo razonable de previsión.

B) Solución parcial de alto costo: consiste en realizar ciertos cambios que requieren fuertes inversiones, tales como el ensanchamiento de calles; construcción de intersecciones canalizadas, rotatorias o a desnivel; arterias de acceso controlado, etcétera.

C) Solución parcial de bajo costo: consiste en aprovechar al máximo las condiciones existentes, con un mínimo de obras materiales y el máximo de regulación funcional del tránsito.

Cualquiera que sea la solución que se adopte, deben existir tres elementos que, trabajando simultáneamente, produzcan un tránsito seguro y eficiente, dicho elementos son: La ingeniería de tránsito, la educación vial y la legislación y vigilancia policiaca.

### 1.5. Velocidad.

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

Existen tres tipos de velocidad:

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

Velocidad de operación.- Es la velocidad real con la que transitan los vehículos sobre el camino y es un índice del grado de eficiencia que la carretera proporciona al usuario. Se define como la velocidad mantenida en un tramo a lo largo de un camino mientras el vehículo está en movimiento. La velocidad de operación se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo de recorrido.

Velocidad de punto.- La velocidad de punto es la que lleva un vehículo cuando pasa por un lugar dado de un camino.

Para tramos pequeños de camino en que las características de operación varían poco, la velocidad de punto se puede considerar representativa de la velocidad de operación, y entamos largos, donde la velocidad varía mucho la media aritmética de las

velocidades de punto, tomadas en sitios representativos de cada velocidad, nos da la velocidad de operación a lo largo de todo el tramo.

### 1.6. Volumen de tránsito.

El volumen de tránsito es el número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones especificadas sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante cierto periodo de tiempo.

Los períodos más usuales son:

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

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

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

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

El Volumen Horario de Proyecto (VHP), no debe ser excedido muy a menudo. Una forma para determinar el volumen horario más apropiado para proyecto es formar una gráfica en la que se muestren las variaciones del volumen horario durante el año.

Para los caminos rurales de dos carriles, el VHP es el tránsito total en ambas direcciones de circulación. En los caminos con más de dos carriles y en las carreteras de dos carriles en las que se encuentren intersecciones importantes es indispensable para proyecto conocer el volumen horario de cada dirección.

El VHP para una dirección se puede calcular multiplicando el VHP para dos sentidos por el por ciento de tránsito en la dirección predominante durante la hora de proyecto.

Por ejemplo si el VHP para dos sentidos es 15% del VPDA y la distribución por direcciones para esa hora es 70-30, el VHP para un sentido es:  $0.15 * 0.70$  del VPDA.

El volumen de tránsito puede obtenerse de datos estadísticos o ser tomados directamente mediante conteos del tránsito, estos pueden realizarse en forma manual o mecánica.

### **1.7. Densidad de tránsito.**

La densidad de tránsito es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado. No debe confundirse con el volumen de tránsito ya que este como se analizó anteriormente expresa el número de vehículos que pasan en la unidad de tiempo, de tal manera que cuando un camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

$$\text{El Volumen de Tránsito} = \text{Velocidad} * \text{Densidad.}$$

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

### **1.8. Derecho de vía.**

Se le llama derecho de vía a la franja de terreno, de un ancho suficiente, que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de la misma.

Para caminos en México se ha establecido un derecho de vía con amplitud mínima de cuarenta metros, veinte metros a cada lado del eje; reduciéndose el ancho de las calles en el paso por una zona urbana. Los procedimientos para adquirir la propiedad del derecho de vía en la república mexicana, varían de acuerdo al tipo de camino de que se trate, atendiendo al origen de los fondos con los que se construirá: federales, de cooperación bipartita o de cooperación tripartita.

Para caminos federales el procedimiento a seguir queda definido por el artículo de la “Ley de vías generales de comunicación” expedido por decreto de fecha 30 de diciembre de 1939. El trámite de la documentación y el pago de las afectaciones se hace por medio de la dirección general de asuntos jurídicos, departamento de derecho de vías de la secretaría de obras públicas; presentando los documentos comprobatorios de la propiedad y valuando las afectaciones con precios unitarios ya establecidos en la propia Secretaría.

Caminos por cooperación tripartita, dado su carácter, que establece la cooperación de los particulares beneficiados con la obra, en ningún caso se hará pago por la adquisición del derecho de vía, con cargo al presupuesto de construcción. Este problema debe ser resuelto por los propios interesados en la construcción del camino, mediante la cesión de derechos de los terrenos por donde pasará el camino.

### **1.9. Capacidad y nivel de servicio.**

La capacidad es una medida de la eficiencia de una calle o un camino. El nivel de servicio determina las condiciones de operación que un conductor dado experimenta durante el viaje, cuando los volúmenes de tránsito están por debajo de la capacidad, ya que la capacidad es en realidad uno de los tantos niveles a que puede operar el camino. El nivel de servicio varía principalmente con el volumen de tránsito.

La capacidad de un camino es el número máximo de vehículos que puede circular por él bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un período dado de tiempo.

El período de tiempo que se considera en las determinaciones de capacidad debe ser perfectamente determinado. Para períodos cortos, tales como una hora o menos, la capacidad es el máximo tránsito sostenido para el período de tiempo especificado. Cuando se consideran períodos largos, un día o un año, la capacidad sólo depende de los deseos de los conductores quienes crean variaciones horarias diarias y estacionales en un promedio del volumen que da como resultado la total utilización del camino solamente en un porcentaje del tiempo total, cuando la demanda es la máxima. La capacidad también se ve afectada por las condiciones ambientales, tales como claridad, frío, tormenta, calor, lluvia etc. Pero por la dificultad de evaluación estos factores no se toman en cuenta.

Así mismo se utilizan extensamente los análisis estadísticos y los datos empíricos.

El nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores, tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, la seguridad, comodidad y libertad de manejo, los costos de operación, etc. Que determinan condiciones de operación diferentes que ocurren en un camino cuando se presentan diferentes Volúmenes de tránsito.

Un camino opera a muchos niveles de servicio, dependiendo de los volúmenes y composición del tránsito y de las velocidades que puedan alcanzarse. El volumen de servicio es el volumen de tránsito correspondiente a un determinado nivel de servicio. El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad.

### **1.10. Distancia de visibilidad de rebase.**

Es la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra en su línea de circulación con otro que aparezca en sentido contrario. La distancia de visibilidad de rebase se debe determinar sobre la base de una longitud necesaria para efectuar la maniobra con seguridad.

En los caminos de dos sentidos con dos carriles generalmente los vehículos rápidos tienen que rebasar a los que circulan lentamente, debiendo ocupar durante cierto tiempo el carril que es usado normalmente por el tránsito de sentido contrario. Para hacer el rebase con seguridad, el conductor debe ver delante una distancia suficiente sin vehículos de tal modo que pueda completar la maniobra de paso sin interrumpir la marcha del vehículo rebasado y sin tropezar con el tránsito opuesto que puede aproximarse una vez iniciada la operación. De ser necesario el conductor podrá regresar al carril de la derecha si ve tránsito en sentido contrario, una vez iniciada la maniobra.

### **1.11. Mecánica de suelos.**

#### **1.11.1. Suelos, origen y formación.**

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

La mecánica de suelos, es la rama de la ingeniería civil que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica e hidráulica a los problemas de ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas de que tenga contenido de materia orgánica.

Los procesos que dan lugar a la alteración de las rocas son la desintegración mecánica y la descomposición química, cuyas principales causas son:

A) desintegración mecánica:

-Congelación de agua (efecto de cuña al aumentar el volumen de agua).

-Cambios de temperatura.

-Efectos de los organismos (raíces, roedores, etc.).

- Esfuerzos tectónicos.
- Efectos abrasivos del agua y el viento.
- Efectos telúricos (sismo, terremotos, etc.).
- Efectos de la gravedad (taludes, derrumbes, etc.)

#### B) Descomposición química.

La descomposición química ocurre en presencia de agua y otras sustancias naturales, lo que da lugar, en general a suelos finos.

Algún tipo de descomposición química se presenta al reaccionar los diferentes minerales de algunas rocas con el ácido carbónico producido por el agua y el bióxido de carbono natural del aire.

Las rocas ígneas y silíceas en general contienen feldespato, propio del granito, lo que produce suelos de tipo arcilloso.

Los materiales formados por hidróxido de fierro son consecuencia del intemperismo sobre rocas que contienen por ejemplo minerales de fierro.

Los suelos se dividen en suelos residuales y suelos transportados. Los suelos residuales son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados y los suelos transportados son aquellos formados por los productos de alteración de las rocas removidos y depositados en otro sitio diferente al de su origen, siendo los principales agentes de transporte el agua, el viento, los glaciares, la gravedad etc.

La estructura de los suelos es la ubicación, arreglo y orientación, entre otros factores, de sus partículas, según esto, los suelos pueden ser gruesos o finos, cuyo tamaño fluctúan de la siguiente manera:

7.6 cm > suelos gruesos > 0.074 mm (malla no. 200) > suelos finos.

### 1.11.2. Relaciones volumétricas y gravimétricas.

Observando a simple vista un suelo, podría definirse como un sistema de partículas cuyos espacios libres pueden estar parcial o totalmente llenos de agua, teniéndose de hecho, tres fases en juego: la sólida, la líquida y la gaseosa.

