



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA FEDERAL MEX. 190  
TUXTLA GUTIÉRREZ – CD CUAUHTÉMOC

## **DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

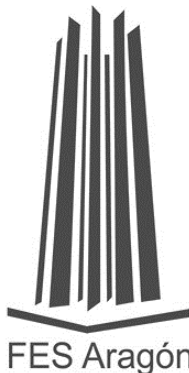
PRESENTA:

**JAVIER LÓPEZ BAUTISTA**

ASESOR:

**ING. JOSÉ MARIO AVALOS HERNÁNDEZ**

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO 2015



**FES Aragón**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

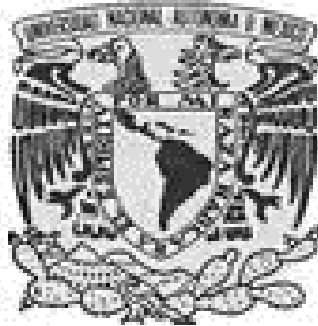
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

AMPLIACIÓN DE LA CARRETERA FEDERAL MEX. 190  
TUXTLA GUTIÉRREZ – CD CUAUHTÉMOC

---

POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU



## I N D I C E

### **ANTECEDENTES**

#### **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN A LAS CARRETERAS**

I.1.- INTRODUCCIÓN

I.2.- INFRAESTRUCTURA NACIONAL

I.3.- OBJETO DE ESTUDIO

#### **CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE PROYECTO**

II.1.- GENERALIDADES

II.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

#### **CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO**

III.1.- PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

III.2.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

III.3.- SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO

III.4.- SITUACIÓN SIN EL PROYECTO

III.5.- SITUACIÓN CON EL PROYECTO

#### **CAPÍTULO IV. ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE PAVIMENTO**

IV.1.- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

IV.2.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

## **CAPITULO V. ESTUDIO DE TRANSITO**

V.1.- VÍAS DE ACCESO

V.2.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

V.3.- CLASIFICACIÓN TÉCNICA

V.4.- NIVELES DE SERVICIO

V.5.- ESTUDIOS DE TRANSITO

V.6.- TAZA DE CRECIMIENTO

## **CAPITULO VI. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA ACTUAL Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

VI.1.- ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE Y CALIDAD

VI.2.- EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

VI.3.- EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ACTUAL

VI.4.- ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN

## **CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

# ANTECEDENTES

---

En la actualidad, se entiende por pavimento al conjunto de capas constituidas por materiales seleccionados, que proporcionen una superficie de rodamiento adecuado, que resista los esfuerzos originados por el tránsito y los transmita adecuadamente distribuyéndolo a las terracerías.

Convencionalmente, se clasifican a los pavimentos flexibles y rígidos. Los primeros, son aquellos que como superficie de rodamiento tiene una carpeta asfáltica, en cambio, los segundos cuentan con una losa de concreto hidráulico, la cual trabaja monolíticamente y transmite los esfuerzos a una zona bastante amplia de las capas anteriores en relación con los pavimentos flexibles. Con la introducción del concreto asfáltico, se han perdido la línea divisora entre ambos ya que este tipo de carpeta llega a tener una rigidez muy alta.

Las carpetas que generalmente constituyen un pavimento flexible, mencionados de las superiores y las inferiores son: carpeta asfáltica con sello o sin sello, base y sub-base. El pavimento se construye sobre las terracerías que están formadas por la capa subrasante y el cuerpo del terraplén y toda la estructura se apoya en el terreno natural.

Para el correcto funcionamiento de la estructura de un camino, deberá tomarse en cuenta que en él interviene la calidad y espesores de los materiales del pavimento, de las terracerías y del terreno natural, por lo que las estructuras deben analizarse de forma integral.

Es por eso que la tesis que se presenta, desarrolla un tema, el cual refiere a la ampliación y construcción de una carpeta a base de un pavimento flexible, este describirá las definiciones de carretera y todas aquellas necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción también se describirán las consideraciones físicas, geográficas, económicas y sociales que intervienen en el diseño y construcción, los cuales varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.



CAPITULO

I

INTRODUCCIÓN A  
LAS CARRETERAS

## **I.1 INTRODUCCIÓN**

Para llevar a cabo la planeación de un sistema carretero, es preciso que se establezcan los objetivos que se quieren alcanzar con las acciones que se van a emprender, en forma concreta y realizable, satisfaciendo la demanda de transporte de personas y mercancías con un mínimo de recursos.

El objetivo de la planeación en carreteras, es evaluar la factibilidad del proyecto mediante el análisis del estudio socioeconómico, que dependerá de que los beneficios que se obtengan con la obra superen a los costos de inversión, mantenimiento y operación, cumpliendo con las expectativas de obtener un rendimiento en un plazo determinado.

Entonces, los principales proyectos y productos requeridos de la planeación son un anteproyecto de la carretera y un estudio socioeconómico, los cuales a su vez necesitan para su elaboración de estudios complementarios pero indispensables como son mediciones de tránsito, de traslado de mercancías y de personas, costos de construcción y conservación, análisis de rentabilidad, etc.

Entre los objetivos de una adecuada planeación de la red carretera está disminuir desequilibrios sociales y económicos, mejorando el desarrollo regional y el acceso a zonas rurales marginadas. Eficientando el uso de los recursos, satisfaciendo las necesidades del usuario, considerando aspectos de seguridad y movilidad, tomando en cuenta la protección al medio ambiente y el desarrollo de proyectos que contribuyan al reordenamiento territorial y la eficiencia operativa.

Estableciendo los objetivos, se realiza el planteamiento de las actividades, llevando a cabo la preparación y la puesta en práctica de las acciones seleccionadas, con un sistema de control y seguimiento de la evolución de la red carretera.

Se debe conocer el estado actual del sistema a través de la descripción física de la red, la cuantificación de la demanda del tráfico en las distintas secciones de la red y la valoración de su funcionamiento.

La descripción de la red se consigue mediante el desarrollo de un sistema de gestión de todas las carreteras, en el que aparezcan cada uno de los tramos, las características geométricas del trazado, sus características físicas, estado del señalamiento, entre otros.

El conocimiento de la demanda actual en la infraestructura carretera, exige la realización de aforos de tráfico para determinar el número de vehículos y su composición vehicular, realizando estudios de origen-destino.

Para prever la demanda de tráfico, existen diversos métodos, debido a que depende de un gran número de factores, tales como el nivel de desarrollo económico de una región, la localización de sus actividades industriales, comerciales, políticas, innovaciones tecnológicas, etc. Una vez determinada la demanda que ha de soportar una carretera, la aplicación de la ingeniería de tránsito también se requiere obtener estimaciones de demanda, características de la circulación y la proyección futura.



En la selección de la opción óptima, debido a que en muchas ocasiones los objetivos son de tipo económico, es conveniente analizar diferentes alternativas que resuelvan la necesidad inicial estudiando los beneficios que pueden obtenerse y los costos de su realización de estas opciones; se debe realizar una evaluación económica para cada alternativa de solución comparándola con la alternativa cero o “hacer nada”, con las alternativas que resulten rentables, es necesario hacer un análisis de los beneficios y costos incrementables en el que se comparen las alternativas, del cual saldrá la más rentable.

## I.2 INFRAESTRUCTURA NACIONAL

En México, al igual que en muchos otros países, la red carretera es la infraestructura de transporte más utilizada, dada la flexibilidad que confiere a los movedores de carga así como su gran extensión, permitiendo los servicios de entrega puerta a puerta.

Los 370 mil kilómetros de vialidades interurbanas de que dispone México se integran por autopistas, carreteras, caminos y brechas que permiten la conectividad entre prácticamente todas las poblaciones del país, con independencia del número de habitantes con que cuenten y su relevancia económica. La red nacional está conformada en números redondos por 50 mil kilómetros de carreteras de jurisdicción federal de las cuales casi 9 mil son autopistas de cuota así como por aproximadamente 80 mil km de carreteras estatales, 170 mil km de caminos rurales y poco más de 70 mil km de brechas mejoradas.

Esta red nacional, adicionalmente a su jurisdicción, se clasifica también en 5 categorías por sus características geométricas, especificaciones de diseño, equipamiento, señalización y número de carriles totales. El nivel más alto corresponde a la denominación de Eje Troncal de Transporte o ET; en segundo lugar se ubica la categoría A destinada a las Autopistas, a la cual sigue la categoría B, asignada a las carreteras de la denominada red primaria. Estas 3 categorías se subdividen en cada caso, por el número de carriles de circulación de que disponen, ya sean de 2 carriles o bien de 4 o más, por lo que a las letras de cada categoría se adiciona el número 2 o el 4 para identificar esa característica (ET4, ET2, A4, A2, etc.).

Las dos categorías restantes corresponden a carreteras de 2 carriles ya sean tipo C (red secundaria) o bien tipo D (red alimentadora). La nomenclatura mencionada se emplea dentro del Reglamento de Peso y Dimensiones para clasificar a las carreteras federales, como base para determinar su capacidad máxima de carga permitida, por clase de unidad integral o de combinaciones articuladas de vehículos de tracción y arrastre, que son empleadas para el transporte de mercancías por el territorio nacional, donde las ET corresponden a las de mayor capacidad, mientras que las D son las que menores tonelajes soportan.

Por otra parte, dentro de la red federal de 50 mil km y atendiendo a la densidad del tráfico de mercancías y pasajeros que anualmente registran, así como por la importancia de las zonas metropolitanas, los nodos de producción, los de actividades logísticas y los de consumo que enlazan, se han identificado 14 corredores carreteros principales, los cuales en conjunto suman casi 20 mil kilómetros a lo largo de diversos ejes longitudinales norte-sur y transversales este-oeste.

Los corredores son:

1. México-Guadalajara-Hermosillo-Nogales, con ramal a Tijuana
2. México-San Luis Potosí-Nuevo Laredo, con ramal a Piedras Negras
3. Querétaro-Aguascalientes-Zacatecas-Cd. Juárez
4. Acapulco-México
5. Puebla-Progreso
6. Mazatlán-Durango-Salttillo-Monterrey-Matamoros
7. Manzanillo-Guadalajara-San Luis Potosí-Tampico, con ramal a Lázaro Cárdenas
8. Acapulco-Puebla-Veracruz
9. Veracruz-Monterrey, con ramal a Matamoros
10. Transpeninsular de Baja California
11. Corredor del Altiplano
12. Puebla-Cd. Hidalgo
13. Circuito Transístmico
14. Circuito Turístico de la Península de Yucatán

Estos corredores comunican a todas las capitales estatales, las principales concentraciones metropolitanas, las ciudades medias, los puertos marítimos de relevancia y los accesos a los puentes fronterizos internacionales de mayor movimiento tanto con los Estados Unidos en el norte, como con Belice y Guatemala en el sur del país. Además de su impacto socio-económico en la integración del territorio, la definición de estos corredores ha permitido dar prioridad a las inversiones federales en la materia en los últimos sexenios, tanto para la modernización de algunos tramos faltantes, como para elevar sus especificaciones y niveles de seguridad.

### **I.3 OBJETO DE ESTUDIO**

El estudio tiene como objeto principal; diseñar una estructura de pavimento que cumpla con las exigencias reales de tránsito, de tal forma que permitirá establecer la calidad de los materiales, conclusiones y recomendaciones necesarias para adecuar la estructura actual así como una estructura geotécnica funcional.

Al final de este trabajo se pretende ampliar los conocimientos del que suscribe, así también como de toda aquella persona que tenga contacto con este trabajo. Se deberá comprender detalladamente todo el procedimiento de un buen desarrollo para la elaboración de un diseño y construcción de carreteras, así también como anteriormente se dijo obtener resultados que puedan dar una mayor comprensión y resultados que ayuden en el análisis y diseño de una carpeta.



## CAPITULO

# II

CARACTERISTICAS DE LA  
ZONA DE PROYECTO

## **II.1 GENERALIDADES.**

Con el propósito de hacer más eficiente, funcional y moderna, la red vial de carreteras en el Estado de Chiapas, cumpliendo a su vez con su importante función social, el Gobierno Federal, representado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ha incluido en su programa de obras para el año 2013, la modernización mediante la ampliación de la Carretera: Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, Tramo: La Trinitaria – Cd. Cuauhtémoc, Estado de Chiapas.

El tramo en estudio y debido a la topografía actual, presenta en varios subtramos alineamientos verticales y horizontales, que están fuera de especificaciones para un camino tipo "A2", por lo que se decidió realizar modificaciones de la carretera actual, para tener una mejor fluidez vehicular.

1er. modificación.- Comenzara en el km. 192+000 saliendo el trazo de la carretera, hacia el Sureste, con una longitud aproximada de 16.0 km., el cual volverá a entroncar en km. 208+000 de la carretera actual.

2da. modificación.- Comenzara en el km. 219+000 saliendo el trazo de la carretera, hacia el Sureste y después con dirección hacia el Sur, con una longitud aproximada de 6.2 km., posteriormente el trazo volverá a entroncar en km. 225+500 de la carretera actual.

3a. modificación.- Comenzara en el km. 253+500 saliendo el trazo de la carretera, hacia el Sureste, con una longitud aproximada de 3.5 km., posteriormente el trazo volverá a entroncar en km. 257+000 de la carretera actual, llegando a la frontera internacional de México-Guatemala.

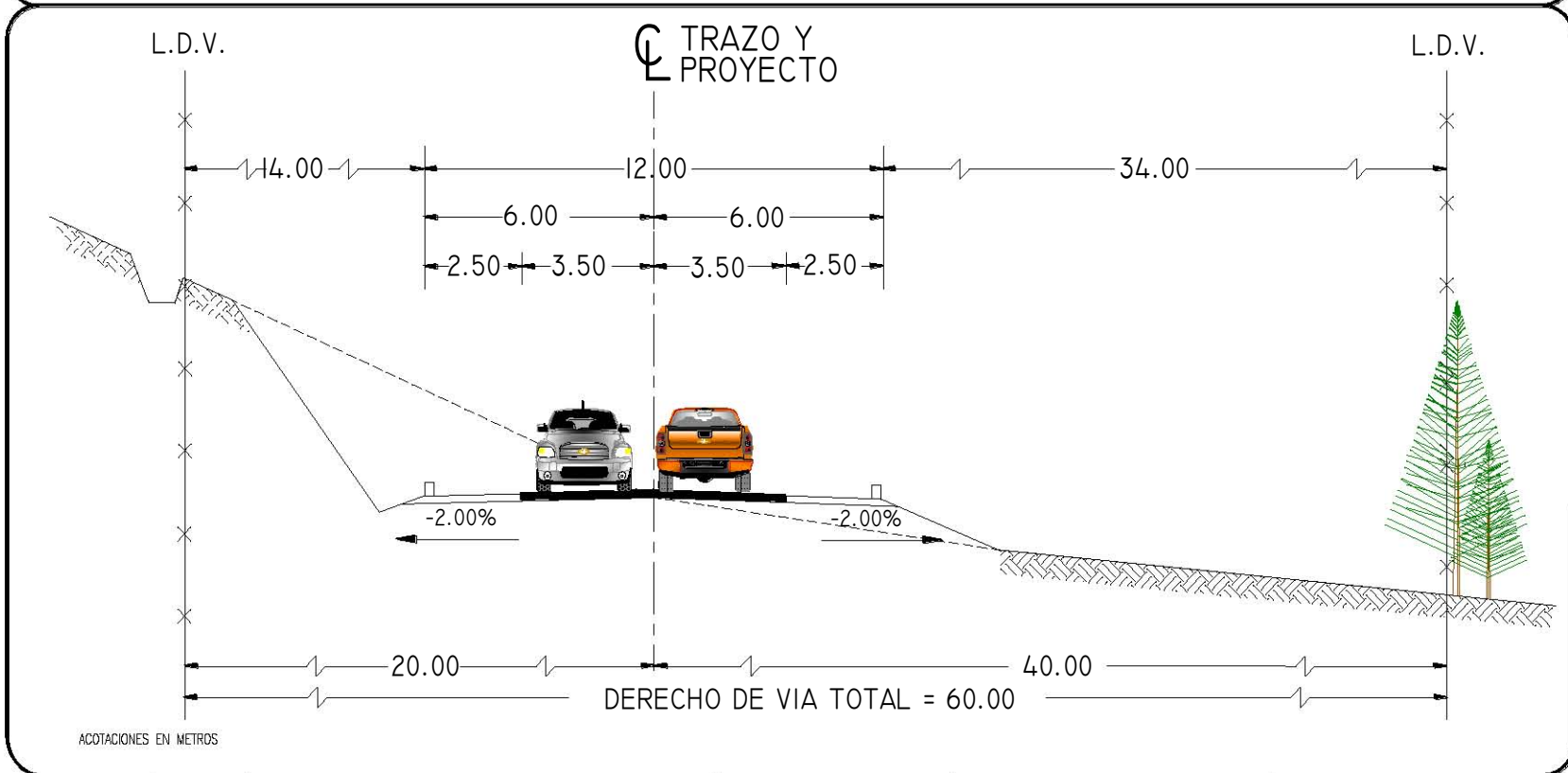
Los subtramos en las zonas de ampliación: km. 189+000 - km. 192+000, km. 208+000 - km. 219+000 y km. 225+500 - km. 253+500, se encuentran trazados sobre el hombro derecho de la carretera actual.