Para identificar racionalmente los suelos, prever su posible comportamiento mecánico y facilitar la solución de los problemas que se presentan, se ha establecido relaciones entre los pesos y volúmenes de las fases, siendo de gran importancia el estudio de las mismas. Se acostumbra idealizar a una muestra de suelo de la siguiente manera:

En donde:

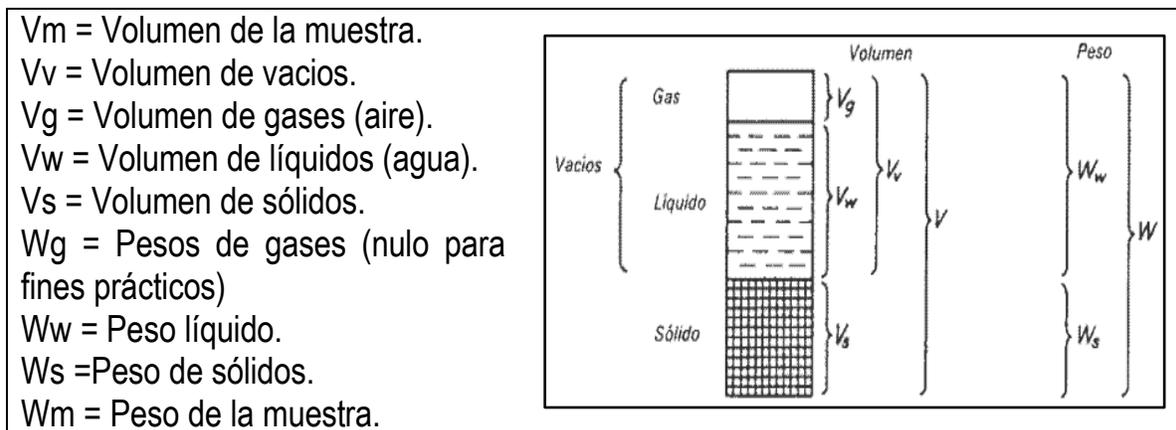


Tabla 1.1

### 1.11.3. Granulometría de los suelos.

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

#### A) Suelos gruesos análisis por mallas.

El análisis granulométrico solo tiene sentido efectuarlo en suelos gruesos, aquellos que están en el rango de tamaño entre 0.0074 y 76.2 mm.

La medición en el tamaño de los granos de un suelo puede efectuarse de la siguiente manera: análisis directo y medición con mallas.

El análisis directo en este tipo de medición puede hacerse en partículas de suelo de más de 3 pulgadas de tamaño con aparatos de precisión manuales (vernier) y la medición con mallas es un análisis mecánico este se usa principalmente para suelos gruesos y su

principio consiste en ordenar en forma descendente una serie de mallas (generalmente siete u ocho) depositar el suelo previamente seco en el juego de mallas agitándolo en forma horizontal y vertical durante 5 ó 10 minutos , luego pesar el suelo retenido en cada malla teniendo cuidado evitando pérdidas del material, posteriormente, se calcula el por ciento retenido en cada malla con respecto al peso total de la muestra y el por ciento que pasa respecto a dicho total por último, se grafica en escala semihilo rítmica el por ciento de material que pasa, en peso, y el diámetro de la malla, formando ambos parámetros un sistema de ejes sobre el cual, una vez graficados los resultados.

Medición con mallas: Análisis mecánico usado principalmente en suelos gruesos ordenando en forma descendente una serie de mallas: 2", 1 1/2" , 1" , 3/4" , 1/2" , 3/8" , 1/4" , No.4 Granulometría gruesa y 10, 20, 40, 60, 100, 200 (granulometría fina).

B) En el caso de suelos granulares con finos

En el caso de suelos granulares con finos se toma con un peso aproximado de 500 grs. Se pone a secar en el horno a una temperatura de 105 ° C hasta tener un peso constante se anota este peso y el material se coloca en un recipiente de aluminio se le agrega agua hasta quedar totalmente cubierto y se deja saturar por un tiempo de 24 horas , posteriormente se procede al lavado por la malla No.200

#### 1.11.4. Curva Granulométrica.

La distribución del tamaño de las partículas constitutivas de un suelo grueso se expresa gráficamente mediante una Curva de Distribución Granulométrica.

La curva de distribución granulométrica nos indica en general el tamaño de los granos y la buena o mala graduación de estos.

La curva granulométrica se dibuja con porcentajes como ordenadas y tamaño de las partículas como abscisas.

Suelo bien graduado: tiene un porcentaje uniforme de tamaños

Suelo mal graduado: ausencia de tamaños intermedios.

A partir de la curva granulométrica nos indica en general el tamaño de los granos y la buena o mala graduación de estos.

### 1.11.5. Graduación de un suelo

A partir de la curva de distribución granulométrica pueden obtenerse dos importantes indicadores que caracterizan un suelo:

$$A).- \text{ Coeficiente de uniformidad } C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$B).- \text{ Coeficiente de curvatura } C_c = \frac{(D_{30})}{D_{10} * D_{60}}$$

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

D30 Diámetro de partículas cuyo tamaño es mayor o igual que el 30% en peso del total de partículas.

D60 Diámetro de partículas cuyo tamaño es mayor o igual al 60% en peso total de las partículas.

### 1.11.6. Descripción del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Suelo grueso, si mas del 50% de sus partículas (en peso) son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas son finas.

#### Símbolo significado

**G** Gravas

**S** Arenas y suelos arenosos

Las gravas y arenas se separan en la malla No.4

**G** si más del 50% de su fracción gruesa (o sea la retenida en la malla No. 200) no pasa la malla No.4.

**S** si mas del 50% de su fracción gruesa pasa la malla No.4 y se retiene en la No. 200.

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

**Símbolo Característica**

<b>W</b> Material limpio de finos, bien graduado
<b>P</b> Material limpio de finos, mal graduado
<b>M</b> Material con finos no plásticos
<b>C</b> Material con finos plásticos

Tabla 1.2

**GW Y SW** Suelos bien graduados y con pocos finos o limpios < 5% en peso.

**SW**  $C_u > 6$  y  $C_c$  entre 1 y 3

**GW**  $C_u > 4$   $C_c$  entre 1 y 3

**GM Y SM** Para porcentajes de finos > 12% en peso

A los suelos gruesos con contenidos de finos comprendidos entre 5% y 12% en Peso son simbolos dobles o casos de frontera.

### 1.11.7. Plasticidad de los suelos

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

**Límite Líquido (LL).**- Contenido de agua de un suelo fino para el cual éste tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr/cm<sup>2</sup>. su valor se determina en el laboratorio utilizando el método de la Copa de Casagrande (método empírico) que consiste en colocar una mezcla homogénea del suelo que se desea clasificar, dentro de la copa y enrasarlo , haciendo seguidamente con un ranurador una pequeña ranura, y después mediante una pequeña leva la copa se levanta y cae repentinamente hasta que se cierra la ranura.

**Límite Plástico.**- Formación de rollitos de suelo de 3mm. La formación de los rollitos se hace usualmente sobre una hoja de papel totalmente seca para acelerar la pérdida de humedad del material; también es frecuente efectuar el rolado sobre una placa de vidrio hasta que ocurra el desmoronamiento y agrietamiento; en tal momento se determinará rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico.

**Límite de Contracción (L.C.)**.-Cuando un suelo pierde agua, normalmente su volumen disminuye y esto se debe principalmente a las fuerzas de tensión capilar que con producidas por el agua intersticial.

**Límite de contracción.**- es el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Este límite suele manifestarse visualmente por un cambio de tono de color oscuro a mas claro al irse secando el suelo gradualmente.

**Carta de plasticidad.**- muestra características indicativas del comportamiento de los suelo de modo que localizando un suelo en ella se puede tener información a nivel cualitativo sobre su comportamiento.

Dentro de la carta se han agrupado los suelos formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas:

### Símbolo Significado

<b>M</b> Limos Inorgánicos
<b>C</b> Arcillas Inorgánicas
<b>O</b> Limos y Arcillas Orgánicas

Tabla 1.3

Estos suelos a su vez se subdividen: de acuerdo a su LIMITE LIQUIDO en dos grupos:

Si el L.L. es  $>50\%$  son suelos de baja a mediana COMPRESIBILIDAD "L" (Low compressibility).

Si el L.L  $> 50\%$  son de alta compresibilidad "H" (high compressibility)

GRUPOS EN EL SUCS

GRUPO:

**CL y CH** ARCILLAS INORGANICAS

**CL** L.L.< 50% e  $I_p > 7$

**CH** L.L.> 50%

GRUPO ML y MH

**ML** L.L.< 50%  $I_p < 4$

**MH** L.L.> 50%

GRUPO: OL y OH Suelos inorgánicos siempre se encuentran en lugares próximos a la línea A.

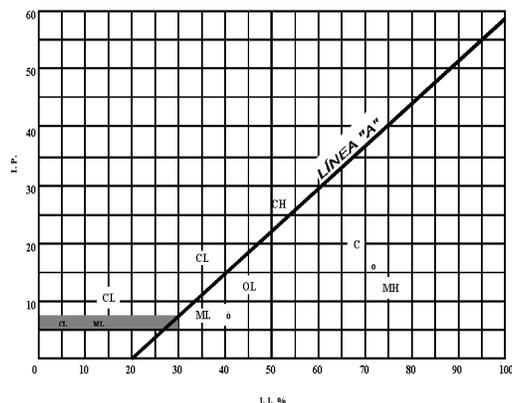
Pt L.L. ENTRE 300% y 500%

I.P.  $100% < I_p < 200%$

En suelos finos son importantes los siguientes datos: nombre típico, grado o carácter de su plasticidad, cantidad y tamaño de sus partículas gruesas, color del suelo húmedo, olor, nombre local y geológico, ejemplo:

Limo arcilloso, ligeramente plástico, porcentaje reducido de arena fina, numerosos agujeros de raíces, firme y seco en el lugar, (ML).

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)



## **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA**

La palabra metodología de acuerdo con la pagina <http://definicion.de> es una palabra compuesta por tres vocablos griegos: metá (más allá), odós (“camino”) y logos (“estudio”). El concepto hace referencia a los métodos de investigación que permiten lograr ciertos objetivos en una ciencia.

Según Tamayo (2000), la metodología es parte instrumental de la investigación, o sea, el método científico y como tal lleva al objetivo.

### **2.1. Método empleado.**

De acuerdo con lo establecido por Mendieta (2005), en esta investigación se empleo el método científico, y se considera de carácter deductivo por el motivo que se observan los principales problemas y la manera de resolverlos, para poder resolverlos.

#### **2.1.1 Método científico.**

De acuerdo con Tamayo (2000), el método científico es un procedimiento que permite descubrir sucesos específicos, que se caracterizan generalmente por ser tentativos, verificables, de razonamiento riguroso y de observación empírica.

De acuerdo con la página <http://alpha.rec.uabc.mx> el método científico se utiliza para resolver problemas específicos, utilizando diversas herramientas disponibles y se caracteriza por manejar conocimientos científicos, los cuales los cuales se han obtenido por el método y pueden volver a someterse a prueba, lo que permite se enriquezca y se superan.

De acuerdo con Tamayo (2000), el método científico tiene como elementos fundamentales los conceptos y las hipótesis que cuentan con su carácter sistemático.

Los conceptos, como toda ciencia tienen su sistema conceptual, son construcciones lógicas que se crean a partir de impresiones de los sentidos y experiencias.

La hipótesis indica lo que se anda buscando, cuando se analizan los hechos de una teoría, y se caracteriza por ser conceptual clara, tener referentes empíricos, por ser específica y porque debe estar relacionada con técnicas disponibles.

### **2.1.2 Método matemático.**

De acuerdo con Mendieta (2005), el método matemático, es el genético que indica el origen del objeto, se dice que una de las primeras nociones del ser humano es la noción de la cantidad, cuando el ser humano no se da cuenta de que está aplicando un procedimiento científico, como cuando compra cantidades para obtener nociones derivadas, de importancia, de valor económico y de capacidad.

Por lo tanto, en este trabajo de investigación se utilizara el método matemático para obtener los resultados debido a que se realizan cálculos para resolver las variables que existen en las preguntas de investigación.

## **2.2 Enfoque de la investigación.**

En esta investigación documental se tiene un enfoque cuantitativo de acuerdo con Mendieta (2005), que una vez que se tenga que comprobar algo se acude a los números los cuales confirmarán lo supuesto. Y de acuerdo con Hernández y Cols (2005) se da la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, además de que se tiene control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitud.

### **2.2.1 Alcance de la investigación.**

Existen diferentes alcances de una investigación como son, el exploratorio, el descriptivo y por último el correlacional, en la presente investigación se utilizo el estudio descriptivo, por lo que Hernández y Cols (2005), Dice los estudios descriptivos describen hechos, situaciones o eventos, dichos estudios buscan la manera de especificar las propiedades, así como las características principales de los seres humanos o de fenómenos que se encuentren en estudio y tiene como objetivo la recopilación de datos de diferentes aspectos , como son, las dimensiones o partes de que conforman al fenómeno que se desee analizar.

### **2.3. Diseño de la investigación.**

Como las investigaciones pueden ser de tipo experimental y no experimentales, para fines de esta investigación se realizan las investigaciones no experimentales, ya que su en enfoque son hipótesis que ya existen y que están descritas en revistas, libros y/o páginas electrónicas y esta se divide en transversal o transeccional y longitudinal.

Para la presente investigación es de tipo transversal y según Hernández y Cols (2005), estas investigaciones sólo recolectan datos en un momento y en un tiempo. Y se dividen en exploratorios, descriptivos y correlacionales casuales.

Que para la presente investigación se realiza un estudio descriptivo que de acuerdo con Hernández y Cols (2005), el estudio descriptivo tiene como objetivo la recopilación de datos de diferentes aspectos, como son, dimensiones o partes de que conforman a un fenómeno.

#### **2.4. Instrumentos de recopilación de datos.**

De acuerdo con Hernández y Cols (2005), se establece que en el caso del enfoque cuantitativo, se recurre a varios tipos de cuestionarios y recopilación de datos con lo que se construye un análisis estadístico para esto se tienen que seguir una serie de pasos, primeramente se elige uno o varios instrumentos de recopilación, estos dependerán del planteamiento del problema y de los alcances de la investigación.

La investigación podrá ser documental o electrónica, la cual debe tener confiabilidad y validez, la documentación puede ser extraída de libros o revistas, así como la electrónica de páginas en Internet revisando siempre que sea confiable.

La investigación de campo, debe consistir en hacer un recorrido por el lugar donde se pretende hacer la investigación para conocer físicamente el lugar y conocer sus características como el tipo de suelo, clima, flora y fauna.

En esta investigación se utilizaron programas que están registrados y de gran confiabilidad, como son el Autocad, Opus Ole, Word y Excel.

#### **2.5. Descripción del procedimiento de investigación.**

En esta investigación se realizaron varios pasos, primeramente se buscó el tema, una vez encontrado se comenzó con la recopilación de los datos se elaboro una introducción del tema, Luego se procedió al planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, las preguntas de investigación, justificación, y sus delimitaciones, para la obtención de estos datos se recurrió a la investigación documental.

Para el desarrollo de los capítulos uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis se realizaron investigaciones de campo así como electrónicas y en libros así como la utilización de programas de cómputo como son Autocad, Opus Ole, Word y Excel.

## CAPÍTULO 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN CAMINO

Las características físicas de un camino, son aquellas que tiene el proyecto del mismo para su conformación y que sirven para ver la clasificación de camino su forma y estructura como son el alineamiento horizontal, la sección transversal, la sub-base, la base y la carpeta, donde se especificaran los materiales a utilizar y sus cualidades, espesores y las normas que van a regir el proyecto.

### 3.1 Tipo de carreteras.

Los tipos de carreteras, se distinguen por las características físicas que tienen cada una y por sus dimensiones como se muestran en la siguiente tabla.

TIPO DE CARRETERA		ANCHO DE:				
		CORONA	CALZADA	ACOTAMIENTO		FAJA SEPARADORA
		(M)	(M)	(M)		CENTRAL (M)
A	A4S	11	2 x 7	3	1	8 ( MINIMO )
A	A4	22 ( MINIMO )	2 x 7	EXT 3	INT 0.5	1 ( MINIMO )
A	A2	12	7	2.5		X
	B	9	7	1		X
	C	7	6	0.5		X
	D	6	6	X		X
	E	4	4	X		X

Tabla 3.1 tipos de carreteras.

### 3.2 Alineamiento vertical.

De acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974), el alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona, a este eje se le llama línea subrasante y se compone de tangentes y curvas.

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

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

A) Pendiente gobernadora. Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora es la que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

B) Pendiente máxima. Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y se determina por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno y se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, y siempre que no rebase la longitud crítica.

C) Pendiente mínima. La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda de 0.5% mínimo.

D) Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical. Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Los elementos que intervienen para su determinación son fundamentalmente el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

### 3.3 Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino y lo integran el alineamiento horizontal las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

A) Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se le representa como PI, y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por  $\Delta$ . Como las tangentes van unidas entre si, por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto sobre .

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón,

conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulatorios con curvas de gran giro.

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

B) Curvas circulares. Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas, pueden ser simples o compuestas

Las curvas simples son cuando dos tangentes están unidas entre si por una sola curva circular y pueden ser hacia la izquierda o a la derecha en sentido del cadenamamiento del camino.

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

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

Definiéndose las curvas de transición como a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular” (M.P.G. SCT, 1974: 297- 304)

### **3.4 Sección transversal.**

De acuerdo con el Manual de Proyecto Geométrico de la SCT (1974), en un camino es un punto cualquiera de un corte vertical normal al alineamiento horizontal y lo integran la corona, la subcorona, las cunetas y contracunetas, los taludes y las partes complementarias.

**Corona.**-Es la superficie de un camino terminado y esta comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las

interiores de las cunetas. Y los elementos que la definen son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

A) **Rasante**.- Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical en desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.

B) **Pendiente transversal**.- Es la pendiente que se le da a la corona normal a su eje y en el alineamiento horizontal se presentan tres casos.

1. **Bombeo**.- Es la pendiente que se le da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal para evitar la acumulación del agua sobre el camino.

2. **Sobreelevación**.- Es la pendiente que se le da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas de alineamiento horizontal. La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular es:

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

En donde:

S: Sobreelevación, en valor absoluto.

V: Velocidad del vehículo, en km. / h.

R: Radio de curva, en m.

$\mu$ : Coeficiente de fricción lateral.

3. Transición del bombeo a la sobreelevación:.-

C) **Calzada**.- Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y está constituida por uno o más carriles con un ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos, su ancho es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en el vertical.

1. **Ancho de Calzada en tangente:** El ancho de calzada en la tangente se determina estableciendo el nivel de servicio deseado al final del plazo de previsión o en un determinado año de vida del camino. Con este dato y el estudio económico correspondiente puede determinarse el ancho y número de carriles, de manera que el volumen de tránsito en ese año no exceda el volumen correspondiente al nivel de servicio prefijado, los anchos de carriles usuales son: 2.75 m., 3.05 m., 3.35 m. y 3.65 m. y normalmente se proyectan dos, cuatro o más carriles; sin embargo, cuando el volumen de tránsito es muy bajo, de 75 vehículos por día o menos, pueden proyectarse caminos de un carril para las dos direcciones de tránsito, con un ancho de 4.5 m.

2. **Ancho de calzada en curvas de alineamiento horizontal:** Cuando un vehículo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula en una tangente por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada respetando el ancho en tangente. A este sobreaño se le llama ampliación, la cual debe darse tanto a la calzada como a la corona.

D) Acotamientos: Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen como ventaja principal:

1. Dar seguridad al usuario del camino al proporcionar un ancho adicional fuera de la calzada.
2. Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada.
3. Mejorar la visibilidad en los tramos en curva.
4. Facilitar los trabajos de conservación.
5. Dar mejor apariencia al camino.

Subcorona.- Es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento y los elementos que definen la subcorona son:

A) Subrasante.- Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

B) Pendiente transversal.- Es la pendiente que se le da normal a su eje y puede ser bombeo o sobreelevación, según si la sección está en tangente, en curva o en transición.

C) Ancho.- Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte y está en función del ancho de corona y del ensanche.

La expresión general para calcular el ancho  $A_s$  de la subcorona es la siguiente:

$$A_s = C + e_1 + e_2 + A$$

En donde:

$A_s$ = Ancho de la subcorona, en m.