Dicha ampliación, es de gran importancia en cuanto al desarrollo regional y mejoramiento de la infraestructura del transporte se refiere, ya que su carácter de vía principal permitirá conectar con más fluidez y seguridad los poblados que comunica dicha vialidad, propiciando aún más, el crecimiento de la actividad económica de la región.

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
 DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
 DIRECCION TECNICA

CARRETERA TIPO  
 A2 - C12

SECCION TIPICA DE CARRETERA

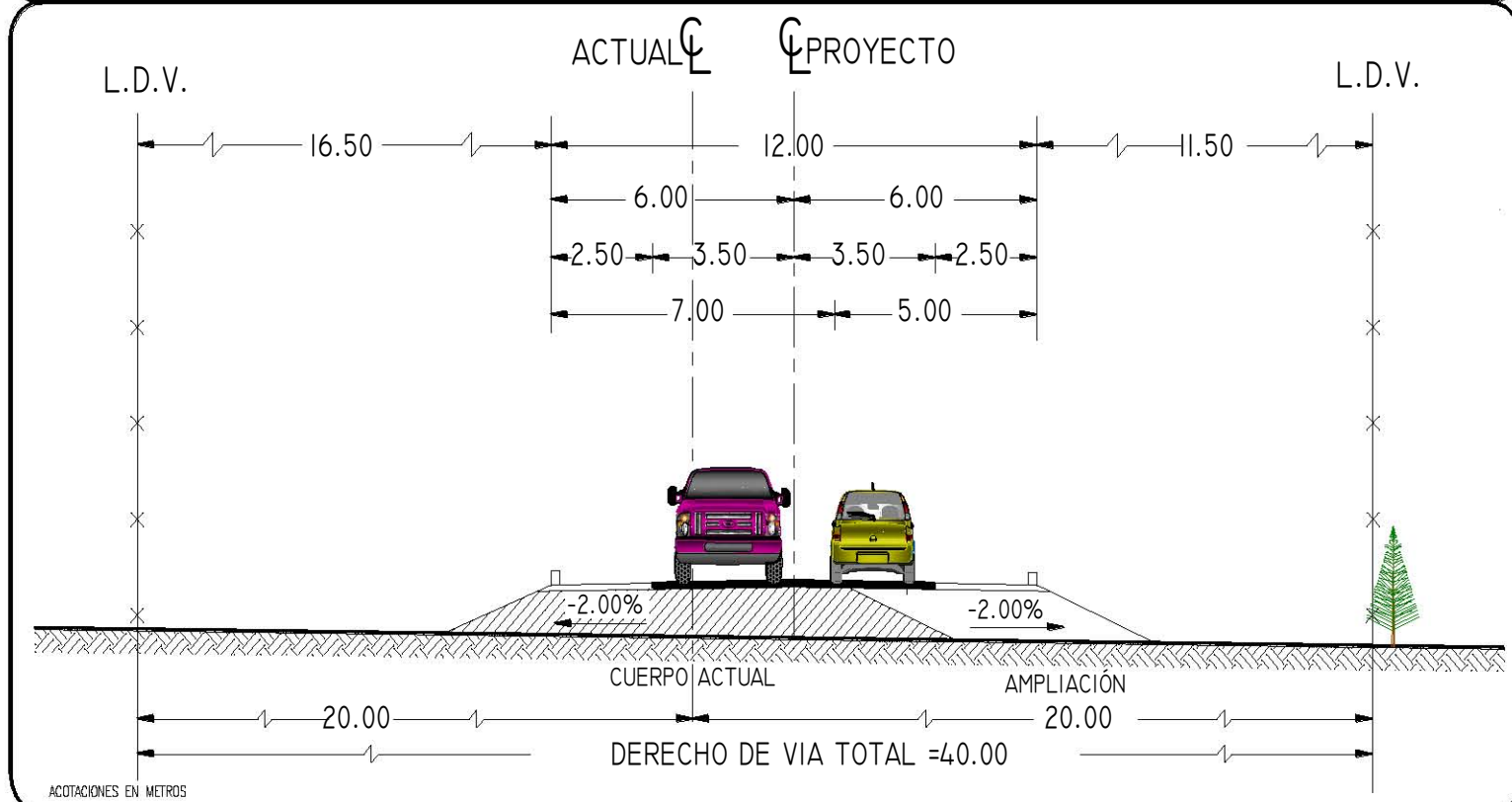


T = f (H)		NUMERO DE COMPROMISO	CARRETERA : TUXTLA GUTIERREZ - CD. CUAHUTEMOC	META DE OBRA (KM.)	KILOMETRAJE DE APLICACION	Vo. Bo.
H (m)	Horiz. x Ver.					
0 - 1	3 X 1	008	TRAMO : LA TRINITARIA - CD. CUAUHEMOC		KM.188+800 - KM. 191+500 KM.208+500 - KM. 219+000 KM.225+500 - KM.245+650 KM.247+500 - KM.253+500	FECHA : <b>ABRIL 2013</b>
1 - 2	2.5 X 1					
> 2	1.7 X 1					
			ORIGEN : TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.			

SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
 DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
 DIRECCION TECNICA

CARRETERA TIPO  
 A2 - C12

SECCION TIPICA DE CARRETERA



ACOTACIONES EN METROS

$T = f(H)$ <table border="1"> <tr> <th>H (m)</th> <th>Hor.</th> <th>x</th> <th>Ver.</th> </tr> <tr> <td>0 - 1</td> <td>3</td> <td>X</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1 - 2</td> <td>2.5</td> <td>X</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>&gt; 2</td> <td>1.7</td> <td>X</td> <td>1</td> </tr> </table>		H (m)	Hor.	x	Ver.	0 - 1	3	X	1	1 - 2	2.5	X	1	> 2	1.7	X	1	NUMERO DE COMPROMISO <b>008</b>	CARRETERA : TUXTLA GUTIERREZ - CD. CUAUHTEMOC TRAMO : LA TRINITARIA - CD. CUAUHTEMOC ORIGEN : TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.	META DE OBRA (KM.)	KILOMETRAJE DE APLICACION KM.188+800 - KM. 191+500 KM.208+500 - KM. 219+000 KM.225+500 - KM.245+650 KM.247+500 - KM.253+500	Vo. Bo. FECHA : <b>ABRIL 2013</b>
H (m)	Hor.	x	Ver.																			
0 - 1	3	X	1																			
1 - 2	2.5	X	1																			
> 2	1.7	X	1																			

## II.2 CARACTERISTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

El inicio del tramo se origina en el km. 189+000, donde comienza el poblado de La Trinitaria, prosiguiendo por el camino actual hasta el km. 192+000, donde comenzara la primer modificación, continuando el trazo sobre la carretera actual del km 208+000 al km. 219+000, donde comenzara la segunda modificación, continuando el trazo sobre la carretera actual del km. 225+500 al km. 253+500, donde comenzara la tercer modificación, la cual entroncara en el km. 257+000, que son los límites de México con Guatemala.

El tramo en estudio está alojado en la parte Sureste del Estado de Chiapas, el cual corre con dirección Sureste, hacia la frontera con Guatemala, geográficamente el km. 189+000 se ubica en las coordenadas 16°07'03" de Latitud Norte y 92°03'21" de Longitud Oeste y el km. 253+000 se ubica en las coordenadas 15°38'40" de Latitud Norte y 91°59'10" de Longitud Oeste.

Colinda al Norte con Comitán de Domínguez, Al este y sur con el País de Guatemala, al suroeste con Comalapa, San Caralampio, al Oeste con la presa de Belisario Domínguez (La Angostura), y al Noroeste con Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas y los poblados de Tzimol y Tenam-puente. En este mismo se observa que el sitio en estudio se localiza en una zona de montañoso a lomerío.

### Localización geográfica

El proyecto se ubica en el municipio La Trinitaria, en la carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, en el estado de Chiapas. Este estado a su vez pertenece a la mesoregión Sur Sureste del País. (Ver Figura)

Figura 1 Ubicación estatal



Fuente: Elaboración propia (2013)



El municipio La trinitaria se asienta en los límites del Altiplano Central y de la Depresión Central, siendo montañosa aproximadamente la mitad de su terreno, sus coordenadas geográficas son 16.133333° de latitud y 92.050000 de longitud. Limita el norte con el municipio de La Independencia, al sur con Frontera Comalapa y Chicomuselo al oriente con la República de Guatemala y al poniente con los municipios de Tzimol y Comitán.

Su extensión territorial es de 1,840.70 km<sup>2</sup> que representa el 14.39% de la superficie de la región Fronteriza y el 2.43% de la superficie estatal, su altitud es de 1,540.00 m.s.n.m.

En el año 2010, la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada fue de 315,954 habitantes, distribuyéndose por sector, de la siguiente manera:

#### Sector Primario

El 80.22% realiza actividades agropecuarias. El porcentaje de este sector en los ámbitos regional y estatal fue de 57.40% y 47.25% respectivamente.

La derrama económica del sector se encuentra segmentada por actividades agrícolas y pecuarias, dentro de la actividad agrícola podemos encontrar la siembra de cultivos cíclicos: maíz (grano), tomate rojo, frijol, cacahuate, sorgo y papaya. Actualmente se ha iniciado el proceso para la siembra de hortalizas, aguacate hass, cítricos y para la producción de bioenergéticos, piñón e higuerrilla.

#### Sector Secundario

El 7.06% de la PEA ocupada laboraba en la industria de la transformación, mientras que en los niveles regional y estatal los porcentajes fueron de 12.33% y 13.24% respectivamente.

#### Sector Terciario

El 10.76% de la PEA ocupada se emplea en actividades relacionadas con el comercio o la oferta de servicios a la comunidad, mientras que en los niveles regional y estatal el comportamiento fue de 28.61% y 37.31% respectivamente.

El sector se ha visto fortalecido debido a que se ha desarrollado paralelamente a la actividad turística, un proceso de urbanización en el que destaca la implementación de servicios como: oficinas postales, correos y telégrafos, red de telefonía fija y celular, hoteles, restaurantes y museos.

Dentro de la red nacional de carreteras, el proyecto ampliación de la carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, tramos La Trinitaria – Entr. Las Delicias y Entr. Las Delicias – Las Champas podrá agilizar el flujo. Además podrá actuar como conexión del eje troncal principal, México – Puebla – Coahuila – Campeche – Mérida – Cancún – Chetumal con ramales a Chiapas y Oaxaca, y aduana fronteriza con la República de Guatemala.

Figura 2 Ubicación del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en imágenes de Google Earth (2013)  
Coordenadas de Inicio de Proyecto: latitud 16° 6.379'N, longitud 92° 2.940'O  
Coordenadas de Fin de proyecto: latitud 15°38.60'N, longitud 91° 59.114'O

## Geología

El estado de Chiapas se localiza en el extremo Sur de la República Mexicana; esta entidad federativa presenta un marco geológico complejo, mismo que ha evolucionado a partir del Ordovícico-Silúrico (Paleozoico) hasta el Holoceno.

La selva lacandona ocupa la zona marginal exterior del sistema exterior del sistema plegado de Chiapas que posee una orientación noroccidental y está constituido principalmente por calizas de edad cretácica.

En el plano regional, se trata de un territorio complejo, bajo la influencia de la zona de subducción de la margen pacífica de Centroamérica y de la zona de falla Polochic-Motagua que corta al continente transversalmente, del océano Pacífico al Caribe entre el extremo sur de Chiapas y el territorio guatemalteco. Los testigos de la actividad tectónica actual son la fuerte sismicidad y los volcanes, que aunque escasos, han sido importantes en tiempos históricos, entre ellos el Chichón y el Tacaná.

La estructura de la sierra de Chiapas está constituida por amplios espesores de rocas sedimentarias plegadas e incluyen estratos desde el pensilvánico hasta el neógeno (López Ramos, 1981), aunque en algunas zonas predominan las calizas cretácicas. Los pliegues tienen mayor desarrollo hacia el sur, en contacto con el sistema montañoso conocido como macizo de Chiapas, donde se presentan las elevaciones mayores. Los plegamientos se van reduciendo gradualmente al noreste hasta desaparecer en la planicie costera de Tabasco. Aunque la estructura

geológica de pliegues continúa en esta dirección, se encuentra sepultada (López Ramos, op.cit.).

Los pliegues anticlinales tienen una expresión directa en el relieve con sus ejes orientados al noreste; están constituidos esencialmente por calizas cuya edad varía del cretácico temprano al tardío (período conocido en México como cretácico medio). La formación de montañas en la región se relaciona con el choque entre las placas de Cocos, Norteamericana y del Caribe, que provoca los pliegues de los sedimentos del paleozoico, tardío mesozoico y cenozoico.

Sobre las orogenias que produjeron los pliegues se han reportado dos etapas de deformación (INEGI, 1985). En primer término, durante el cretácico temprano y hasta el eoceno temprano, se produjo la orogenia Larámide, formando los plegamientos ya mencionados con sistema de falla de corrimiento lateral y normal, con dirección noreste. Posteriormente, con la orogenia cascadiana surgió un sistema de fallas de corrimiento lateral y normal con dirección este-oeste.

### **Morfología**

En la zona donde se aloja el tramo carretero objeto del proyecto que nos ocupa, Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas: Esta Provincia Geológica es la más extensa de la entidad, cubre aproximadamente un 70% de la superficie del estado y está conformada principalmente por extensos afloramientos de rocas sedimentarias calcáreas y arcillo-calcáreas pertenecientes al Grupo Sierra Madre de edad Mesozoica.

### **Topografía**

La Topografía de la zona en donde se aloja el tramo en estudio se puede considerar mixto, siendo montañoso del km. 189+000 al km. 210+000, plano del km. 210+000 al km. 219+000, montañoso del km. 219+000 al km. 225+000, y plano con lomeríos del km. 225+000 al km. 254+000 y finalmente montañoso del km. 254+000 al km. 257+000, se presentan elevaciones máximas cerca de en la Cd. de Trinitaria de 1,600 m. y mínimas de 586 m, cerca de Chamic, medidas sobre el nivel del mar.

### **Hidrología**

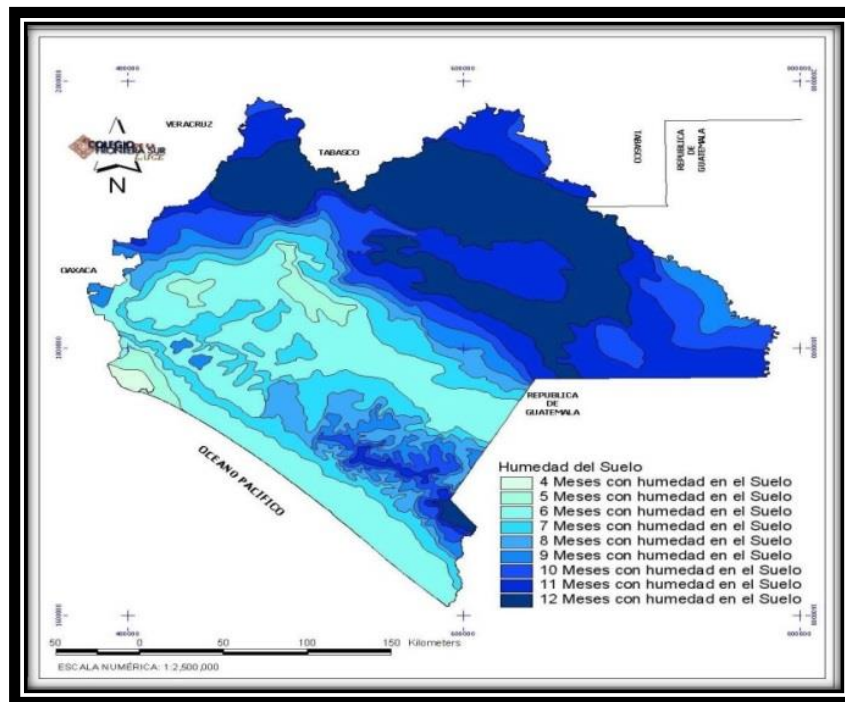
Los recursos hidrológicos de Chiapas representan el 30% del total del país. En total, se cuenta con 110 mil hectáreas de aguas continentales, 260 kilómetros de litoral, un mar patrimonial de 96 mil km<sup>2</sup>, 75 mil 230 hectáreas de esteros y 10 sistema lagunarios.

La región de la selva lacandona posee una red hidrográfica superficial que incluye corrientes perennes e intermitentes de primer, segundo y tercer orden, que van en dirección noroeste-sureste. Los principales ríos de este sistema son el Usumacinta,

localizado al noroeste y con una superficie de 1, 045 KM<sup>2</sup> y el Grijalva, parte aguas de la selva lacandona, al extremo suroeste con 832 KM<sup>2</sup>.

Otros ríos que se destacan son: Lacantún, Perlas, Jataté, Chacamax y Euseba y los afluentes del Lacantún: Negro, Azul, Tzenzles y San Pedro; todos tributarios del Usumacinta y navegables en pequeñas balsas. Son utilizados como medio de comunicación y de supervivencia por la extracción de pescado para el autoconsumo de las comunidades.

Abundan cascadas, lagos y lagunas; destacándose al norte los lagos de Ocotál, Ojos Azules, Escobar, Suspiro y Lacanjá; al noreste las lagunas de Nahá, Santa Clara, Jalisco, Carranza y Metzabok y al suroeste y la laguna de Miramar de mayor extensión(7,906 ha.). Todos sirven como reservorios y abastecimientos de agua de los principales ríos que irrigan la porción central y sur de la región, con gran potencial para el ecoturismo.



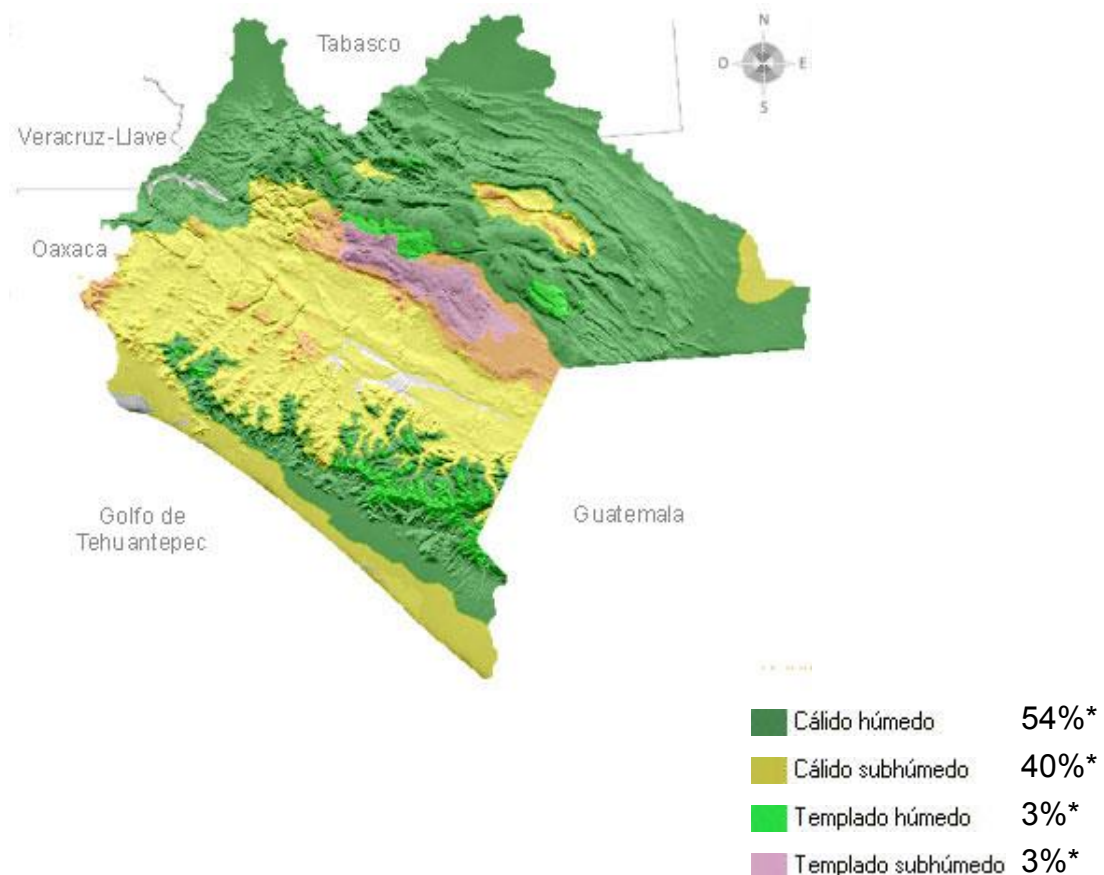
## Clima

Más de la mitad de su territorio, el 54%, presenta clima Cálido húmedo, el 40% clima Cálido subhúmedo, el 3% Templado húmedo y el 3% restante tiene clima Templado subhúmedo.

La temperatura media anual, varía dependiendo de la región, de 18°C en los Altos de Chiapas, a 28°C en la Llanura Costeña. La temperatura promedio más alta es de 30°C y la mínima de 17.5°C.

La región norte del estado presenta lluvias todo el año, en el resto de la entidad, abundantes lluvias en verano. La precipitación total anual varía, dependiendo de la región, de 1 200 mm a 4 000 mm (Soconusco).

El clima de Chiapas favorece el cultivo de café, por lo que es el primer productor nacional, también se cultiva: el maíz, sandía, café, mango, plátano, aguacate, cacao, algodón, caña de azúcar y frijol, entre otros.



### **II.3 OBJETIVO DEL PROYECTO**

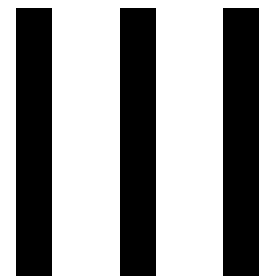
El objetivo de la ampliación de la carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, tramos La Trinitaria – Entr. Las Delicias y Entr. Las Delicias – Las Champas, con una longitud de 29.00 y 41.00 kilómetros respectivamente, es generar una vía con la capacidad adecuada para la circulación de automóviles, autobuses y vehículos de carga, ofreciendo ahorros a los usuarios en tiempos de recorrido, costos de operación y mantenimiento.

El monto total de la obra se estimó en una inversión de 991.38 mdp sin IVA, para una longitud total de 70.00 km.

Con este proyecto la operación del tránsito se verá beneficiada en los siguientes aspectos: operación más segura para los usuarios al reducirse significativamente la posibilidad de accidentes, aumento en las velocidades de operación, reducción en los tiempos de recorrido y costos de operación, garantía en el flujo libre y seguro, así como, una mejoría en la interconexión de las carreteras federales y estatales del área de influencia del proyecto.



## CAPITULO



DIAGNÓSTICO  

---

DEL PROYECTO

### **III.1 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA**

La problemática que presenta el tramo en estudio es una falta de capacidad vial para encauzar adecuadamente el tránsito, existiendo problemas de circulación fluida por la dificultad en los rebases y aumento en el riesgo de accidentalidad por falta de acotamientos. Lo anterior genera filas de espera, bajas velocidades, disminución de nivel de servicio y aumento tanto de tiempos de recorrido como de costos de operación.

### **III.2 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto consiste en la ampliación de la carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, tramos La Trinitaria – Entr. Las Delicias y Entr. Las Delicias – Las Champas, para pasar de una sección de 7.00 metros, con 2 carriles de 3.50 metros cada uno, sin acotamientos, de ambos tramos, a una sección de 12.00 metros, para alojar 2 carriles circulación, 1 para cada sentido, de 3.50 metros cada uno, y acotamientos laterales de 2.50 metros para ambos tramos. El proyecto tiene una longitud total de 70.00 kilómetros, de los cuales 40 km ya cuentan con el derecho de vía histórico. Para los 30 km restantes se espera que la liberación del derecho de vía, se complete sin problemas.

### **III.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO**

Los tramos en estudio La Trinitaria – Entronque Las Delicias y Entronque Las Delicias - Las Champas forman parte de la carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, empezando en el kilómetro 187+450 y concluyendo en el kilómetro 257+450, tienen una longitud total de 29.00 y 41.00 kilómetros respectivamente, corresponden a una vía tipo C2, poseen un ancho de sección de 7.00 metros, alojan dos carriles de circulación de 3.50 metros cada uno, uno por sentido, no cuentan con acotamientos, el estado de conservación del pavimento es malo, y la velocidad de operación es de 54 km/h para ambos tramos. El tipo de terreno varía entre plano y lomerío para ambos tramos. (Figura 3)

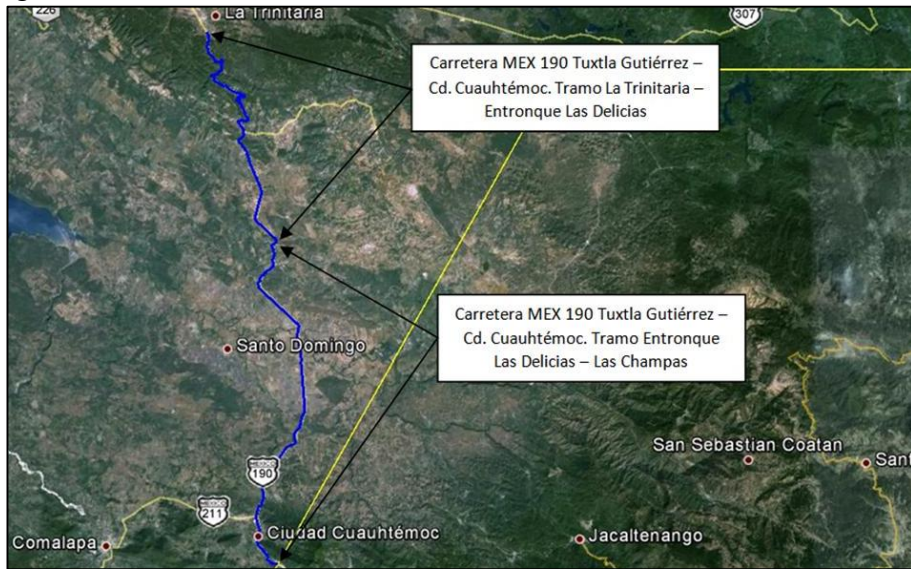
Se consideran dos tramos en estudio:

Tramo 1. La Trinitaria - Entronque Las Delicias

Tramo 2. Entronque Las Delicias – Las Champas



Figura 3 Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2013)

La problemática que presenta el tramo en estudio es una falta de capacidad vial para encauzar adecuadamente el tránsito, existiendo problemas de circulación fluida por la dificultad en los rebases y aumento en el riesgo de accidentalidad por falta de acotamientos. Lo anterior genera filas de espera, bajas velocidades, disminución del nivel de servicio y aumento tanto de tiempos de recorrido como de costos de operación.

En las siguientes fotografías se muestran el tramo de estudio, en ellas se puede observar el tipo y ancho de vía, número de carriles y entorno en general, características que se contemplan para el análisis.

Fotografía 1 Tramo La Trinitaria – Las Champas. Superficie de rodamiento en mal estado.



Fuente: Visita de campo

#### *Análisis de la Demanda Actual*

Para la determinación de la demanda del proyecto, se realizaron dos aforos automáticos sobre la carretera federal MEX - 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc: uno en el tramo La Trinitaria – Entronque Las Delicias en las coordenadas  $16.085478^{\circ}$  y  $92.044419^{\circ}$  de longitud, y otro en el tramo Entronque Las Delicias – Las Champas en las coordenadas  $15.865397^{\circ}$  de latitud y  $91.981661^{\circ}$  de longitud, del día sábado 2 de marzo de 2013 al día viernes 8 de marzo de 2013, completando un periodo de 24 horas por 7 días. Con este estudio se determinó el volumen promedio vehicular del proyecto.

A continuación se muestra la colocación de las cajas de aforo neumático de los



tramos en estudio.

Fotografía 2 Tramo La Trinitaria – Entronque Las Delicias. Montaje de cajas de aforo neumático.