$C$ = Ancho de la corona en tangente, en m.

$e_1$  y  $e_2$  = Ensanche, a cada lado del camino, en m.

$A$ = Ampliación de la calzada en la sección considerada, en m.

Cunetas y contracunetas.- Son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

A) Cunetas.- Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y los taludes de corte. Normalmente tienen sección triangular con un ancho de un metro, medido horizontalmente del hombro de la corona al fondo de la cuneta y su talud generalmente es de 3:1; el fondo de la cuneta parte en el talud de corte.

B) Contracunetas.- Son zanjas de sección trapezoidal que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto de dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que la forman.

Taludes.- Es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que lo forman.

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para este es de 1.5. En los cortes debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio para definir los taludes en cada caso.

Partes complementarias.- Son aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación de camino.

A) Guarniciones y bordillos.- Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

Los tipos usuales de guarnición son las verticales y las achaflanadas, las primeras tienen su parte saliente de .20 m. como máxima y su cara exterior sensiblemente vertical, y las segundas tienen su parte saliente achaflanadas

B) Banquetas.- Son fajas destinadas a la circulación de peatones ubicadas a un nivel superior a la de la corona y a uno o ambos lados de ella, la justificación del proyecto de banquetas depende del peligro a que estén sujetos los peatones.

C) Fajas separadoras y Camellones.- Son las zonas que se disponen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza y su ancho mínimo es de 1.20 m. (M.P.G. SCT, 1974: 367-393)

## CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE LOCALIZACION.

En este capítulo se tratara la ubicación geográfica del tramo así como la topografía del de la región , su hidrología, uso del suelo, vegetación, así como el resumen ejecutivo del tramo realizando un reporte fotográfico y un estudio de transito.

### 4.1 Localización

El Municipio de Villa Tálea de Castro se ubica en las coordenadas  $96^{\circ} 14'$  de longitud oeste y  $17^{\circ} 09'$  de latitud norte, a una altitud de 1,450 metros sobre el nivel del mar. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 113 kilómetros.

La extensión total del municipio es de 54.86 kilómetros cuadrados que representan el 0.06% con relación al Estado.

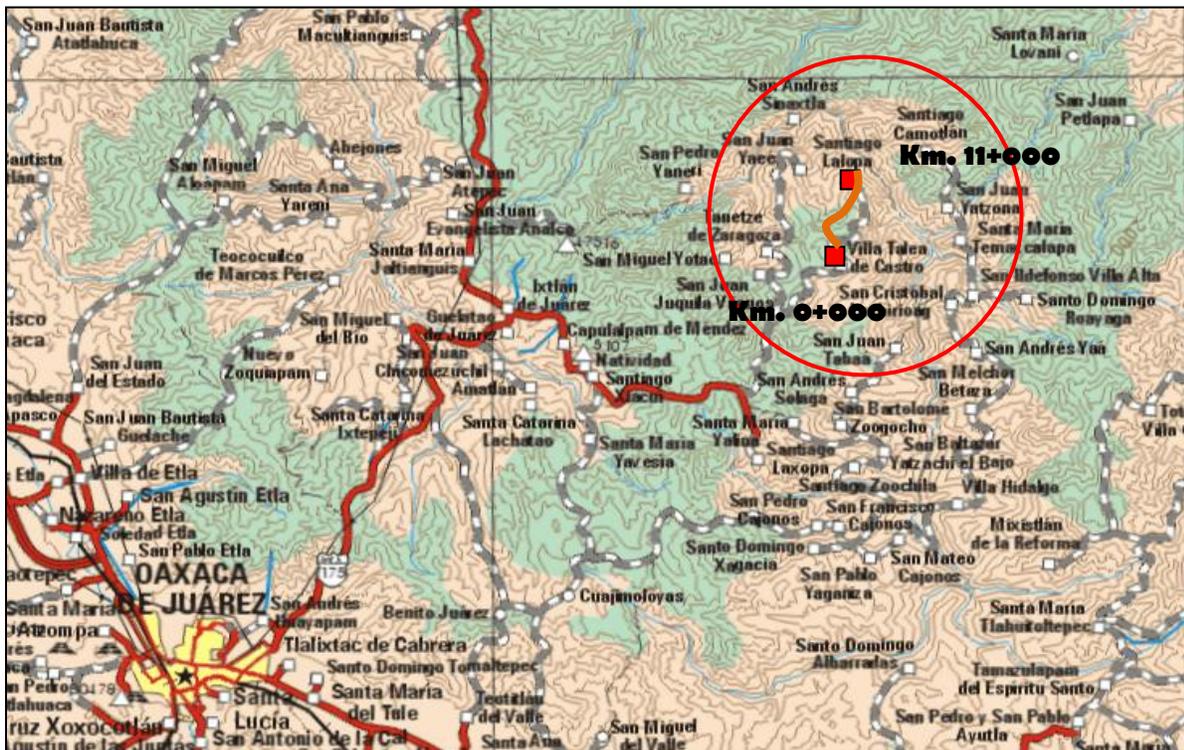


Imagen 4.1 Localización del tramo carretero.

Las principales montañas del municipio son el Mogote, el Picacho, el Arenal y Yji'a.

## 4.2 Hidrografía

Las vertientes del municipio son río Santa Gertrudis, río de la Cal, río de la Cantera y río de Yalaku.

### 4.2.2 Hidrología superficial

En el estado de Oaxaca se presentan serios contrastes en la disponibilidad regional y temporal del recurso agua, regiones como la Cañada y la Mixteca registran valores raquíticos de precipitación, que no facilitan la acumulación de agua en grandes cantidades; en cambio, en las Sierras Mazateca, Juárez, Madre del Sur y Atravesada, se reportan algunas de las láminas de lluvia mas altas del país. El balance general del Estado en general con los volúmenes utilizados contra los escurrimientos y disponibilidad en los acuíferos es positivo; el problema radica en la distribución arial y temporal del recurso, ya que dentro del Estado no se cuenta con la adecuada infraestructura para el almacenamiento estratégico y posterior distribución; a abrupta topografía del territorio Oaxaqueño no facilita el almacenamiento natural de agua, sea este en el subsuelo o superficialmente. Como ya se mencionó, en diversas porciones se registran precipitaciones altas que, con apropiada infraestructura y planes de aprovechamiento, podrían satisfacer las demandas futuras mas urgentes de la ciudad; otras de las necesidades apremiantes es conocer la disponibilidad real en los diferentes acuíferos y cuencas, la calidad del agua, así como saber cuando se requiere de un saneamiento de los sistemas. Para realizar todo lo anterior es necesario el desarrollo de adecuadas redes de medición volumétrica y de calidad de agua. Dentro del estado es apremiante conocer la evolución de los acuíferos de los valles centrales (Etna, Tlacolula y Zimatlán), ya que son la principal fuente de abastecimiento de agua de la mayor concentración poblacional dentro del estado de Oaxaca.

En el estado se observa un balance positivo al comparar las entradas y los usos del recurso agua; sin embargo, en zonas como la Cañada y muchas porciones de la Mixteca, se presentan serios déficit sobre durante la época de estiaje, además que la calidad del agua no es de la mas alta, en relación con otros lugares del estado; en contraste, en zonas como la ladera norte de la Sierra Juárez, la disponibilidad es muy alta comparada con la media del estado; sin embargo, en esta región la concentración de las poblaciones baja, así como el desarrollo de la agricultura y de la industria, esta situación da como resultado que los volúmenes del vital liquido viajen grandes distancia sin un óptimo aprovechamiento. En

las regiones, Costa, Istmo y Valles Centrales, el recurso esta disponible solo en la época de lluvias y mientras en el estiaje baja considerablemente hasta en ocasiones casi desaparecer.

En la entidad existe una extensa red de drenaje que funciona solamente durante el periodo de lluvias, además, debido a la naturaleza geológica que forma la mayor parte de la superficie estatal y a la compleja orografía, no se han desarrollado las condiciones apropiadas para la formación de grandes acuíferos que capten y mantengan disponible el recurso una vez que haya cesado la temporada de lluvias. El total de volumen virgen escurrido dentro del estado se estima, en 663 mil millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>), de los cuales 20386 Mm<sup>3</sup> (32%) vierten al golfo de México, a esta volumen hay que sumar mil quinientos sesenta y ocho Mm<sup>3</sup> que ingresan de las cuencas río Salada y Tonto, provenientes del estado de Puebla, siendo el gran total de 665287 millones de metros cúbicos, el área de captación se estima en 34 978 kilómetros cuadrados, para evaluar la cantidad y calidad del agua superficial en el estado de Oaxaca se cuenta con 16 que pertenecen a la red nacional de monitoreo.

La Sierra Mazateca, Juárez, Atravesada, localizadas en la porción Norte del estado forman una franja orientada en sentido Noroeste-Sureste, casi alineada en forma paralela a la línea de Costa del Golfo de México, con la llanura aluvial costera de promedio, la Cadena montañosa funciona como parte aguas a los escurrimientos superficiales, a partir de las partes mas elevadas de estas sierras, la red hidrológica se separa en dos importantes vertientes, la norte, que descarga sus escurrimientos al Golfo de México, y al sur, que lo hace hacia el Océano Pacífico; de la primera nacen los ríos mas caudalosos del estado, hasta internarse dentro del estado de Veracruz-Llave; la parte medular de esta compleja red hidrográfica es de régimen perenne, los tributarios menores presentan régimen intermitente y forman una complicada red de drenaje dendrítico que se desarrolla en terrenos de fuerte pendiente, esta vertiente comprende parte de tres regiones hidrológicas: 28,29 y 30 (Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta).

La vertiente del sur drena, como se ya se mencionó, hacia el Océano Pacífico, esta integrada por una extensa y complicada red hidrográfica, generalmente del tipo dendrítico que en ocasiones cambia a enrejado; los ríos mas importantes de esta vertiente son de menor envergadura en relación con los que desembocan hacia el Golfo de México, la red tributaria en su mayoría es de régimen intermitente y de poco caudal y de tipo torrencial; esta vertiente incluye completas dos regiones hidrológicas: 21,21 (Costa de Oaxaca y

Tehuantepec), tres incompletas: 18,20,23 (Balsas, Costa Chica-Ri0 Verde y Costa de Chiapas).