Fuente: Visita de campo (2013)

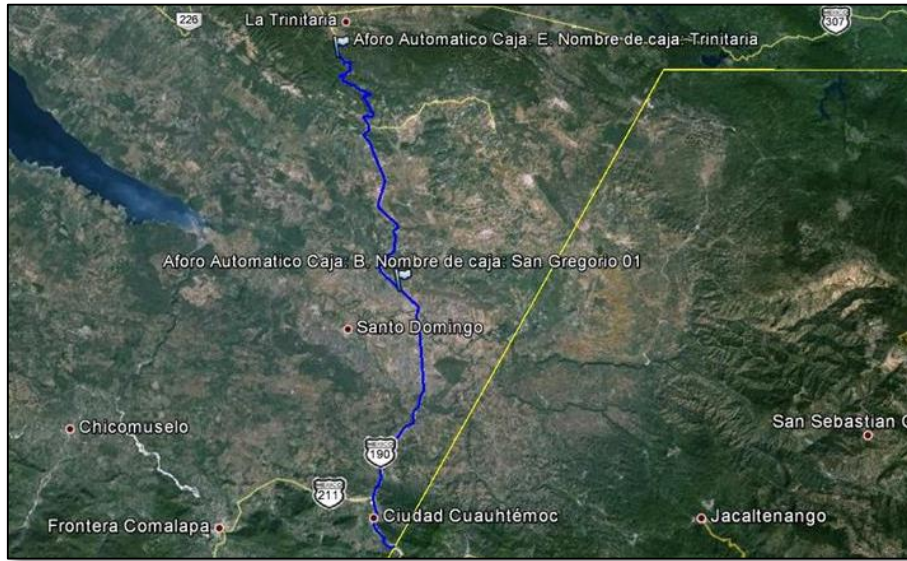
Fotografía 3 Tramo Entronque Las Delicias – Las Champas. Montaje de cajas de aforo neumático.



Fuente: Visita de campo (2013)

A continuación se muestra la ubicación de los puntos de aforo automáticos realizados durante la visita de campo en marzo del año 2013, de los cuales se obtuvieron los valores utilizados para el análisis del tramo y el cálculo de los TDPA's.

Figura 4 Ubicación de los puntos de aforo



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2013)

Con la información de los aforos automáticos se determinaron los volúmenes y composiciones para los tramos de estudio, para el año en curso. Para el análisis de niveles de servicio, se utilizaron los parámetros que la SCT determina para los distintos tipos de vía en el país.

Así, el TDPA para los dos tramos en estudio fue el siguiente:

La Trinitaria – Entronque Las Delicias: 3,672 veh/día.

Entronque Las Delicias – Las Champas: 4,696 veh/día

La tabla siguiente muestra el TDPA de los tramos en estudio y sus composiciones.

Tabla 1 TDPA Carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc

Red carretera de estudio	TDPA (veh/día)	Composición Vehicular			Nivel de Servicio
		A Autos	B Buses	C camiones	
La Trinitaria – Entr. Las Delicias	3,672	70.6%	7.1%	22.3%	B
Entr. Las Delicias – Las Champas	4.696	80.7%	5.3%	14.0%	D

Fuente: Elaboración propia con base en datos de aforo (2013).

### III.4 SITUACIÓN SIN EL PROYECTO

#### *Optimizaciones*

En caso que el proyecto no se realice, se propone una repavimentación o programa de bacheo, dependiendo del grado de afectación, sólo en los tramos que lo requieran y se retirarán los reductores de velocidad existentes. Con esto, se ofrecerán mejores condiciones de tránsito, como el incremento de las velocidades de operación de los diferentes tipos de vehículos, seguridad y comodidad, asimismo, mejoraría el nivel de servicio de los tramos.

Igualmente, se considera el mejoramiento del señalamiento horizontal y vertical, con información sobre sitios de interés, auxilio carretero y enlace con otras carreteras, libramientos y/o autopistas, esto para guiar al usuario hacia una ruta segura. Al mismo tiempo, se contempla la conservación y mantenimiento de la superficie de rodadura de los tramos, como se realiza normalmente en las carreteras federales.

Con estas acciones, la seguridad y la velocidad de operación se incrementarían, sin embargo, sería de manera poco significativa, debido a que continuaría existiendo el mismo ancho de sección. Por lo tanto, no aumentaría la capacidad de las vías, igualmente se continuarían generando demoras en los recorridos, reduciendo la calidad del servicio.

*Tabla 2 Situación actual optimizada*

Tramo	Acciones por realizar	Velocidad (km/h)	No. de carriles	Estado físico	Acotamientos	IRI (m/km)
<b>Situación Actual</b>						
La Trinitaria – Entr. Las Delicias		54	2	Malo	No	3.86
Entr. Las Delicias – Las Champas		54	2	Malo	No	3.86
<b>Situación Actual Optimizada*</b>						
La Trinitaria – Entr. Las Delicias	Repavimentación o programa de bacheo en los tramos que lo requieran. Mejora del señalamiento horizontal y vertical. Mantenimiento estándar de las vías.	59	2	Regular	No	3.5
Entr. Las Delicias – Las Champas		59	2	Regular	No	3.5

Fuente: Elaboración propia (2013)

La velocidad optimizada no se considera la adecuada, debido a que el usuario que transita por esta vía busca continuidad, comodidad, seguridad y rapidez en el viaje, lo que no se consigue en la situación actual optimizada, debido a que no posee acotamientos, el trazo continuaría convergiendo con las principales avenidas de las poblaciones cercanas a la zona de estudio y continuarían los cruces y el riesgo de accidentes.

#### *Análisis de la Oferta*

En caso de no hacer el proyecto las características básicas de la carretera serían las mismas, salvo el estado superficial que cambia debido a los trabajos relacionados con la optimización y con ello ligeramente la velocidad de operación.

Tabla 3 Datos de la Oferta Optimizada.

Carretera MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc		
Concepto	La Trinitaria – Entronque Las Delicias	Entronque Las Delicias – Las Champas
Longitud (km)	29.00	41.00
Tipo de carretera	C	C
Número de carriles	2	2
Acotamientos	No	No
Ancho de sección (m)	7.00	7.00
Tipo de terreno*	Plano	Lomerío
Velocidad de operación	59	59
Estado físico	Malo	Malo
Índice de rugosidad (IRI,	3.5	3.5

Fuente: Elaboración propia.

\*Este dato se determinó solo para efectos de evaluación.

\*\* Este dato corresponde a la velocidad promedio arrojada por el GPS durante el recorrido en campo del tramo en estudio

\* Este dato se obtuvo de una revisión del estado de los tramos, según datos del documento llamado Estado Físico de la Red Federal de Carreteras de la Dirección General de Conservación de Carreteras de la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT.

#### *Análisis de la demanda*

Dado que los trabajos de optimización presentan un efecto marginal en las condiciones de operación de los tramos, además de que se trata de vialidades existentes, se considera que la demanda permanece prácticamente constante. En ese sentido.

Tabla 4 TDPA 2013 Carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc

Red carretera de estudio	TDPA (veh/día)	Composición Vehicular			Nivel de Servicio
		A Autos	B Buses	C camiones	
La Trinitaria – Entr. Las Delicias	3,672	70.6%	7.1%	22.3%	B
Entr. Las Delicias – Las Champas	4,696	80.7%	5.3%	14.0%	D

Fuente: Elaboración propia con base en datos de aforo (2013).

*Alternativas de solución*

Para dar solución a la problemática planteada, además de la alternativa seleccionada, se analizó la siguiente posibilidad.

Alternativa: Ampliación a una vía tipo A4 con 2 carriles por sentido, de 3.50 metros cada uno y acotamientos laterales de 2.50 metros, ancho de sección de 19.00 metros, a lo largo de 70.00 kilómetros.

Ventajas:

- Mayor capacidad vehicular.
- Mayores velocidades de operación.
- Mayor seguridad en cuanto a rebases.

Desventajas:

- Mayor tiempo de ejecución.
- Mayor inversión comparada con el presente proyecto.
- Desperdicio de recursos.
- Costo aproximado con IVA de la obra: 4,477.58 mdp1

No obstante, aunque la alternativa propuesta es mejor operativamente que el proyecto, el costo de inversión es mayor y a pesar de que sí contribuye a solucionar la problemática expuesta, la capacidad de la vía estaría subutilizada, ocasionando con esto desperdicio de recursos.

Cabe destacar que para dar solución a la problemática descrita, no existe alguna otra alternativa que brinde solución como la del proyecto mencionado

### III.5 SITUACIÓN CON EL PROYECTO

El proyecto consiste en la ampliación de la carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc, tramos La Trinitaria – Entr. Las Delicias y Entr. Las Delicias – Las Champas, con una longitud total de 29.00 y 41.00 kilómetros respectivamente, para pasar de una sección de 7.00 metros, con 2 carriles de 3.50 metros cada uno, sin acotamientos, a una sección de 12.00 metros, para alojar 2 carriles de circulación, 1 para cada sentido, de 3.50 metros cada uno, y acotamientos laterales de 2.50 metros. El proyecto se desarrolla en terreno plano y lomerío, sin embargo para efectos de evaluación se considera que el tramo La trinitaria – Entr. Las Delicias se desarrolla en terreno plano, por poseer en su mayoría este tipo de terreno y el tramo Entr. Las Delicias - Las Champas se desarrollan en terreno lomerío, por poseer en su mayoría este tipo de terreno. El proyecto tiene una longitud total de 70.00 kilómetros.

La obra de ampliación incluye los siguientes componentes:

Terracerías.

Obras de drenaje.

Obras inducidas.

Adecuación de entronques.

Obras complementarias.

Señalamiento Horizontal y vertical.

Dentro de las obras complementarias se consideran: Mobiliario de auxilio, desvíos necesarios durante la construcción y desmontes de equipo existente.

En las siguientes tablas se describen las principales características y componentes del proyecto.

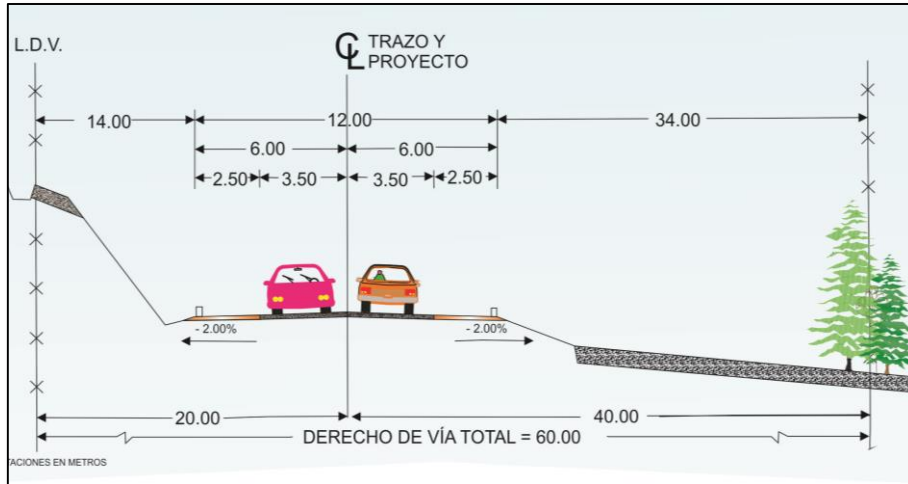
Tabla 5 Características del proyecto

Carretera federal MEX 190 Tuxtla Gutiérrez – Cd. Cuauhtémoc		
Concepto	La Trinitaria – Entr. Las Delicias	Entr. Las Delicias – Las Champas
Longitud (km)	29.00	41.00
Tipo de carretera	A	A
Número de carriles	2	2
Ancho de sección (m)	12.00	12.00
Tipo de terreno*	Plano	Lomerío
Velocidad de proyecto (km/h)	80	80
Estado físico	Bueno	Bueno
Índice de Rugosidad (IRI, m/km)	2.5	2.5

\* Este dato se determinó solo para efectos de evaluación.







Fuente: Elaboración propia con base en la ficha técnica del proyecto (2013)



CAPITULO

# IV

ESTUDIO GEOTECNICO Y  
DISEÑO DE PAVIMENTO

## **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.**

### *Exploración y Muestreo.*

Para determinar las características mecánicas de los materiales que constituyen el terreno natural en las zonas de ampliación a lo largo de la línea de trazo, se realizaron en campo, sondeos del tipo pozo a cielo abierto (PCA), del km. 189+000 al km. 253+500 aproximadamente a cada 500 m. En dichos sondeos se extrajeron muestras alteradas representativas de cada uno de los estratos encontrados, e inalteradas en zonas homogéneas según exploración para su análisis respectivo en el laboratorio, con el fin de determinar las recomendaciones necesarias para el proyecto de modernización del camino.

Las muestras representativas obtenidas en cada uno de los sondeos y calas se analizaron en el laboratorio, sometiéndose a un análisis primeramente visual y al tacto en campo y posteriormente se determinaron sus propiedades, de acuerdo a los lineamientos del sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

### *Observaciones Generales*

Los trabajos se iniciarán con el desmonte, desraíce y limpieza general del área en donde quedará alojado la modernización del cuerpo del camino.

El despalme se hará hasta la profundidad indicada en las tablas de datos y de la manera conveniente para eliminar el material correspondiente al primer estrato.

En los taludes de los cortes, no se dejarán fragmentos rocosos o porciones considerables de material susceptibles de desplazarse hacia el camino.

Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural igual ó mayor al 25%, se anclarán al terreno natural mediante escalones de liga a partir de los ceros del mismo; cada escalón tendrá un ancho mínimo de huella de 2.50 m, en material tipo "A" ó "B" y en material "C" el escalón tendrá un metro de huella; en ambos casos la separación de dichos escalones será de 2.00 m medidos horizontalmente, a partir de los ceros de los mismos.

Con el material producto de despalme, se deberán arropar los taludes de los terraplenes y cortes.

La construcción de obras de drenaje se hará antes de iniciar la construcción de terracerías; concluidas tales obras, deberán arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

Se deberá propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes con vegetación para evitar la erosión de los mismos.

Debe evitarse que la boquilla de aguas abajo de las alcantarillas, descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido; en estos casos la obra de drenaje se prolongará con lavadero hasta los ceros del terraplén

Cualquier ampliación de corte por requerimiento de material únicamente, debe hacerse a partir del talud externo de la cuneta, ó bien formando una banquetta, la cual quedará debidamente drenada y de preferencia aguas abajo.

Los taludes de proyecto que deberán considerarse para terraplenes son los siguientes:

ALTURAS	INCLINACIÓN
Entre 0.00 y 1.00 m	3.00 : 1.0
Entre 1.00 y 2.00 m	2.50 : 1.0
Mayor de 2.00 m	1.70 : 1.0

El material que forme la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm. (3"). Cuando éstas existan deberán eliminarse mediante papeo.

Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de bandeado para aumentar su acomodado; este material solo servirá para formar el cuerpo del terraplén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 ó similar.

#### *Datos de Geotecnia para Curva Masa*

De acuerdo a los resultados presentados en el apartado anterior se procedió a integrar la Tabla de datos para el proyecto de las terracerías (curva-masa). Para los carriles de incorporación

En dicha tabla se observan las siguientes características:

Delimitación de contactos de los materiales conforme al recorrido y la clasificación obtenida en los ensayos de laboratorio,

Descripción básica (Tipo de suelo, Color, Humedad, Consistencia, Compactación etc.) de los materiales y clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS),

Numero de estratos encontrados en la exploración.

Tipo de Tratamiento (despalme, compactación o bandeo) lo cual depende del tipo de suelo encontrado

Coeficientes de variación volumétrica y coeficiente de bandeo, los cuales se determinan de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio

Clasificación para presupuesto (A – B – C), dependiendo del tipo de material según su grado de dificultad para su explotación

Taludes de Corte y Terraplén, los cuales nos indican el Talud recomendado de reposo dependiendo del tipo de material encontrado y

Finalmente las observaciones, que se refieren al uso y tratamiento que se le dará al material encontrado en las exploraciones para la formación de las terracerías

#### *Observaciones Particulares*

A. En todos los casos el cuerpo de terraplén, se compactará al 90% o se bandeará según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y 100% respectivamente; los grado de compactación son con respecto a la prueba AASHTO estándar dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedará a juicio del laboratorio de control de calidad aplicar la prueba que corresponda.

B. En todo los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural, después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su P.V.S.M. en una profundidad mínima de 0.20 m ó bandearse según sea el caso.

C. Material que por sus características, no debe utilizarse ni en la formación del cuerpo de terraplén.

D. Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su P.V.S.M. ó bandearse según sea el caso.

E. Material que por sus características, puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.

F. Material que por sus características, puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.

G. En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m. de espesor, cuando la altura de estos sea menor de 0.80 m. y cuando sea mayor, la transición será de 0.50 m.; y en ambos casos se proyectará capa subrasante de 0.30 m. de espesor.

H. En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m. de espesor como mínimo, y capa subrasante de 0.30 m. compactadas

al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

I. En cortes formados en este material, la cama de corte, se deberá compactar al 95% de su P.V.S.M., en una profundidad mínima de 0.20 m. y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m. de espesor, compactándola al 100%, con material procedente del banco más cercano.

J. En este tramo se deberán proyectar cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m. de espesor, como mínimo y capas subrasante de 0.30 m.; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.

K. En cortes, se deberá escarificar los 0.15 m. superiores y acamellonar; la superficie descubierta, se compactara al 100% de su P.V.S.M. en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedará formada la primera capa subrasante, con el material acamellonado se construirá la segunda capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100% de su P.V.S.M.

L. En cortes formados en este material, se proyectará únicamente capa subrasante de 0.30 m. de espesor, compactándola al 100% y se construirá de préstamo del banco más cercano.

M. En cortes formados en este material, se escarificará los 0.30 m. a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 95%, hasta una profundidad de 0.20 m. Posteriormente, con el material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m. de espesor.

N. En caso de cortes y terraplenes formados con este material, se deberá proyectar capa de transición y capa subrasante de 0.20 m. Y 0.30 m. respectivamente, compactando al 95% y 100% ambas se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

#### *Bancos de Materiales y Ensayes de Laboratorio*

Conforme a los requerimientos del proyecto geométrico, es indispensable emplear material producto de banco para la formación de las capas de Terracería, así como de la estructura de pavimento, por lo cual se realizó el análisis geológico de la zona, además de contar con la relación que el catastro de bancos reporta en la región, con estos datos se procedió a ubicar los sitios preestablecidos y/o propuestos según sea el caso, zonificando los lugares potencialmente adecuados en cuanto a tipo de material y cercanía se refiere para su utilización como banco, en todos los casos se procedió a realizar su exploración y muestreo respectivo con el objeto de analizar

sus propiedades mecánicas y de delimitar la zona de explotación, determinando con esto su capacidad y Localizando los siguientes sitios:

*Para Terracerías:*

Banco "PAJULUAR".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 189+500 del eje de trazo, desviación derecha con 1,200 m., este banco está constituido por Gravas con arenas limosas, envolviendo fragmentos chicos y algunos medianos, color café claro, secas y compactas (GM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 57,600 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 1.95 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.

Banco "CANTÉ".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 190+420 del eje de trazo, desviación izquierda con 5,620 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, color blancuzco, poco húmeda, de baja plasticidad y de consistencia media (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 20,000 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 5.80 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.

Banco "ESCONDIDO".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén y capa subyacente, localizado en el Km. 190+640 del eje de trazo, desviación derecha con 520 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, color café claro, poco húmedo, de baja plasticidad y de consistencia media (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 4,800 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 0.92 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.

Banco "191".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, localizado en el Km. 191+090 del eje de trazo, desviación derecha con 100 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, color café claro, poco húmedo, de baja plasticidad y de consistencia media (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 8,000 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 0.94 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.

Banco "SAN FRANCISCO LA CUEVA".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 191+400 del eje de trazo, desviación derecha con 100 m., este banco está constituido por Gravas con arenas limosas, envolviendo fragmentos chicos y algunos medianos, color café claro, secas y compactas (GM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 12,800 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 1.26 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.



Banco "196".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, localizado en el Km. 195+960 del eje de trazo, desviación derecha con 100 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, de color blancuzco, poco húmedo, de baja plasticidad y de consistencia media (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 19,200 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 5.76 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.

Banco "CERRO BLANCO (FRENTE 2)".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, localizado en el Km. 197+760 del eje de trazo, desviación derecha con 100 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, de color blancuzco, poco húmedo, de baja plasticidad y de consistencia firme (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 10,800 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 7.58 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 189+000 al km. 191+500.

Banco "LA CURVA".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén y capa subyacente, localizado en el Km. 205+600 del eje de trazo, desviación derecha con 160 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, de color café claro, poco húmedo, de baja plasticidad y de consistencia media (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 14,400 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 8.32 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 208+500 al km. 219+000.

Banco "EJIDO CHIHUAHUA".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 206+940 del eje de trazo, desviación izquierda con 300 m., este banco está constituido por Limos arenosos con gravas, de color blancuzco, poco húmedo, de baja plasticidad y de consistencia firme (ML), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 48,000 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 7.12 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 208+500 al km. 219+000.

Banco "EL MANGO (Frente 1.- 1er. ESTRATO)".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 232+060 del eje de trazo, desviación izquierda con 800 m., este banco está constituido por Arenas limosas con pocas gravas, color café claro, secas y compactas (SM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 8,000 m<sup>3</sup>. Se encuentra a 4.24 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 225+500 al km. 245+500.

Banco "EL MANGO (Frente 2.- 2º ESTRATO)".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 232+060 del eje de trazo, desviación izquierda con 800 m., este banco está constituido por Gravas en forma de boleas, empacadas en arenas limosas, color café claro, poco húmedas y muy compactas (GM), se estima que cuenta con un volumen de por lo

menos 20,000 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 4.24 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 225+500 al km. 245+500.

Banco "SANTA RITA".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 251+400 del eje de trazo, desviación derecha con 6,100 m., este banco está constituido por Gravas con arenas limosas, color café claro, poco húmedas y muy compactas (GM-SM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 84,000 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 6.96 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 247+500 al km. 257+000.

Banco "TRES MARAVILLAS".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 251+400 del eje de trazo, desviación derecha con 21,620 m., este banco está constituido por Gravas con arenas limosas, color café claro, poco húmedas y muy compactas (GM-SM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 54,000 m<sup>3</sup>, el cual se puede ampliar. Se encuentra a 22.46 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 247+500 al km. 257+000.

Banco "BUENA VISTA".- Propuesto para formar el cuerpo del terraplén, capa subyacente y capa subrasante, localizado en el Km. 256+320 del eje de trazo, desviación izquierda con 100 m., este banco está constituido por Gravas con arenas y finos limosos, color café claro, poco húmedas y compactas (GM-SM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 24,000 m<sup>3</sup>. Se encuentra a 4.14 Km. del centro de gravedad de la obra ubicado del km. 247+500 al km. 257+000.

Para Pedraplén:

Banco "LA TRINITARIA 2".- Propuesto para formación del Pedraplén, localizado en el Km 193+100 del eje de trazo, desviación izquierda con 160 m., este banco está formado por Roca de origen sedimentario (Calizas), que al explotarse se obtendrán fragmentos chicos, medianos y algunos grandes, con gravas, empacados en arenas limosas, de color café claro (Fcmg-GM), se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 100,000 m<sup>3</sup>, el banco se encuentra a 40.25 Km. del centro de gravedad de la obra ubicada del km. 232+800 al km. 233+900

*Para la estructura de Pavimento:*

Banco "LA TRINITARIA".- Propuesto para formar la estructura de pavimento asfáltico e hidráulico, localizado en el Km 193+460 del eje de trazo, desviación izquierda con 100 m., este banco está formado por Roca de origen sedimentario (Calizas), que al explotarse se obtendrán fragmentos chicos, medianos y algunos grandes, con gravas, empacados en arenas limosas, de color café claro (Fcmg-GM), al cual se le está dando un tratamiento de trituración parcial y cribado para obtener el pétreo necesario para formar la base hidráulica y la carpeta asfáltica, se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 360,000 m<sup>3</sup>, el banco se encuentra a 3.26 Km. del centro de gravedad de la obra ubicada del km. 189+000 al km. 191+500 y a 21.20 Km. del centro de gravedad de la obra ubicada del km. 208+500 al km. 219+000

Banco "RIO MANGO".- Propuesto para formar la estructura de pavimento asfáltico e hidráulico, localizado en el Km 232+060 del eje de trazo, desviación izquierda con 900 m., este banco está formado por Grava-Arena de rio con fragmentos chicos de canto rodado, al explotarse se obtendrán gravas con arenas mal graduadas (GP), al cual se le está dando un tratamiento de trituración parcial y cribado para obtener el pétreo necesario para formar la base hidráulica y la carpeta asfáltica, se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 120,000 m<sup>3</sup>., el banco se encuentra a 19.22 Km. del centro de gravedad de la obra ubicada del km. 208+500 al km. 219+000 y a 4.34 Km. del centro de gravedad de la obra ubicada del km. 225+500 al km. 245+500

Banco "RIO MARAVILLAS".- Propuesto para formar la estructura de pavimento asfáltico e hidráulico, localizado en el Km 251+400 del eje de trazo, desviación derecha con 21,800 m., este banco está formado por Grava-Arena de rio con fragmentos chicos de canto rodado, al explotarse se obtendrán gravas con arenas mal graduadas (GP), al cual se le está dando un tratamiento de trituración parcial y cribado para obtener el pétreo necesario para formar la base hidráulica y la carpeta asfáltica, se estima que cuenta con un volumen de por lo menos 160,000 m<sup>3</sup>, y el banco se encuentra a 22.66 Km. del centro de gravedad de la obra ubicada del km. 247+500 al km. 257+000.

Los cuadros de Bancos anteriormente mencionados, así como las características generales de cada uno y la información particular conteniendo su ubicación descriptiva y gráfica, utilización, volumen aprovechable, etc., se reportan a continuación:

Recomendaciones de Cimentación para Obras menores de drenaje.

En este inciso, se proporcionaran las recomendaciones de cimentación de las obras menores de drenaje que se encuentran dentro de la relación de los cruces determinados durante la etapa de topografía.

Mediante el análisis en laboratorio de los materiales que se encuentran en las zonas de los escurrideros, se procedió a determinar la capacidad de carga de cada obra encontrada en la línea de trazo. Permitiendo así dar sus recomendaciones para su cimentación.

La capacidad de carga se calculó a las profundidades requeridas de cada obra menor, utilizando las teorías y el criterio de Terzaghi y Peck, para suelos puramente cohesivos y/o friccionantes. Y en las cuales señalan las ecuaciones siguientes:

$$q_c = 5.7 c + \gamma D_f \quad (\text{suelos cohesivos})$$

$$q_c = 1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma b N_\gamma \quad (\text{suelos friccionantes})$$

Nota: Para el cálculo se utilizó un factor de seguridad de F.s. = 3.0.

El dimensionamiento del estribo, tomado en cuenta, es de acuerdo al tipo de obra existente. Apoyándose en el manual de diseño de drenaje de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.**

### **Datos para Diseño**

Los estudios de tránsito y datos obtenidos de las publicaciones de Datos Viales 2013, editados por la Dirección General de Servicio Técnicos de la SCT, fueron ingresados a la Dependencia para su revisión y autorización, la cual nos proporcionó los siguientes datos de tránsito, para ser utilizados en la obtención del diseño de pavimento:

- Tipo de Camino: **A2**
- TDPA2013 = **5,000** vehículos (en ambos sentidos)
- Tasa de Crecimiento: **4.00 %**
- Se considera una vida útil de proyecto de **15 años**.
- Clasificación Vehicular:

TIPO	%		
A =	81.90		
B =	5.00		
C2 =	6.00		
C3 =	2.10	A =	81.90
T3-S2 =	3.00	B =	5.00
T3-S3 =	1.00	C =	13.10
T3S2R3=	0.20		
T3-S2-R4=	0.80		
<b>TOTAL=</b>	<b>100.0</b>		

Del análisis efectuado en los bancos estudiados, probables a utilizarse durante la construcción de las terracerías y en cuanto a la calidad de los materiales se refiere, se determinó el valor de resistencia para diseño a considerar, el cual en nuestro caso resulta de la siguiente forma:

## BANCOS PARA LA FORMACIÓN DE LA CAPA SUBRASANTE

Banco No.	Denominación	Localización	Valor Relativo de Soporte (VRS)
1	PAJULUAR	Km. 189+500 DESVIACIÓN DERECHA CON 1,200 MTS.	Promedio 26.39 % Capa subrasante
2	CANTE	KM. 190+420 DESVIACIÓN IZQUIERDA CON 5,620 M.	Promedio 22.43 % Capa subrasante
3	SAN FRANCISCO LA CUEVA	KM. 191+400 DESVIACIÓN DERECHA CON 100 M.	Promedio 23.70 % Capa subrasante
4	EJIDO CHIHUAHUA	KM. 206+940 DESVIACIÓN IZQUIERDA CON 300 M.	Promedio 22.95 % Capa subrasante
5	EL MANGO	KM. 232+060 DESVIACIÓN IZQUIERDA CON 800 M.	Promedio 68.37 % Capa subrasante
6	SANTA RITA	KM. 251+400 DESVIACIÓN DERECHA CON 6,100 M.	Promedio 63.15 % Capa subrasante
7	TRES MARAVILLAS	KM. 251+400 DESVIACIÓN DERECHA CON 21,620 M.	Promedio 70.09 % Capa subrasante
8	BUENAVISTA	KM. 256+320 DESVIACIÓN IZQUIERDA CON 100 M.	Promedio 55.33 % Capa subrasante

## BANCOS PARA LA FORMACIÓN DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Banco No.	Denominación	Localización	Valor Relativo de Soporte (VRS)
1	LA TRINITARIA	KM. 193+460 DESVIACIÓN IZQUIERDA CON 40 MTS.	Promedio 104.87 % Base Hidráulica
2	RIO MANGO	KM. 232+060 DESVIACIÓN IZQUIERDA CON 900 MTS.	Promedio 103.50 % Base Hidráulica
3	RIO MARAVILLAS	KM. 251+400 DESVIACIÓN DERECHA CON 21,800 MTS.	Promedio 102.23 % Base Hidráulica

Se deberá tener especial cuidado por parte del Laboratorio de control de calidad que tenga a su cargo la obra de construcción que siempre se cumplan con dichos valores, y se tomen como el mínimo especificado.

Tomando en cuenta la variación del tránsito, el diseño estructural se calculara por tres métodos, el del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV -5), el Instituto del Asfalto y el AASHTO

### Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV-5)

Como primer paso, se determinaran los VRS críticos de las capas de terracerías y de la estructura de pavimento, en base a los VRS obtenidos en los ensayos correspondientes, lo cual se determinara mediante la siguiente fórmula:

$$VRS = VRS (1 - 0.84 v) \dots\dots (1)$$

En donde: VRS = Es el valor relativo de soporte estándar.

v = Coeficiente de variación

Este último se obtiene de la siguiente tabla:

Material	Coeficiente de Variación (V)
Piedra triturada	0.20
Grava natural	0.25
Arena arcillosa	0.30

O bien en caso de contar con más datos, el coeficiente de variación, se obtiene por medio de la **ecuación 2**, cuyo resultado se aplica en la **ecuación 1**.

$$VRS \text{ critico} = VRS \text{ Desv. Standard} / VRS \text{ medio} \dots\dots\dots (2)$$

Por lo tanto, para nuestro caso resulta que:

#### VRS crítico Para Terreno Natural:

Subtramo 1.- km. 189+000 – km. 192+000

➤ Media = 24.97 = VRS critico = = **19.13 %**

Subtramo 2.- km. 208+000 – km. 219+000

➤ Media = 20.85 = VRS critico = = **10.15 %**

Subtramo 3.- km. 225+000 – km. 245+500

➤ Media = 21.90 = VRS critico = = **15.48 %**

Subtramo 4.- km. 245+500 – km. 253+500

➤ Media = 24.55 = VRS critico = = **19.65 %**

### **VRS crítico Para Capa Subrasante:**

➤ Media = 44.05 = VRS critico = = **25.54 %**

### **VRS crítico para Base Hidráulica:**

➤ Media = 103.53 = VRS critico = = **100.00 %**

Como se puede observar, los valores del subtramo 1 y 4 son muy similares, por lo que se consideran como uno solo, tomando de ambos el VRS crítico más desfavorable.