### 4.3 Clima

Oaxaca presenta gran variedad climática, así, en su territorio hay climas cálidos, semicálidos, templados, semifríos, semisecos y secos. Los climas cálidos en conjunto abarcan poco más de 50% de la superficie total de la entidad, se producen en las zonas de menor altitud (del nivel del mar a 1 000 m), se caracterizan por sus temperaturas medias anuales que varían de 22° a 28°C y su temperatura media del mes más frío es de 18°C o más. Dentro de éstos predomina el cálido subhúmedo con lluvias en verano, comprende toda la zona costera, desde el límite con el estado de Guerrero hasta el límite con Chiapas, además de otras áreas de menor extensión localizadas de manera discontinua en el norte; en dichos terrenos se reportan las temperaturas medias anuales más altas (entre 26° y 28°C) y la precipitación total anual varía de 800 a 2 000 mm. El clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano se distribuye principalmente en una franja que va del norte hacia el oriente, territorio donde están establecidas las poblaciones de Tuxtepec, Loma Bonita, Santiago Choapam y Chimalapa, entre algunas más; aquí la precipitación total anual va de 1 500 a 3 000 mm. En las laderas bajas orientales de los cerros Volcán Prieto y Humo Grande se localiza, en forma de una franja orientada noroeste-sureste, la zona de clima cálido húmedo con lluvias todo el año; en ella se reportan los rangos más altos de precipitación total anual en el estado: 2 500 a más de 4 500 mm; esto se debe a diversos factores, pero sobre todo a que esas laderas están expuestas a los vientos húmedos del Golfo de México y tienen una orientación y altitud tales que propician el ascenso de los vientos, su enfriamiento, la condensación del vapor de agua que contienen y la precipitación. Cerca de 20% de la entidad se encuentra bajo la influencia de climas semicálidos, en los que se presentan temperaturas medias anuales de 18° a 22°C, o son mayores de 18°C, y cubren áreas cuya altitud va de 1 000 a 2 000 m. Prevalece el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano distribuido en la zona norte de la franja de clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, e interrumpido en el centro de la misma franja por el clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano; también se localiza en el noroeste, este y oeste, entre otras áreas; su precipitación total anual es del rango de 800 a 1 000 mm, pero hay algunas partes donde llega a más de 2 500 mm, tal como ocurre en el oeste. El clima semicálido húmedo con lluvias todo el año está ubicado a lo largo de la parte occidental del clima cálido húmedo con lluvias todo el año, y lo mismo que éste, su precipitación total anual va de 2 500 a más de 4 500 mm.

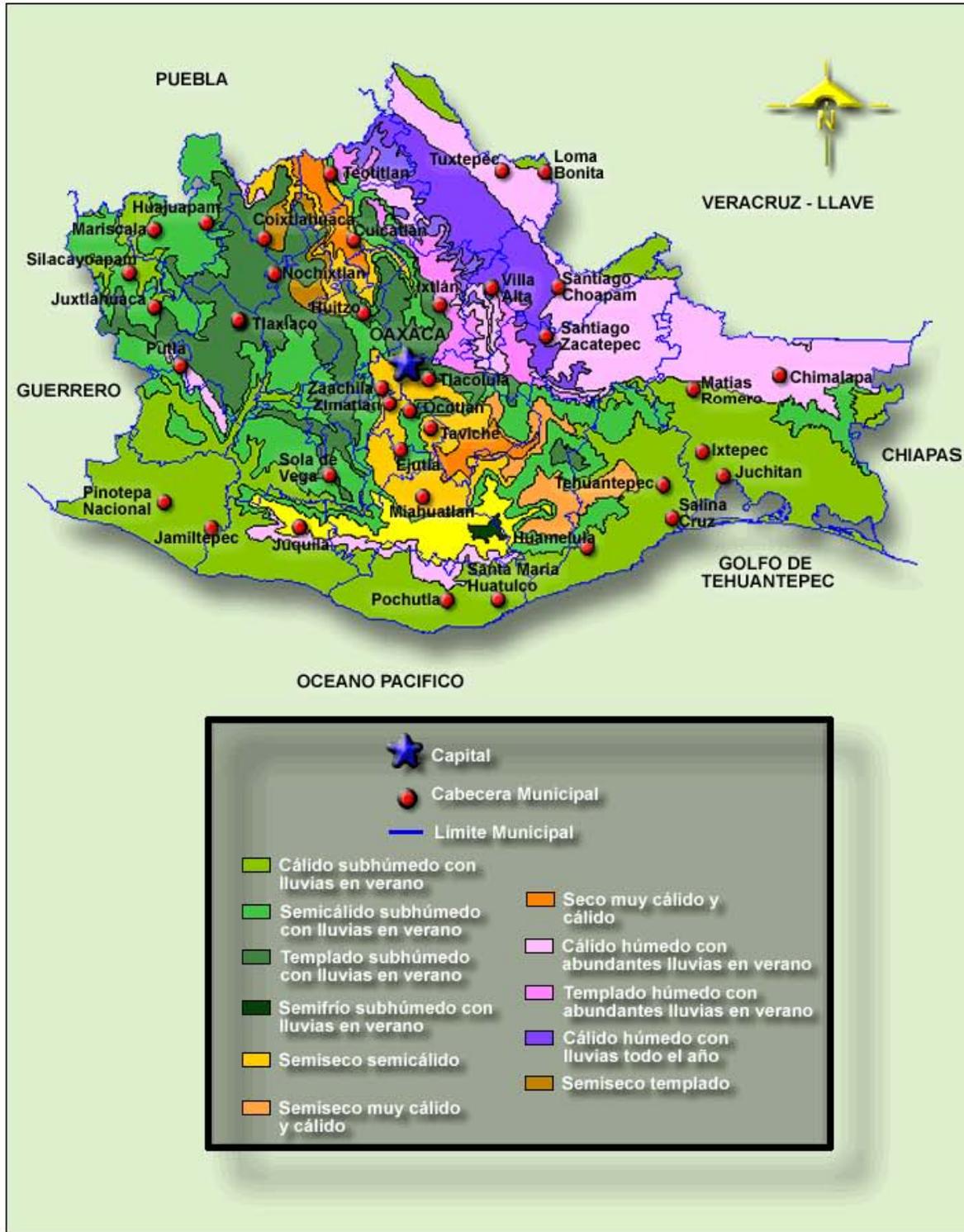


Imagen 4.2 Clima de la región.

## 4.4 Estratigrafía

Las rocas que afloran en la entidad muestran una geocronología que comprende desde el Precámbrico hasta el Cenozoico (Reciente). Las rocas que se encuentran principalmente son las metamórficas y las sedimentarias, en menor proporción se presentan las ígneas extrusivas, las ígneas intrusivas y los depósitos recientes.

### 4.4.1 Geología Económica

Las referencias sobre la riqueza minera de Oaxaca fueron el motivo principal para impulsar la colonización de estas tierras, iniciándose así los descubrimientos y la explotación de ricos depósitos minerales, alcanzando al finalizar el siglo XVIII una importancia considerable. Durante las últimas décadas, han sido descubiertos nuevos yacimientos minerales metálicos principalmente de oro, plata, zinc, hierro, cobre y plomo, así como de minerales no metálicos entre los que destacan el azufre, carbón, grafito, mármol, ónix, yeso, caliza, zeolitas, puzolana, rutilo (óxido de titanio) y mica. La entidad ocupa lugares importantes en la producción minerometalúrgica nacional. De esta manera la entidad es el único productor de grafito cristalino en el país, se sitúa en el primer lugar de producción de mica, es el cuarto productor de mármol y azufre, y el décimo en la explotación salina. En relación con la producción de minerales metálicos, como productor de oro se ubica en el lugar decimotercero, de plomo en decimocuarto, de plata en decimoquinto y de cobre en decimosexto.

## 4.5 Fisiografía

El estado de Oaxaca abarca parte de cinco Provincias Fisiográficas: a) **Eje Neovolcánico**, al noroeste con la subprovincia *Sur de Puebla*; b) **Sierra Madre del Sur**, con las subprovincias *Cordillera Costera del Sur*, que se extiende de noroeste a sur en forma paralela a la subprovincia *Costas del Sur* ubicada en la línea de costa, *Sierras Orientales* que va de norte a sur en la parte centro-oriente del estado, *Sierras Centrales de Oaxaca* del centro hacia el norte y paralelamente al occidente *Mixteca Alta*, y *Sierras y Valles de Oaxaca* ubicada al centro de la entidad, estas seis subprovincias ocupan el 80% del territorio estatal; c) **Llanura Costera del Golfo Sur** con la subprovincia *Llanura Costera Veracruzana* que recorre toda la franja nor-noreste; d) **Sierras de Chiapas y Guatemala** con la subprovincia *Sierras del Norte de Chiapas*, cubre en forma mínima (0.25%) en el extremo oriente; e) **Cordillera Centroamericana**, con la subprovincia *Sierras del Sur de Chiapas* en la parte oriente del estado, y hacia el sur de ésta sobre la costa del Golfo de Tehuantepec, la discontinuidad fisiográfica *Llanuras del Istmo*.

### 4.5.1 Posibilidades de Uso Agrícola

En el estado de Oaxaca son reducidas las posibilidades de uso agrícola, puesto que más de la mitad de su territorio son tierras sin aptitud. Las tierras con aptitudes de agricultura **Mecanizada continua** cuenta con 11.7%, se localiza en dos distritos aledaños al Golfo de Tehuantepec, además en los de Tuxtepec, Choapam y Mixe, principalmente. La de agricultura **Mecanizada estacional**, con 0.3%, se sitúa en los distritos de Juquila y Jamiltepec, en tanto que la de **Tracción animal continua** con 8.3%, se distribuye en los distritos de Jamiltepec, Putla, Tuxtepec, Choapam, Mixe y Juchitlán. La de agricultura de **Tracción animal estacional** abarca 0.3%, se encuentra en los distritos de Sola de Vega, Cuicatlán y Huajuapán. Para la agricultura **Manual continua** con 8.6%, en los distritos de Villa Alta, Tlacolula, Choapam, Mixe, Tehuantepec y Juchitán. La de agricultura **Manual estacional** representa 1.4%, se ubica en los distritos de Miahuatlán, Ejutla, ETLA y Huajuapán, entre otros. Casi 70% de la superficie total de la entidad, son tierras consideradas **No aptas** para la agricultura.