Con los datos de tránsito mostrados en el presente estudio y la determinación de los VRS críticos, se procede a utilizar el programa DISPAV-5, con las siguientes variantes de decisiones:

- Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).
- Introduzca los siguientes datos:
  - TDPA en el carril de proyecto (en vehículos): 2500
  - Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %): 4
  - Periodo de proyecto, en años: 15
- 1. Tipo A o B
- Se requiere conocer la composición del tránsito, introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.



Automóvil	Tractocamión articulado
A : 81.9	T2-S1 :
	T2-S2 :
Autobús	T3-S2 : 3.0
B2 : 5.0	T3-S3 : 1.0
B3 :	
B4 :	Tractocamión doblemente articulado
	T2-S1-R2 :
Camión unitario	T3-S1-R2 :
C2 : 6.0	T3-S2-R2 :
C3 : 2.1	T3-S2-R3 : 0.2
	T3-S2-R4 : 0.8
Camión remolque	T3-S3-S2 :

- Porcentaje de Vehículos Cargados: 80%
- Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de:

<b>Z = 5 cm</b>	<b>Z = 15 cm</b>	<b>Z = 30 cm</b>	<b>Z = 60 cm</b>	<b>Z = 90 cm</b>	<b>Z = 120 cm</b>
<b>11.5</b>	<b>10.8</b>	<b>12.1</b>	<b>15.3</b>	<b>16.2</b>	<b>16.5</b>

- El tránsito de proyecto, en millones de ejes estándar, es:
  - (a) Por fatiga en las capas estabilizadas: 11.50
  - (b) Por deformación en capas no estabilizadas: 16.20

Diseño por deformación para un camino de altas especificaciones, con un nivel de confianza de 90 %, Para un tránsito de proyecto de 16.20 millones de ejes estándar

**DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO  
(KM. 189+000 – KM. 191+500 Y KM. 247+500 – KM. 253+500)**

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible	
	cm	%	kg/cm <sup>2</sup>		Def.	Fatiga
Carpeta	5.7	28000	0.35			> 150
Base asfáltica	12.0	26000	0.35			14.0
Base granular	20.0	100.00	3265	0.35	> 150	
Subrasante	30.0	25.54	1256	0.45	16.6	
Terracería	Semi-inf	19.13	1026	0.45	> 150	

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	16.6	16.2
Fatiga	14.6	11.5

**DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO  
(KM. 208+500 – KM. 219+000)**

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible	
	cm	%	kg/cm <sup>2</sup>		Def.	Fatiga
Carpeta	5.7	28000	0.35			> 150
Base asfáltica	12.0	26000	0.35			13.0
Base granular	20.0	100.00	3265	0.35	> 150	
Subrasante	30.0	25.54	1256	0.45	16.6	
Terracería	Semi-inf	10.15	658	0.45	35.8	

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	16.6	16.2
Fatiga	13.0	11.5

**DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO  
(KM. 225+500 – KM. 245+500)**

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño: 90 %

Capa	H cm	VRSz %	E kg/cm <sup>2</sup>	V	Vida previsible	
					Def.	Fatiga
Carpeta	5.7	28000	0.35			> 150
Base asfáltica	12.0	26000	0.35			13.6
Base granular	20.0	100.00	3265	0.35	> 150	
Subrasante	30.0	25.54	1256	0.45	16.6	
Terracería	Semi-inf	15.48	885	0.45	> 150	

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	16.6	16.2
Fatiga	13.6	11.5

**Como se puede observar en los 3 subtramos analizados, la vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto, por lo que estos son adecuados, cumpliendo con el rango de tolerancia el cual se considera +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.**

Así mismo, en los 3 subtramos la estructura de diseño resulto ser homogénea, proponiendo cerrar a 6.00 cm. la Carpeta Asfáltica, 12.0 cm. Base Asfáltica, 20.0 cm. de base Hidráulica y 30.0 cm. de Capa Subrasante.

**Método del Instituto del Asfalto.**

Para realizar los cálculos de diseño por este método, además de los datos de tránsito señalados en el **Inciso 6.1.** del presente estudio, se requieren los valores resultantes de las características mecánicas obtenidas en el estudio de los bancos de material que formará parte de la capa subrasante tomando en cuenta también los valores críticos como en el método anterior.

Además se toman en cuenta la siguiente consideración:

La restricción de carga máxima de diseño por eje simple, se considera de 10 Ton.  
= 22,050 lbs.

VRS **crítico** capa Subrasante= **25.54%**

Tomando en cuenta los anteriores datos se procederá a determinar el porcentaje de camiones pesados, así como el cálculo del peso promedio de dichos camiones.

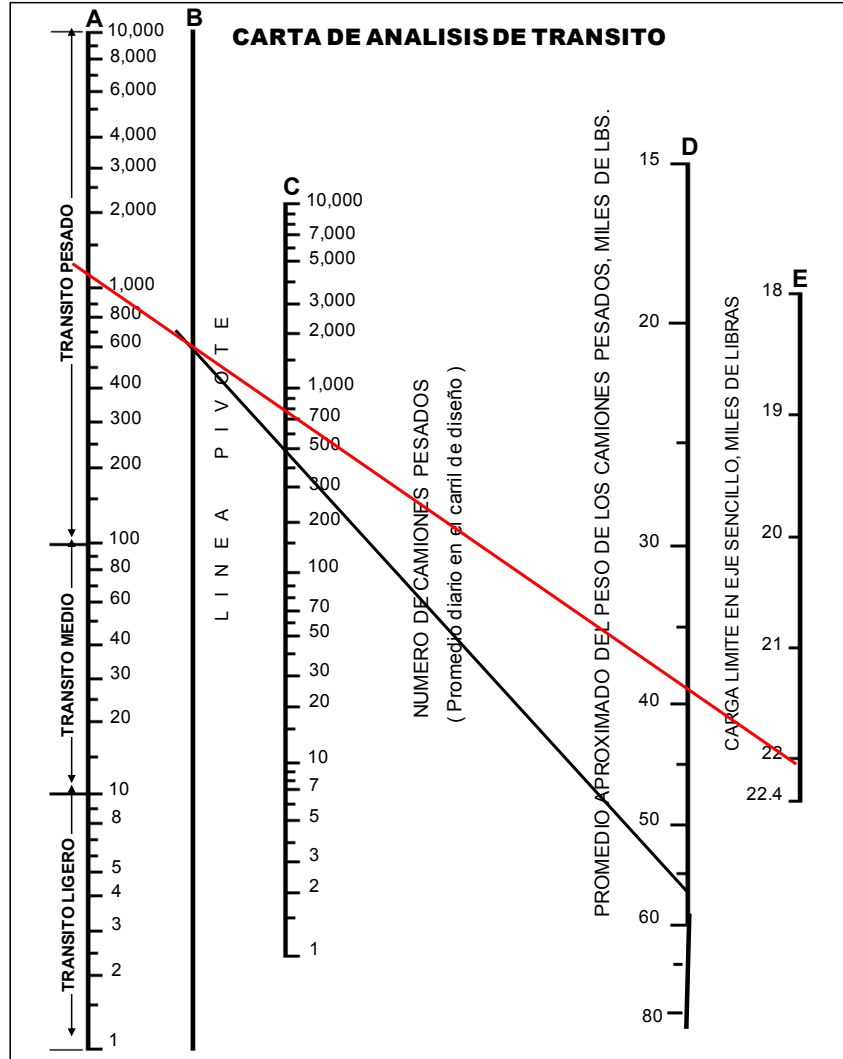
TDPA:	5000	TASA CRECIMIENTO:	4.00%
No. CARRILES	2	FACTOR DE DISTRIB.:	0.50
VIDA DE PROY.:	15	TRANSITO CARRIL PROYECTO:	2500

TIPO DE VEHÍCULO	%	PESO DE VEHÍCULO	NUMERO DE VEHÍCULOS EN EL CARRIL DE DISEÑO	PESO DE VEHÍCULOS EN EL CARRIL DE DISEÑO
B2	5.00%	15.50	125.00	1,937.50
B3	0.00%	0.00	0.00	0.00
C2	6.00%	15.50	150.00	2,325.00
C3	2.10%	23.50	52.50	1,233.75
T3S2	3.00%	41.50	75.00	3,112.50
T3S3	1.00%	46.00	25.00	1,150.00
T3S2R3	0.20%	55.00	5.00	275.00
T3S2R4	0.80%	77.50	20.00	1,550.00
<b>SUMAS</b>	<b>18.10%</b>		<b>452.50</b>	<b>11,583.75</b>

PESO PROMEDIO DE CAMIONES PESADOS EN TON. = 25.5994

PESO PROMEDIO DE CAMIONES PESADOS EN LBS. = 56,446.68

El porcentaje de camiones pesados será de **18.10 %**, contando con un peso promedio de camiones pesados de **25.60 Ton.** y/o **56,446.68 lbs.** Mediante el análisis de tránsito efectuado se determinó, que el número de camiones pesados en el carril de diseño es de **362.96** vehículos.



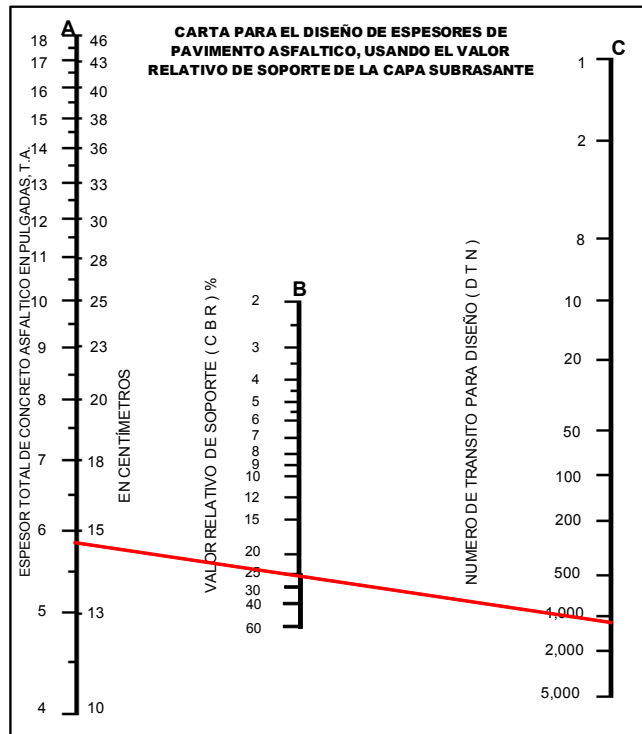
Con estos datos se procede al cálculo del el Número de Tránsito Inicial (NTI), mediante la utilización del Nomograma anexo, el cual para nuestro caso resulto de **NTI= 1,100** posteriormente tomando en consideración la tasa de crecimiento así como el periodo de diseño se obtendrá el factor de corrección mediante la utilización de la tabla respectiva, resultando de **1.005** para él un periodo de diseño de 15 años, con lo cual se podrá obtener el NTD Número de Tránsito para Diseño, mediante el producto de ambos valores, obteniendo:

PERIODO DE DISEÑO AÑOS	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL, POR CIENTO					
	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

**FACTORES DE CORRECCIÓN DEL NUMERO DE TRANSITO INICIA ( I T N )**

**En período de 15 años, NTD = 1,106**

Con estos datos y utilizando la gráfica de diseño anexa en la que se correlacionan los datos obtenidos según redacción en párrafos anteriores, nos da como resultado que el espesor para este tránsito sea considerado el mínimo de espesor de carpeta asfáltica considerado en este método.



Obteniendo la siguiente estructura de diseño:

Espesor requerido para una vida útil de 15 años	
Capa	Cms.
Carpeta Asfáltica	14.7
Base Hidráulica	29.4

### Método AASHTO

Para la utilización del Método AASHTO, además de los resultados de tránsito mencionados en el **Inciso 6.1** del presente estudio, así como los valores de calidad de los materiales de los bancos de préstamo y de las terracerías de sustentación, es necesario considerar los siguientes datos:

Tipo de Pavimento	Confiability R
Autopistas	95 %
Carreteras	80 %
Rurales	70 %
Zonas Industriales	65 %
Urbanas Principales	60 %
Urbanas Secundarias	50 %

Confiability (R)	90 %
Módulo de elasticidad del concreto asfáltico	350,000 psi
VRS capa de Base hidráulica	103.53 %
VRS capa subrasante crítico	25.54 %
Desviación estándar por tráfico	0.45
Índice de Serviciabilidad	2.50
Porcentaje de Vehículos Pesados	0.80

Con base en los datos mencionados, se realiza el cálculo de ejes equivalentes a 8.2 ton, determinando el número estructural (**SN**) requerido, en la estructura de diseño, garantizando un buen funcionamiento para un periodo de vida útil de **15 años**.

Con el valor considerado del VRS de la capa subrasante = **25.54 %**, se entra en la figura del Manual AASHTO y se obtiene un módulo de elasticidad **MR= 14,000 psi**, el cual es fundamental para conocer el número estructural.

<b>TDPA:</b>	5000	<b>Año Inicial:</b>	2013
<b>Año:</b>	2013	<b>Período de Analisis (años):</b>	15
<b>Tasa de Crecimiento:</b>	4%	<b>Distribución Direccional:</b>	50%
<b>TDPA Actual:</b>	5000	<b>Factor de Carril:</b>	100%
		<b>Camiones Carril de Diseño:</b>	578

<b>Composición Vehicular</b>		<b>Tránsito</b>	<b>Tránsito</b>	<b>Factor de</b>	<b>Ejes Sencillos</b>
<b>Tipo</b>	<b>%</b>	<b>Anual</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Carga Eq.</b>	<b>Equivaentes</b>
<b>A2</b>	81.9%	1,494,675	29,928,756	0.0004	10,894
<b>A'2</b>		-	-	0.0291	-
<b>B2</b>	5.0%	91,250	1,827,152	1.925	3,518,007
<b>C2</b>	6.0%	109,500	2,192,583	1.617	3,546,415
<b>C3</b>	2.1%	38,325	767,404	1.479	1,134,684
<b>C4</b>	0.0%	-	-	0.932	-
<b>C2-R2</b>	0.0%	-	-	4.550	-
<b>T2-S1</b>	0.0%	-	-	3.084	-
<b>T2-S2</b>	0.0%	-	-	2.926	-
<b>C3-R2</b>	0.0%	-	-	4.411	-
<b>T3-S2</b>	3.0%	54,750	1,096,291	2.776	3,043,485
<b>T2-S1-R2</b>	0.0%	-	-	6.017	-
<b>T3-S3</b>	1.0%	18,250	365,430	2.240	818,479
<b>C3-R3</b>	0.0%	-	-	4.253	-
<b>T3-S1-R2</b>	0.0%	-	-	5.867	-
<b>T3-S2-R3</b>	0.2%	3,650	73,086	5.709	417,239
<b>T3-S2-R4</b>	0.8%	14,600	292,344	5.393	1,576,498
<b>Suma</b>	<b>100.0%</b>	<b>1,825,000</b>	<b>36,543,047</b>		<b>14,065,701</b>

**Total de ESE's en el carril de diseño:**

7,032,851

**Check**

<b>ESE's Anuales</b>	<b>702,457</b>
<b>En Carril de Diseño</b>	<b>351,228</b>
<b>Acumulados</b>	<b>7,032,851</b>



Con los datos descritos anteriormente se entra en la tabla anterior. Obteniendo de esta, el número estructural mínimo aceptable (SN), el cual resulta ser de: **SN = 3.65**

La expresión para obtener la estructura del pavimento y que se define en el Manual AASHTO es:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

En donde:

**a1, a2, a3** = Coeficientes estructurales de la capa (Carpeta, Base, Sub-base)

**D1, D2** = Espesor capa actual (Carpeta, Base, Sub-base)

**m2, m3** = factor de corrección por drenaje (Base, Sub-base)

Sustituyendo en fórmula:

**ALTERNATIVA DE SOLUCION**

CAPA		ESPEORES PROMEDIO		COEFICIENTE ESTRUCTURAL ACTUAL (a)	COEFICIENTE DRENAJE (m)	NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO
		cms.	plg.			
CARPETA	D1=	6.00	2.36	0.44	1.00	1.04
BASE ASFÁLTICA	D2=	11.00	4.33	0.34	1.00	1.47
BASE HIDRÁULICA	D3=	20.00	7.87	0.14	1.10	1.21
<b>SN :</b>						<b>3.72</b>

**CONCLUSIÓN:** SN Requerido = 3.65 < SN de cálculo = 3.72, por lo que se considera que los espesores recomendados de la estructura propuesta cumplen.

**Determinación del Espesor de la Estructura de Pavimento.**

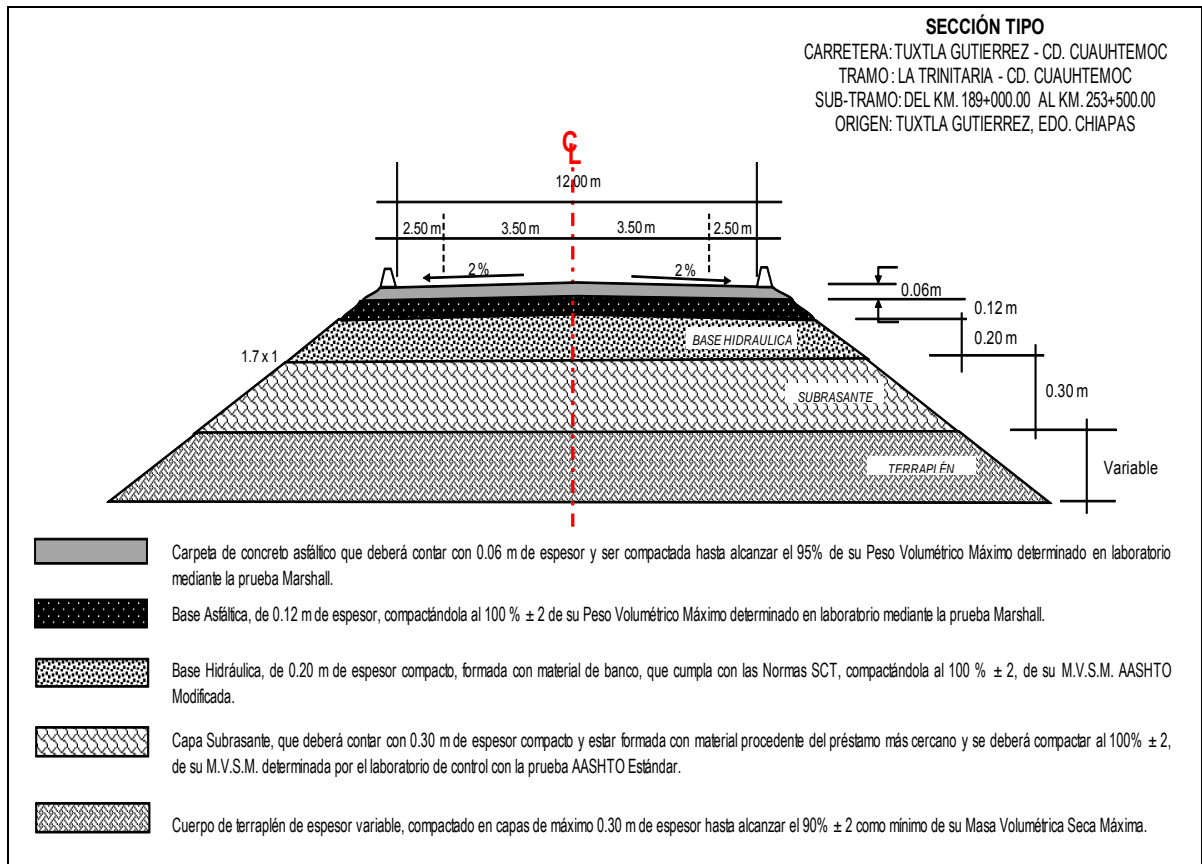
<b>RESUMEN DE ESPEORES REQUERIDOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PARA UN PERIODO DE 15 AÑOS</b>		
<b>ESTRUCTURA REQUERIDA DISPAV - 5</b>	<b>ESTRUCTURA REQUERIDA MÉTODO INSTITUTO DEL ASFALTO(cm.)</b>	<b>ESTRUCTURA REQUERIDA MÉTODO AASHTO (cm.)</b>
6.00 cm. Carpeta Asfáltica	14.70 cm. carpeta asfáltica	6.0 cm. Carpeta Asfáltica
12.00 cm. Base Asfáltica	29.40 cm. Base hidráulica	11.00 cm. Base Asfáltica
20.00 cm. Base hidráulica		20.00 cm. Base hidráulica

En base a las consideraciones técnicas anteriormente analizadas, se presenta la alternativa de solución recomendable para los trabajos de construcción del pavimento del tramo en estudio.

De acuerdo a las comparativas de diseños por estos métodos, se propone tomar la del método DISPAV-5, ya que el diseño además de estar verificado por deformación superficial, también se verifica por fatiga en las capas inferiores, proponiendo la siguiente alternativa de estructuración:

<b>ESPEORES REQUERIDOS PARA UN PERIODO DE 15 AÑOS</b>	
<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>	
<b>6.00 cm.</b>	
<b>BASE ASFÁLTICA</b>	<b>12.00</b>
<b>cm.</b>	
<b>BASE HIDRÁULICA</b>	<b>20.00</b>
<b>cm.</b>	
<b>CAPA SUBRASANTE</b>	<b>30.00</b>
<b>cm.</b>	

La cual se pone a consideración de la Dependencia. Presentando a continuación la siguiente sección tipo



## Proceso Constructivo.

### TERRACERÍAS

#### a).Despalme.-

El espesor del despalme será el que indique el proyecto u ordene la Secretaría a la vista de los materiales existentes en el lugar, de acuerdo con la estratigrafía del terreno o con la existencia de rellenos artificiales.

A menos que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría, el material natural producto del despalme se empleará para el recubrimiento de los taludes de terraplenes, así como de los pisos, fondo de las excavaciones y taludes de los bancos al término de su explotación, o se distribuirá uniformemente en áreas donde no impida el drenaje o que no invada cuerpos de agua, para favorecer el desarrollo de vegetación, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

## b). Terraplenes.-

En la ampliación de la corona o tendido de taludes en los que no se vaya a modificar el ancho de la corona de terraplenes existentes o en trabajos para la elevación de la subrasante, se excavarán escalones de liga conforme a lo establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural igual o mayor al 25%, se anclarán al terreno natural mediante escalones de liga a partir de los cerros del mismo; cada escalón tendrá un ancho mínimo de huella de 2.50 m, en material tipo "A" ó "B" y en material "C" el escalón tendrá un metro de huella; en ambos casos la separación de dichos escalones será de 2.00 m medidos horizontalmente, a partir de los cerros de los mismos. Cuyo peralte no excederá de 0.30 m.; el piso de los escalones deberá compactarse al mismo grado de la capa que se construya en dicha ampliación.

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los huecos resultantes de los trabajos de desmonte y despálme con material compactado, asimismo se compactará el terreno natural o el despalmado, en el área de desplante, en un espesor mínimo de veinte (20) centímetros y a una compactación similar a la del terreno natural.

El material proveniente de cortes o bancos se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar o acomodar el material.

En caso de material compactable, éste se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría y obtener homogeneidad en granulometría y humedad, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.

Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de bandeado para aumentar su acomodo; este material solo servirá para formar el cuerpo del terraplén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 ó similar.

Siempre que la topografía del terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.

Cuando la topografía del terreno presente lugares inaccesibles donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas utilizando equipo mayor, dichos lugares se rellenarán a volteo para formar una plantilla en la que se

pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante. El nivel de la plantilla será el que indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

Cuando el nivel de desplante coincida sensiblemente con el nivel freático, se evitará desplantar el terraplén directamente sobre la superficie saturada, procediendo al abatimiento del nivel freático o a colocar una primer capa a volteo de espesor suficiente para que soporte al equipo, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

Cuando se deba asegurar la compactación de los hombros de los terraplenes, éstos se construirán con una sección más ancha que la teórica de proyecto, respetando la inclinación de los taludes señalada en el proyecto, obteniéndose así los sobre anchos laterales, con las dimensiones indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, en los cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.

Como parte final del terraplén se construirán la capa subrasante, con los espesores, materiales y grados de compactación que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría.

#### c). Pedraplén.-

Se procederá a la limpieza de la zona por construir mediante la remoción de la vegetación cuyo diámetro sea mayor o igual a 0.30 m y que sobresalga del espejo de agua.

La parte que quedará como plantilla de trabajo en las zonas con tirante de agua, se construirá a volteo, extendiéndose simétricamente desde el centro hacia el lado de la ampliación

El material que constituye dicha capa y que sobresalga del tirante de agua deberá construirse utilizando material de fragmentos chicos de roca, sana e inerte, es decir que contenga tamaños de 7.6 cm. a 40.0 cm., los cuales deberán ser incrustados en el terreno natural bandeándose con 4 pasadas como mínimo, con tractor D-8 ó similar y/o peso mínimo de 36 ton. En capas de 20.0 cm. cada una, sensiblemente horizontales con espesores aproximadamente igual a la de los fragmentos más grande, hasta alcanzar la cota de proyecto.

Durante el proceso constructivo en general se presentarán asentamientos y deformaciones, por lo que el material que se deposite en la plantilla de trabajo se deberá acomodar, redistribuir y re nivelar en forma constante hasta que esta quede al nivel ordenado por la Secretaria (aproximadamente 0.30 m. arriba del NAME).

Una vez concluida el Pedraplén, se construirá el cuerpo de terraplén cuyo espesor será variable dependiendo de la rasante del proyecto, el material que constituye dicha capa se deberá compactar al 90% de su PVSM.

Construido el cuerpo de terraplén hasta su nivel definitivo se continuará con la formación de la capa de transición, cuyo espesor será de 0.50 m. para posteriormente proceder a la formación de la capa subrasante de 0.30 m. de espesor, dándoles a dichas capas una compactación del 95% y 100% de su PVSM respectivamente.

Los asentamientos y deformaciones que se observen en el terraplén se corregirán en forma inmediata con el material de banco y compactando al mismo grado de la capa construida de acuerdo a las indicaciones que la Secretaria haga al contratista hasta que el terraplén quede al nivel señalado por la Secretaria.

Finalmente, para concluir la construcción de las terracerías estas se arroparán con un enrocamiento al cual se le dará un talud final de 2:1 a partir del nivel superior en que queda la capa subrasante.

c). Capa de transición.-

Se construirá dependiendo de la altura del cuerpo de terraplén, debiendo construirse de 0.20 m si la altura de éste es menor de 0.80 m y si es mayor se construirá de 0.50 m, en cualquier caso, deberá compactarse el material que constituya dicha capa al 95% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar.

d). Capa Subrasante.-

Sobre la cama de los cortes, capa de transición (si existe) o cuerpo de terraplén una vez terminados y compactados, se construirá la capa subrasante con el espesor de proyecto de 0.30 m. debiéndose compactar el material que constituya dicha capa al 100% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar. Sirviendo esta de base para el desplante de la estructura de pavimento.

El material que forme la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm. (3"). Cuando éstas existan deberán eliminarse mediante papeo.

e).La construcción de obras de drenaje se harán antes de iniciar la construcción de terracerías; concluidas tales obras, deberán arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

f).Se deberá propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes con vegetación para evitar la erosión de los mismos.

g).-Debe evitarse que la boquilla de aguas abajo de las alcantarillas, descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido; en estos casos la obra de drenaje se prolongará con lavadero hasta los ceros del terraplén.

h). Los materiales empleados para la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante deberá ser procedentes de los bancos propuestos para este fin y de acuerdo con lo indicado en el proyecto de terracerías correspondiente.

## **PAVIMENTO**

Las cláusulas e incisos que se mencionan en los párrafos siguientes corresponden a las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Edición 1983 del Libro 3, Parte 01, Título 03; a las Normas de Calidad de los Materiales, Edición 1986 del Libro 4, Parte 01, Título 03; así como a las Normas de Muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Sistemas del Libro 6, Parte 01, Título 01 y 03 de los Tomos I y II también de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Base Hidráulica.

Sobre la capa subrasante debidamente terminada se construirá una capa Base hidráulica de 20.0 cm. de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto. El material que conforme ésta capa se deberá compactar al 100% de su peso volumétrico seco máximo (PVSM) de la prueba AASHTO modificada (cinco capas) citada en el Capítulo 6.01.03.009-M-04 correspondiente al método de prueba 6.01.01.002.K.05, del Libro 6.01.03 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas; Carreteras y Aeropistas; Pavimentos (I).

Trabajos previos:

Antes de iniciar la construcción de la base, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente terminada dentro de líneas y niveles, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá su construcción sobre superficies que no hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

## **TENDIDO Y CONFORMACIÓN:**

Inmediatamente después de preparado el material, se extenderá en todo el ancho de la corona y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.



El material se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado (100 %), Una vez compactada la última capa se tendrán la sección y los niveles establecidos en el proyecto.

Compactación:

La capa extendida se compactará al grado indicado en el proyecto (100 %), la cual se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior, en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada. La capa ya compactada se escarificará superficialmente y se le agregará agua, antes de tender la siguiente capa, con el propósito de ligarlas.

Riego de impregnación

Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, superficialmente seca y barrida, se aplicará en todo el ancho de la sección así como en dichos taludes que formen el pavimento, un riego de impregnación con emulsión catiónica para impregnación a razón de 1.2 l/m<sup>2</sup>. El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-B.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03, y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

Riego de liga para Base Asfáltica

Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup>. El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

Base Asfáltica

Sobre la capa de Base Hidráulica se construirá una Base Asfáltica de 12.0 cm. de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de éste proyecto y cemento asfáltico AC-20 con una dosificación aproximadamente de 115 l/m<sup>2</sup> de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente y el tendido se efectuará compactándola al 95% de su peso volumétrico determinado en la Prueba Marshall. Los materiales pétreos y el cemento asfáltico que conformen la carpeta deberán cumplir con las Normas Especificadas en los incisos 010-C.01 y 011-B.01b respectivamente del Libro 4, Parte 01, Título 03.