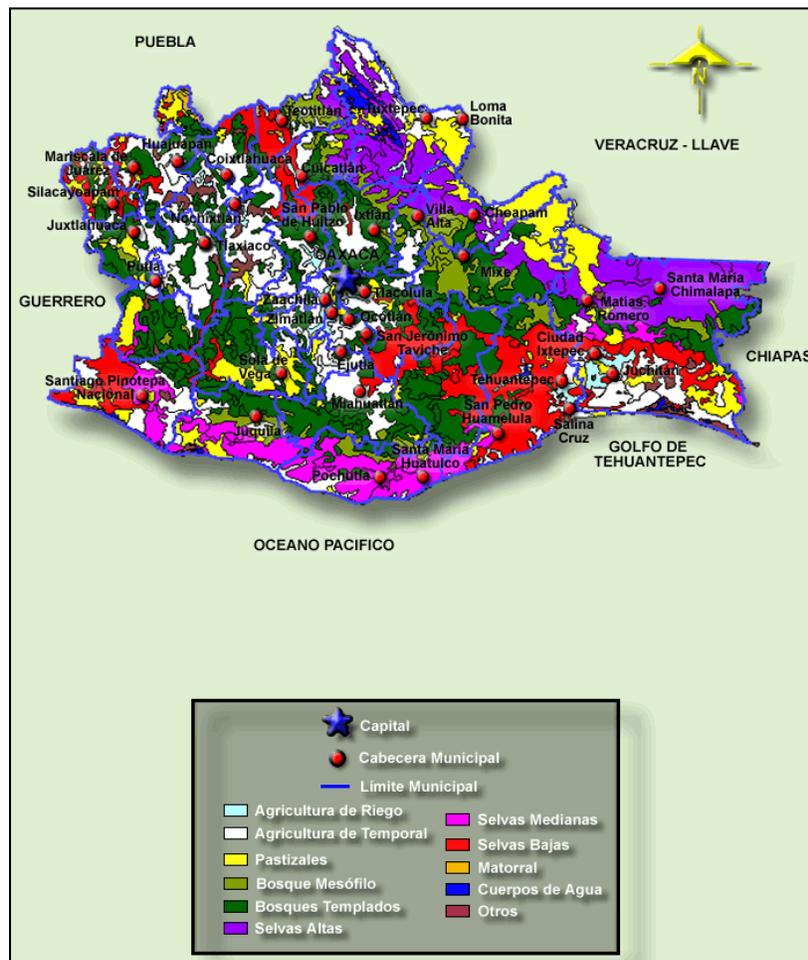


Imagen 4.3 Posibilidades de Uso Agrícola

## 4.6 Vegetación

La cubierta vegetal en el estado de Oaxaca está formada principalmente por **Bosques** templados y **Selvas**, con una amplia distribución, que en conjunto cubren poco más de tres cuartas partes de la entidad; la porción restante incluye **Pastizales**, **Agricultura** y, en menor proporción, otros tipos de vegetación.

Los bosques ocupan las partes altas de las montañas, bajo la influencia de climas templados y semicálidos, están caracterizados por la presencia de diferentes especies de pinos (*Pinus* spp.) y encinos (*Quercus* spp.).

Las selvas dominan sobre todo las partes bajas y calientes de la sierra, en ellas la diversidad florística es mayor que en los bosques; los climas predominantes pertenecen al tipo cálido subhúmedo, con diversos gradientes de humedad y con una marcada época seca, durante la cual la mayor parte de las especies arborescentes dejan caer sus hojas.

Algunos elementos representativos son copal o cuajilote (*Bursera* spp.), pochote o mosmot (*Ceiba* spp.), aguacaste, cuanacazte o nacaste (*Enterolobium* spp.), canchán o sombrerete (*Terminalia* spp.), aguatope o acotopillo (*Inga* spp.) y otras.

A pesar del dominio de los bosques y selvas en territorio oaxaqueño, el espacio que ocupan se ve cada vez más reducido, ante el avance de las áreas dedicadas a la agricultura y ganadería.

En efecto, en muchos lugares la cubierta de bosque o selva es interrumpida por pastizales introducidos por el hombre, ya sea porque éste abre los espacios para su cultivo o porque induce su desarrollo mediante el desmonte y lo mantiene con quemas periódicas.

La agricultura prevalece principalmente en terrenos planos y poco inclinados, concentrándose principalmente en los valles intermontanos y en las llanuras costeras del sur y noreste de la entidad; algunas especies representativas de la agricultura son maíz, frijol, alfalfa, coco, piña y plátano, entre otras.

Las prácticas agrícolas sin embargo, también se llevan a cabo en terrenos inapropiados para ello, lo que ha propiciado el deterioro y la erosión del suelo en no pocos lugares de la geografía estatal.

### 4.7. Reporte fotográfico.

En el siguiente reporte fotográfico, se puede apreciar el estado inicial en que se encuentra el camino.



Imagen 4.4 Situación inicial del camino.

#### 4.8 Estudio de tránsito:

El estudio del tránsito que fue realizado para fines del diseño estructural del pavimento comprende el comportamiento del movimiento vehicular actual del tramo en estudio de los tres aspectos siguientes:

- 1.- La obtención del tránsito diario promedio anual (**T.D.P.A.**) para el año inicial del proyecto.
- 2.- La clasificación vehicular por número y tipo de ejes.
- 3.- La estimación de la tasa de crecimiento anual que permita una proyección del volumen vehicular al final del periodo de diseño más conveniente.
- 4.- La determinación de la cantidad de ejes equivalentes que soportará la estructura del pavimento.

##### 4.8.1 Estudio de tránsito del subtramo:

El estudio del tránsito, considerando que se ampliará el ancho de corona manteniendo las características del camino existente, con una carretera de pavimento asfáltico, se considero un tránsito inferido de 84 vehículos diarios en ambos sentidos, sin embargo considerando que el camino a proyectar es del tipo "D", el tránsito considerado en este tipo de camino es de 100 a 500 vehículos diarios, por lo que se considero proyectar con la media de 250 vehículos diarios, con una tasa de crecimiento anual del 4.0 % y un periodo de vida útil de 15 años.

##### 4.8.2 Clasificación vehicular

En la tabla siguiente se muestra la distribución de vehículos para proyecto.

T.D.P.A. en ambos sentidos = 86 vehículos

Sin embargo dado que se trata de un camino tipo "D", en donde por normativa se indica un tránsito de 100 a 500 vehículos se considera:

##### **T.D.P.A. De 250 Vehículos (PARA ESTE PROYECTO)**

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL 4.0 %

Periodo de vida: 15 Años.

<b>CONCEPTO</b>	<b>TOTAL</b>
A2 = % AUTOMÓVILES	18
C 2 = % CAMIONES	26
C 3 = % CAMIONES	55
T2-S2 = % SEMIREMOLQUES	1
<b>SUMA =</b>	<b>100</b>

Tabla 4.1

Conforme a la intensidad y composición del tránsito propuesta, el diseño estructural del pavimento, según los lineamientos del método propuesto por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. y poder concluir con la estructuración del pavimento más conveniente.

El criterio de este método se basa en el coeficiente de daños producido por ejes sencillos equivalentes con peso de 8.2 ton. y la resistencia de los materiales de las terracerías (VRS).

#### 4.9. Estudio del drenaje:

Considerando que el tramo en estudio se aloja en una zona rural con precipitación pluvial de media a alta y con pendientes longitudinales hasta del 9%, la solución del drenaje longitudinal y transversal debe tomar en consideración la sección de proyecto de la vía y las aguas pluviales en su escurrimiento, es conveniente facilitarlas mediante las alcantarillas transversales, y longitudinalmente mediante cunetas revestidas con las pendientes que se indican en el proyecto y con una pendiente transversal superficial o "bombeo" del 2.0 % .

Por otra parte, en lo relativo a las obras de drenaje transversales y longitudinales en cauces naturales, no debe escatimarse el área hidráulica pues es bien sabido que por falta de cultura ecológica se arrojan desechos contaminantes que dificultan el flujo de las aguas y se incrementa en las zonas urbanas, por tal motivo se deberán proyectar de acuerdo al área hidráulica calculada del cauce el tipo de obra según el colchón arriba de la obra que indique el proyecto.



**A**



**B**

Imágenes 4.5 Construcción de obra de drenaje.



**A**



**B**

Imágenes 4.6 Construcción de cunetas

## **CAPÍTULO 5**

### **MODERNIZACION DEL CAMINO.**

Dentro de la red carretera, los caminos rurales constituyen 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 los satisfactores básicos para mejorar su calidad de vida, así como a mayores oportunidades de empleo y desarrollo general.

#### **5.1. Condiciones actuales del camino**

El camino actual corresponde a un Tipo “D”, que comunican principalmente las zonas marginadas de Talea de Castro con el municipio de Santiago Lalopa, con una longitud de proyecto de 11 km. que va del km. 0+000 al km. 11+000, pertenecientes al estado de Oaxaca, este un camino rural que se caracteriza por ser de un carril de circulación con 4.0 m de ancho y libraderos ; superficie de rodamiento, a base de terracerías revestidas no compactadas y con obras de drenaje que permiten transitarlos en cualquier época del año; se encuentra a cargo de Gobierno Estatal. Los caminos rurales representan el 48 por ciento de la red carretera nacional.

#### **5.2. Trabajos de Modernización**

La modernización consiste en ejecutar trabajos en este camino rural o alimentador pasando de un camino clasificación tipo “D” a un camino tipo “C”, para ampliarlo y aumentar su capacidad vial hasta dejarlo acorde a los requerimientos de un nuevo y mayor volumen de tránsito de proyecto.

Comprende acciones tendientes a adecuar sus especificaciones geométricas, entre las que se encuentran:

- Ampliación de ancho de corona o calzada.
- Abatimiento de pendientes fuertes y reducción del grado de curvatura.
- Aumento en la calidad y resistencia estructural en puentes y superficie de rodamiento.
- Pavimentación de caminos revestidos.
- Trabajos complementarios de ampliaciones de drenaje, entronques, cruces y Señalamientos .

### 5.3. Clasificación de tipos de camino

Conforme a la clasificación de la SCT, los caminos rurales han quedado considerados dentro del tipo **E**, con las siguientes especificaciones

TIPO E	
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	REVESTIDA
TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL	HASTA 100 VEHICULOS
VELOCIDAD DE PROYECTO	HASTA 70 KM/HR
PENDIENTE MAXIMA	13 POR CIENTO
ANCHO DE CORONA	4.0 METROS



Imagen 5.1 Fuente: [http:// Clasificacion-de-Caminos-sct](http://Clasificacion-de-Caminos-sct)

Conforme a la clasificación los caminos alimentadores se han establecido dentro del tipo **C o D**, con las siguientes especificaciones:

TIPO C o D	
SUPERFICIE DE RODAMIENTO	PAVIMENTADA
TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL	100 A 1,500 VEHICULOS
VELOCIDAD DE PROYECTO	40 - 100 Y 30 - 70 KM/HR
PENDIENTE MAXIMA	8 Y 12 POR CIENTO
ANCHO DE CORONA	6 A 7 METROS



Imagen 5.2 Fuente: [http:// Clasificacion-de-Caminos-sct](http://Clasificacion-de-Caminos-sct)

#### 5.4. Población Objetivo.

El Programa se dirige a los habitantes de comunidades rurales ubicadas en municipios con muy alto o alto grado de marginación; considerados como microrregiones, de acuerdo a los índices establecidos por CONAPO, y/o en zonas indígenas, que requieran atención de un camino rural o alimentador, que les permita satisfacer sus necesidades de transporte.

## **CAPÍTULO 6**

### **PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.**

En este capítulo se realizará una descripción del proceso constructivo del camino TALEA DE CASTRO – SANTIAGO LALOPA del km 0+000 al km 11+000.

Este proceso constructivo se desarrolla en varias etapas como es trazo y nivelación, cortes y terraplenes, obras de drenaje, construcción de subrasante, base hidráulica, carpeta asfáltica en caliente y señalamiento vertical y horizontal.



Imagen 6.1. Terreno natural del camino.

#### **6.1. Trazo y nivelación.**

Para realizar el anteproyecto del trazo del camino, se requiere conocer los elementos del proyecto geométrico, los cuales son: alineamiento horizontal, alinamiento vertical las secciones transversales.

El alineamiento Vertical es la proyección del centro de la línea de la via terrestre sobre un plano vertical, sus elementos son las tangentes verticales y las curvas verticales

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de línea del camino sobre un plano horizontal y sus elementos son tangentes y curvas horizontales.

La sección transversal es un corte acorde a un plano vertical y normal al centro de línea en el alineamiento horizontal

El proyecto definitivo del camino consiste en los estudios de campo y de gabinete necesarios para producir los planos definitivos, los volúmenes de obra y sus presupuestos.

En el trazo y nivelación, se realizan trabajos de marcar ejes del camino así como, niveles para la realización de los cortes y terraplenes con la utilización de equipos topográficos como el nivel y tránsito y la utilización de estacas, cal y herramienta menor.



Imagen 6.2 Trazo y nivelacion

## 6.2 Capa Subrasante.

La capa subrasante se presento oficialmente en las especificaciones mexicanas de 1957.

Sus características mínimas son:

- Espesor de la capa de 30 cm
- Tamaño máximo del agregado de 7.5 cm (3 pulgadas)
- Grado de compactación: 95 % del PVSM
- Valor relativo de soporte: 15 % mínimo
- Expansión máxima: 5 %

El proceso constructivo para la Capa Subrasante es el siguiente:

Una vez que se tenga el material requerido para la construcción de la capa subrasante, por medio de la motoconformadora, el material se extenderá parcialmente y se procederá a la incorporación de agua por riegos y mezclados sucesivos, a fin de alcanzar la humedad óptima. Después se extenderá para formar una capas cuyo espesor compactado deberá ser de 0.3 m.

Esta capa extendida se compactará por medio de un rodillo liso de placa vibratoria, hasta alcanzar un mínimo de 95% de su peso volumétrico seco máximo. Si se requiere, se darán riegos superficiales de agua durante el tiempo que dure la construcción, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

La superficie se terminará conforme al proyecto de rasantes y respetando lo indicado en el plano de secciones y perfil longitudinal que no se incluyen en esta tesis. Para dar por terminada la construcción de esta capa, se verificará que el alineamiento, sección, compactación, espesores y acabados sean los establecidos por el proyecto.

Las principales funciones de la capa subrasante son:

1. Recibir y resistir las cargas del transito
2. Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas al cuerpo de terraplén.



Imágenes 6.2 Tendido de material para formación de capa subrasante.

El procedimiento de construcción, el material se debe compactar con el equipo adecuado, en general, la capa subrasante consta de dos capas de 15 cm de espesor mínimo.



Imagen 6.3 Banco de material para formación de Subrasante.



Imagen 6.4 Compactación de Subrasante empleando rodillo liso de placa vibratoria

### 6.3 Capa Base Hidráulica.

Es una capa de materiales pétreos seleccionados, cuya función es dar un buen apoyo uniforme a la carpeta asfáltica y resistir las cargas que le transmiten, aminorando los esfuerzos inducidos, y distribuyéndolos a las capa inferior, proporcionando a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

De acuerdo con Olivera los materiales que se emplean para la base son:

A) Los que no requieren tratamiento son los materiales poco o nada cohesivos como los limos, arenas y gravas que al extraerlos quedan sueltos y no contiene del 5% de partículas mayores de 2”.

B) Los materiales que requieren ser disgregados son los tezontles y los cohesivos como tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas, que al ser extraídos del banco salen disgregación no contienen más del 5% de partículas mayores a 2”.

C) Los materiales que requieren ser cribados son los poco o nada cohesivos, como son las mezclas de grava, arenas y limos que al extraerlos quedan sueltos con un contenido del 5% y el 25% de materiales mayores a 2”; por lo cribados por la maya de 2” para cumplir con lo especificado.

D) Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y privados son poco o nada cohesivos como son, mezclas de gravas, arena y limos, que al extraerlos contienen más del 25% de partículas mayores a 2" por lo cribarse por la malla de 1 ½ ".

E) Materiales que requieren trituración total y cribado por la malla de 1 ½ ", son los materiales extraídos de mantos de roca, piedra de pepena, piedra suelta de depósitos naturales.

F) Materiales mezclados son los que resultan de la mezcla de 2 o más materiales sean arena, grava o limos.

La construcción de esta capa iniciará cuando la capa de subrasante esté terminada dentro de las tolerancias fijadas. El procedimiento de ejecución será el siguiente:

Se utilizara la motoconformadora para el mezclado y el tendido, el material se extenderá parcialmente en seco y sobre él se hacen pasar los autotanques que lo riegan con el agua necesaria para su compactación, en volumen suficiente para obtener la humedad óptima o ligeramente superior y hasta tener homogeneidad en granulometría y humedad.

En este caso sería conveniente que el laboratorio revise el grado de humedad y uniformidad.

Posteriormente se realiza el tendido de la capa en espesor adecuado al tipo del equipo a emplear, que se somete al paso del equipo de compactación apenas lo suficiente para dar un acomodo superficial.

Una vez extendido el material, se iniciará el proceso de compactación durante el tiempo que sea necesario para alcanzar el porcentaje especificado. Al llegar a la capa fina y antes de conseguir la compactación final, por métodos topográficos se fijarán elementos al piso que sirvan de guía a los operadores de las motoconformadoras para obtener una superficie dentro de las tolerancias de niveles especificados.

De ser necesario, se corregirá recargando donde se requieran o cortando los excesos. Siempre será preferible construir las capas con excesos de ancho y luego cortar, recuperando el material

Se deberá tomar en cuenta que hay que dar riegos superficiales de agua durante el tiempo que dure la construcción, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

De la misma manera que en la capa subrasante, se debe verificar el alineamiento, sección compactación, espesores y acabados para dar por terminada la capa

En la siguiente tabla se presentan los requisitos de granulometría para la base hidráulica.

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^{6(1)}$	$\Sigma L > 10^{6(1)}$
37.5	1 1/2"	100	100
25	1"	100	70-100
19	3/4"	60-100	60-85
9.5	3/8"	40-83	40-65
4.75	No. 4	30-67	30-50
2	No. 10	21-50	21-36
0.85	No. 20	13-37	13-25
0.425	No. 40	8-28	8-17
0.25	No. 60	5-22	5-12
0.15	No. 100	3-17	3-9
0.075	No. 200	0-10	0-5

(1)  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8.2 t, esperado durante la vida útil del pavimento

Tabla 6.1 Granulometría para base hidráulica

Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos.

Características	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^{6(1)}$	$\Sigma L > 10^{6(1)}$
Límite líquido <sup>(2)</sup> , máximo	25	25
Índice plástico <sup>(2)</sup> , máximo	6	6
Equivalente de arena <sup>(2)</sup> , mínimo	40	50
Valor soporte de California (CBR) <sup>(2,3)</sup> , mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles <sup>(2)</sup> , máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas <sup>(2)</sup> , máximo	40	35
Grado de compactación <sup>(2,4)</sup> , mínimo	100	100

Tabla 6.2 Características de materiales para base hidráulica.

Al tener preparado el material para la base se extenderá en todo el ancho de la corona y se conformara de tal manera que se tenga una capa sin compactar de un espesor uniforme, se comenzará a compactar el material de tal manera que las capas que se empiecen a compactar tengan un espesor no mayor que aquél que el equipo sea capaz de

compactar. La compactación se realizará longitudinalmente de la orilla hacia el centro en tangente, y del interior al exterior en curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada. Una vez terminada la compactación se aplicará sobre la superficie; limpia y libre de basura, un riego de emulsión asfáltica de fraguado lento o superestable conocido como “riego de impregnación”, este sirve para impermeabilizar y estabilizar la base y la protege de la intemperie, además favorece la adherencia entre la futura carpeta.

Tratamiento de material triturado tamaño máximo del agregado de 1 ½ pulgada.



Imagen 6.5

Almacén de material para formación de capa Base Hidráulica



Imagen 6.6



A



B

Imagen 6.7 Tendido y compactado de material de base hidráulica.



Imagen 6.8 Incorporación de agua.

#### 6.4. Riego de impregnación.

De acuerdo con N-CTR-CAR-1-04-004/00 de la SCT, el riego de impregnación consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre una capa de material pétreo como base del pavimento, con objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica. El material utilizado es una emulsión, ya sea de rompimiento lento o especial para impregnación, o bien un asfalto rebajado. Su aplicación puede omitirse si la capa por construir encima es de una carpeta asfáltica mayor o igual a 10 centímetros.

La maquinaria para la aplicación del riego de impregnación, será la petrolizadora la cual será capaz de establecer una temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas; están equipadas con odómetro, medidores de presión dispositivos adecuados para la medición del volumen aplicado y termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque; y contar con una bomba y barras de circulación completas, que puedan ajustarse verticalmente y lateralmente.



A



B

Imagen 6.9 Aplicación de emulsión para riego de impregnación.



Imagen 6.10 Aplicación de arena para poreo.

El riego de impregnación se aplicara con un derivado asfáltico a razón de 1.5 l/m<sup>2</sup> siguiendo las instrucciones del proveedor. Por ningún motivo deberá regarse material asfáltico cuando la base se encuentre mojada; el riego de material asfáltico deberá hacerse de preferencia en las horas más calurosas. La superficie

impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el material asfáltico deberá estar firmemente adherido; la penetración del riego deberá ser mayor de 4mm., aunque en algunos casos se pueda aceptar como satisfactoria una penetración menor, siempre que haya adherencia entre el material asfáltico y el de la capa cuya superficie se impregnó. Cuando a pesar del barrido, se presente una superficie de textura muy cerrada y muy seca, puede darse un ligero riego de agua para desalojar el aire retenido principalmente por las partículas finas y que impiden que la aplicación del riego de material asfáltico sea satisfactoria; se dejará evaporar el agua casi totalmente y cuando la superficie se observe seca, se dará el riego de impregnación.

Una base bien terminada no debe tener depresiones; sin embargo, el material asfáltico regado pudiera, aún sin existir depresiones, formar charcos; cuando esto suceda el exceso de material asfáltico que se haya acumulado de esta forma se quitará por medio de cepillos.

La superficie impregnada deberá cerrarse al tránsito durante las 24 horas siguientes a su terminación; cuando por causas de fuerza mayor sea necesario abrir el tránsito a la base impregnada antes de que transcurra este tiempo, esta será cubierta con arena.



Imagen 6.11 Aplicación de arena para poreo.

### 6.5. Carpeta con mezcla asfáltica en caliente.

Este tipo de carpetas se elaboran en una planta estacionaria utilizando cementos asfálticos, estas plantas deben de contar con:

- A) Con un secador ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras con una capacidad de secado igual o mayor que la capacidad de producción del concreto asfáltico
- B) A la salida del secador debe de haber un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- C) Debe contar tres tamaños con una capacidad suficiente para mantener las tolvas siempre con material pétreo disponible para la mezcla.
- D) Debe contar con tolvas para almacenar el material pétreo y protegerlo de la lluvia y el polvo con capacidad que asegure la operación de la planta cuando menos durante quince minutos sin ser alimentada almacenar los materiales pétreos por tamaños, dispositivos que permita dosificar los materiales pétreos, de preferencia por peso, pudiendo hacer un ajuste de la mezcla en cualquier momento, para así mismo obtener la granulometría que indique el proyecto.
- E) Un equipo para calentar el cemento asfáltico, provisto de un termómetro, con una graduación de 20 a 210°C.
- F) un dispositivo para dosificar el cemento asfáltico con aproximación de  $\pm 2 \%$
- G) Una mezcladora equipada con un dispositivo para el tiempo de mezclado.
- H) Un recolector de polvo y un dispositivo para agregar finos.

A continuación se presenta el tamaño del material pétreo que debe emplearse para la producción de la carpeta asfáltica en caliente.

TAMANO DEL MATERIAL PETREO		TOLERANCIA, PORCENTAJE EN PESO DEL MATERIAL PETREO.
MALLA QUE PASA	RETENIDO EN MALLA	
CORRESPONDIENTE AL TAMANO MAXIMO	4.76 mm ( num 4 )	± 5
4.76 mm ( num 4 )	2.00 mm ( num 10 )	± 4
2.00 mm ( num 10 )	0.420 mm ( num 40 )	± 3
0.420 mm ( num 40 )	0.074 mm ( num 200 )	± 1
0.074 mm ( num 200 )	----	± 1

Tabla 6.3 tamaños del agregado pétreo en carpeta asfáltica.



Producción de material de carpeta asfáltica en planta.

Imagen 6.12 Planta de asfalto.

La temperatura del material oscila entre el 120 y 160°C al momento de agregarle el cemento asfáltico y la mezcla al salir de la planta debe de tener una temperatura entre 120 y 150°C.



Imagen 6.13 Tendido de mezcla

La compactación se realizará utilizando un rodillo tándem de dos ruedas de acero de las orillas hacia el centro del camino en las tangentes y del interior hacia el exterior de las curvas con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador. Durante la compactación las ruedas deberán mantenerse húmedas para evitar que se adhiera el material.



Imagen 6.14 Compactación de carpeta asfáltica

Después de haberse hecho las correcciones necesarias después de la compactación inicial se procede a dar pasadas con un rodillo neumático adecuado para alcanzar un mínimo de 95% del peso volumétrico máximo para después realizar una compactación final con rodillos tándem de dos ruedas o tres mientras que el material es aún suficientemente trabajable para permitir suprimir las huellas de los rodillos.

La compactación de la mezcla debe terminarse a una temperatura mínima de 70°C.



A



B

Imágenes 6.15 Tratamiento de trituración al material pétreo de la carpeta asfáltica.



A



B

Imágenes 6.16 Colocación de señalamiento.

## **CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES**

En el presente trabajo de investigación del procedimiento constructivo del tramo carretero del km 0+000 al km11+000 del tramo carretero TALEA DE CASTRO – SANTIAGO LALOPA, ubicado en el ESTADO DE OAXACA, se llega a las siguientes conclusiones.

Como se pudo observar, a lo largo de este documento de investigación, los procesos constructivos empleado fueron los adecuado, desde el inicio del trazo del camino, se empleo topografía para colocación de la línea de los cortes y terraplenes, una vez realizados los cortes, la construcción de la capa subrasante se construyo con el material apropiado en características físicas de tamaño y de resistencia, lo mismo ocurrió en el tratamiento de los materiales para la construcción de la base hidráulica.

Para la elaboración de la carpeta asfáltica se siguió el proceso constructivo adecuado, desde la selección del material pétreo, pasando por el mezclado en la planta de asfalto hasta el tendido y compactado del material.

Los equipos mecánicos empleados en sus diferentes etapas o procesos de construcción fueron los indicados y establecidos por las normas de construcción.

Y finalmente la colocación del señalamiento vertical y horizontal para la operación del camino carretero estudiado.

## **RECOMENDACIONES.**

Se hace el comentario final, con la intención de dar mayor vida útil al camino construido, de mantener libre de maleza y basuras las cunetas y obras de drenaje, con la intención de permitir el escurrimiento pluvial por los pasos construidos, con esto se evita que el escurrimiento transite sobre la carpeta asfáltica, lo cual podría generar deslaves al interior del camino.

Se recomienda también mantener libre de sombras y enramadas la superficie del camino, con la finalidad de mantener aireada y soledad la superficie de rodamiento para no acumular humedad que genere el deterioro del camino.

## **FUENTES BIBLIOGRAFICAS**

- Arias rivera (1984)  
Cuaderno de comportamiento de suelos  
Facultad de ingeniería UNAM.
- Juárez Badillo, Rico Rodríguez (2010)  
Mecánica de Suelos-tomo I (Tercera edición)  
Ed. LIMUSA
- Hernández Sampieri, Roberto y Cols (2005)  
Metodología de la investigación.  
Ed. Mc. Gran h. II. México.
- Crespo Villaraz (2007)  
Vías de comunicación (Cuarta edición )  
Ed. Limusa
- Mier S., José Alfonso (1987)  
Introducción a la ingeniería de caminos  
UMSNH. México.
- Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)  
Métodos de Investigación y manual Académico.  
Ed. Porrúa. México.
- Olivera Bustamante, Fernando. (2006)  
Estructuración de vías Terrestres (2da Edición).  
Ed. Continental. México.
- Secretaría de comunicaciones y transportes (SCT) (1974)  
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.  
México.
- Tamayo Tamayo, Mario (2000)  
El Proceso de la Investigación Continua.  
Ed. Limusa. México.

- Rafael Cal y Mayor, James Cárdenas (2007)  
Ingeniería de Transito (Octava Edición )  
Ed. Alfaomega

## ***FUENTES ELECTRONICAS***

<http://www.emexico.gob>

<http://www.mexicodiplomatico.org>

<http://www.mapasmexico.net>

<http://alpha.rec.uabc.mx>

<http://www.biblioteca.uson>

<http://www.arqhys>

<http://definicion.de>

<http://alpha.rec.uabc>