La mezcla se proyectará por el procedimiento Marshall para que cumpla con los requisitos de diseño que se indican en la columna de intensidad de tránsito de más de 2000 vehículos pesados diarios del cuadro del inciso 011-D.03 del Libro 4, Parte 01, Título 03.

La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en la cláusula 081-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

Dado que se utilizará cemento asfáltico AC-20, la mezcla deberá realizarse a una temperatura de entre 140°C y 165°C. La mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora deberá tener una temperatura no menor a 135°C. La temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadora. La compactación se efectuará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menos de 130°C.

#### Riego de liga para la carpeta

Sobre la superficie de la capa de base asfáltica debidamente terminada, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido tipo ECR-65, a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup>. El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

#### Carpeta de concreto asfáltico

Sobre la base hidráulica, se colocará una carpeta de concreto asfáltico de 6.0 cm., compactada al 95% de su peso volumétrico máximo determinado en el laboratorio por el método Marshall, previamente a ello se aplicara un riego de liga con una emulsión asfáltica Catiónica de rompimiento rápido en una proporción de 0.6 lts./m<sup>2</sup>. El banco de material será elegido por el contratista, debiendo presentar en la propuesta los estudios del material el cual deberá tener un procedimiento de triturado parcial a tamaño máximo de ¾", al cual se le adicionara cemento asfáltico modificado, ajustado por transito grado PG 76-22 en la cantidad que indiquen los resultados que se obtengan de los estudios Marshall efectuados a los materiales pétreos.

Los materiales que se utilicen para la elaboración de la carpeta asfáltica, deberán cumplir con lo establecido en las Normas: Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas N.CMT.4.04/03; Calidad de Materiales Asfálticos N.CMT.4.05.001/00; Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras N.CMT.4.05.003/02; Calidad de Materiales grado PG N.CMT.4.05.004/08.

Las dosificaciones de los materiales pétreos, asfálticos o equivalentes y aditivos que el contratista determine para la construcción de las diferentes capas de la estructura del pavimento, deberán ser las adecuadas para cumplir con las normas o especificaciones establecidas para ellas.

#### Riego de Sello

En todo el ancho de la calzada se aplicará un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-A procedente del banco indicado para este fin, a razón de 10 l/m<sup>2</sup> y emulsión asfáltica de rompimiento rápido de 1.3 l/m<sup>2</sup> aproximadamente, el producto asfáltico deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 082-D del Libro 3, Parte 01, Título 03.

El producto asfáltico y el material pétreo deberán cumplir con las Normas de Calidad estipuladas en los incisos 011-B.04.b. y 010-c.02 respectivamente del Libro 4, Parte 01, Título 03.

#### Aditivos

Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos, se deberá prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el Laboratorio de Control de la Dependencia, después que el agregado pétreo haya sido debidamente tratado.

Los tipos de aditivos que se utilizarán en el cemento asfáltico AC-20 deberán incorporarse en una proporción aproximada del 1 % en peso, que se ajustará de acuerdo con las pruebas realizadas por el Laboratorio de Control de la Dependencia.



CAPITULO

**V**

ESTUDIO DE TRANSITO

## V.1 VÍAS DE ACCESO

El acceso a la cabecera municipal desde Comitán de Domínguez, es por la carretera federal libre de peaje MEX-190, que conduce a La Trinitaria; desde este punto se puede trasladar a la Región Selva por la carretera federal libre de peaje MEX- 307.

Longitud de la Red Carretera en el municipio de La Trinitaria (Kilómetros)								
Tipo de Rodamiento	Total	%	Troncal	%	Alimentadora	%	Camino Rural	%
Total	388.80	1.66	100.50	25.85	39.60	10.19	248.70	63.97
Pavimentadas	140.10	36.03	100.50 (a)	71.73	39.60 (b)	28.27	0.00	0.00
Revestidas	248.70	63.97	0.00	0.00	0.00	0.00	248.70	100.00

Datos referidos al 31 de Diciembre de 2010

(a) Es conocida como principal o primaria, tiene como objetivo específico servir al tránsito de largo itinerario. Comprende caminos de cuota pavimentados (incluidos los estatales) y libres (pavimentados y revestidos).

(b) Incluye alimentadoras federales, también conocidas con el nombre de carreteras secundarias, tienen como propósito principal servir de acceso a las carreteras troncales y alimentadoras estatales pavimentadas, comprende caminos de dos carriles.

Fuente: INEGI. Anuario Estadístico 2011.

La infraestructura carretera requiere de constante modernización y ampliación con la finalidad de proporcionar mayor afluencia vehicular y comunicación entre los habitantes de las diferentes comunidades.

## V.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

El tramo La Trinitaria – Ciudad Cuauhtémoc (km 188+000, del poblado la Trinitaria al km 256+000 poblado de Cd. Cuauhtémoc) de la carretera Tuxtla Gutiérrez – Ciudad Cuauhtémoc, cuenta con las siguientes características geométricas:

Ancho de corona: del km 188.00 al km 189.19, 16.00 m.

Del km 189.19 al km 256.80, 7.00 m.

Acotamientos: del km 188.00 al km 189.19, 1.4 m.

Del km 189.19 al km 256.80, 7.00 m., no tiene acotamientos

Grados de curvatura hasta de 26°, del km 189.19 al km 256.80.

Los terrenos adyacentes son tierras de cultivo

Datos referidos al 30 de enero de 2013; Fuente: DGST, Subdirección de Operación Vial

Descripción y Operación de la Carretera

### **V.3 CLASIFICACIÓN TÉCNICA**

La carretera Tuxtla Gutiérrez – Ciudad Cuauhtémoc, en el tramo La Trinitaria – Ciudad Cuauhtémoc por sus características geométricas en el “Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal” de la SCT, está clasificada como sigue:

Del km 188.00 al km 189.19\*, “A”

Del km 189.19 al km 256.80\*, “D”

\*Cadenamiento utilizado por la Dirección General de Servicios Técnicos

“A”, son carreteras que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.

“D”, como carretera que atendiendo a sus características geométricas y estructurales principalmente prestan servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria.

Datos referidos al 30 de enero de 2013; Fuente: DGST, Subdirección de Operación Vial

### **V.4 NIVELES DE SERVICIO**

Los volúmenes de tránsito son bajos en el primer tramo (T. Izq. Montebello – San Gregorio) y en el segundo (San Gregorio – Ciudad Cuauhtémoc) los volúmenes de tránsito son relativamente altos, los niveles de servicio fueron los siguientes:

Tramo: T. Izq. Montebello – T Izq. ejido Chihuahua, nivel de servicio “B”, la velocidad de operación es de 50km/h.

Tramo: T Izq. ejido Chihuahua – Ciudad Cuauhtémoc, nivel de servicio “D”, la velocidad de operación es de 50 km/h.

El Nivel de Servicio se calculó con los siguientes datos:

Tramo: T. Izq. Montebello – T. Izq. ejido Chihuahua

TDPA = 3,849veh.

K = 0.095

V.H.M.=366veh.

Tipo de terreno= Montañoso

Núm. De carriles= 2

B = 5 %

C = 13 %

Dando como resultado que:

Volumen de Servicio "B" = 1,498veh.

Por lo tanto el tramo carretero en estudio, opera con un Nivel de Servicio "B"

Tramo: T. Izq. ejido Chihuahua – Ciudad Cuauhtémoc

TDPA = 4,085veh.

K = 0.076

V.H.M.=310veh.

Tipo de terreno= Montañoso

Núm. de carriles= 2

B = 1 %

C = 11 %

Dando como resultado que:

Volumen de Servicio "C" = 294veh.

Volumen de Servicio "D" = 446veh.

Por lo tanto el tramo carretero en estudio, opera con un Nivel de Servicio "D"

## V.5 ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Población:

La zona de influencia del tramo en estudio abarca el municipio de La Trinitaria

Concepto	Total	%	Hombres	%	Mujeres	%
Población Total	72 769	100.00	35 593	48.91	37 176	51.09
Urbana	17 891	24.59	8 739	48.85	9 152	51.15
Rural	54 878	75.41	26 854	48.93	28 024	51.07
Población por Grupos de Edad de las Principales Localidades	0	0.00	0	0.00	0	0.00
La Trinitaria	9 042	12.43				
0 a 14 años	2 659	29.41				
15 a 64 años	5 681	62.83				
65 años y más	702	7.76				
No especificado	0	0.00				

Lázaro Cárdenas	3 699	5.08				
0 a 14 años	1 109	29.98				
15 a 64 años	2 389	64.59				
65 años y más	201	5.43				
No especificado	0	0.00				
José María Morelos	2 601	3.57				
0 a 14 años	834	32.06				
15 a 64 años	1 627	62.55				
65 años y más	140	5.38				
No especificado	0	0.00				
La Esperanza	2 549	3.50				
0 a 14 años	767	30.09				
15 a 64 años	1 649	64.69				
65 años y más	131	5.14				
No especificado	2	0.08				
El Porvenir Agrarista	2 468	3.39				
0 a 14 años	730	29.58				
15 a 64 años	1 573	63.74				
65 años y más	161	6.52				
No especificado	4	0.16				
Población Según Grandes Grupos de Edad a/	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0 a 14 años	23 196	31.88	11 633	50.15	11 563	49.85
15 a 64 años	45 135	62.03	21 614	47.89	23 521	52.11
65 años y más	4 385	6.03	2 317	52.84	2 068	47.16
No especificado	53	0.07	29	54.72	24	45.28
Población Estimada al 2011 Según Grandes Grupos de Edad	0	0.00	0	0.00	0	0.00



0 a 14 años	17 016	30.10	8 586	50.46	8 430	49.54
15 a 64 años	36 453	64.49	16 644	45.66	19 809	54.34
65 años y más	3 060	5.41	1 574	51.44	1 486	48.56
Población Hablante de Lengua Indígena b/	6 759	100.00	3 274	48.44	3 485	51.56
Según Condición de Habla	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Habla Español	6 047	89.47	3 021	49.96	3 026	50.04
No Habla Español	517	7.65	163	31.53	354	68.47
No Especificado	195	2.89	90	46.15	105	53.85
Lengua Indígena Hablada	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Tzeltal (Tzeltal)	244	3.61				
Tzotzil (Tsotsil)	229	3.39				
Chol (Ch'ol)	3	0.04				
Zoque	2	0.03				
Tojolabal	196	2.90				
Mame (Mam)	144	2.13				
Kanjobal (Q'anjob'al)	2 648	39.18				
Otras c/	3 202	47.37				
No Especificada	91	1.35				

## V.6 TASA DE CRECIMIENTO.

Con los TDPA y la Clasificación Vehicular registrados en el tramo La Trinitaria – Ciudad Cuauhtémoc de la carretera Tuxtla Gutiérrez – Ciudad Cuauhtémoc libre de peaje, publicados en el libro Datos Viales por la Dirección General de Servicios Técnicos, se obtuvieron las tasas de crecimiento a través de una regresión lineal, por el método de mínimos cuadrados en el periodo 2004 – 2012, las tablas con el cálculo se muestran en el anexo II, para horizontes de proyecto a 15 y 30 años.

### *Análisis de las Tasas de Crecimiento*

Se analizaron las carreteras que confluyen a la zona en estudio, en las cuales se pudo observar que en ninguna de ellas existen tendencias normales al crecimiento, se observan variaciones de volúmenes de tránsito inconsistentes y que no reflejan el crecimiento económico del país, como se muestra en las siguientes tablas

Con los datos obtenidos de las publicaciones en los libros “Datos Viales” en el periodo 2004 - 2012, en los tres lugares en el que realiza aforos de tránsito la Dirección General de Servicios Técnicos, se efectuó el análisis en periodos largos (2004 – 2012) y en periodos cortos en donde se observó mejor consistencia en la información.

Antes de la estación La Trinitaria de la carretera Tuxtla Gutiérrez – Ciudad Cuauhtémoc se registró en el año 2012 un TDPA de 11409 vehículos, con un incremento en relación al año anterior del 9.5%, sin embargo, se analizó un periodo en donde los volúmenes de tránsito muestran consistencia y se observa que en el periodo 2004-2008 el incremento que tuvo este punto es del 4.4%, mientras que en el periodo 2003-2012, se registró un incremento anual del 7.6 %.

Después de la estación Chihuahua de la misma carretera se registró en el año 2012 un TDPA de 3849 vehículos, con un incremento en relación al año anterior del 6.9%, sin embargo, se analizó un periodo en donde los volúmenes de tránsito muestran consistencia y se observa que en el periodo 2004-2007 el incremento que tuvo este punto es del 4.0%, mientras que en el periodo 2003-2012, se registró un incremento anual del 3.5 %.

Asimismo antes de la estación Ciudad Cuauhtémoc de la misma carretera se registró en el año 2012 un TDPA de 4085 vehículos, con un incremento en relación al año anterior del 8.6%, sin embargo, se analizó un periodo en donde los volúmenes de tránsito muestran consistencia y se observa que en el periodo 2004-2007 el incremento que tuvo este punto es del 4.5%, mientras que en el periodo 2003-2012, se registró un incremento anual del 9.6 %.

Por lo antes analizado y con los resultados obtenidos de los incrementos en las carreteras que confluyen a la carretera en estudio, se concluye que para el pronóstico del tránsito, el periodo 2004-2007 de la estación T. Izq. Chihuahua es el adecuado, con una tasa de crecimiento anual del 4.5%, el cual es similar al incremento registrado en el periodo 2011-2012 de 4.0% en las carreteras que confluyen a la carretera en estudio como se muestra en la tabla “Tendencias de Crecimiento Chiapas Red Carretera Federal”

Como resultado de este análisis y debido a la inconsistencia de la información, se procedió a realizar Estudios de Tránsito de Muestra Semanal en los puntos, La Trinitaria km 188+000, Ejido La Gloria km 214+040, San Gregorio km 231+000, estos dos últimos puntos no han sido estudiados por la Dirección General de Servicios Técnicos y Ciudad Cuauhtémoc km 256+000, dando como resultado los TDPS de 3,912veh., 3,746veh., 7,741veh.y 4539 vehículos respectivamente. Cabe mencionar que por no contar con una estación maestra que tuviera los volúmenes de tránsito los 365 días (un año), no se correlaciono el TDPS para obtener el TDPA, por lo que se consideró que  $TDPS=TDPA$ .

En el anexo1, se muestran las tablas con los datos que arrojaron los aforos con aparatos contadores del tránsito y su respectiva clasificación vehicular, los cuales para su identificación contienen la simbología y el kilometraje utilizados por la Dirección General de Servicios Técnicos que es la siguiente:



CAPITULO

**VI**

EVALUACION DE LA ESTRUCTURA ACTUAL  
Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION

## VI.1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE Y CALIDAD

El tramo en estudio, presenta actualmente características de un camino tipo “C”, de acuerdo al proyecto de modernización a una sección tipo “A2”, se aprovechara al máximo la estructura existente, realizando las modificaciones necesarias del alineamiento horizontal y vertical en donde se requiera.

Se determinaron 7 zonas homogéneas en cuanto a espesores, capas que integran la estructura actual, calificación ISA y deterioros.

1. - km. 189+000 a km. 191+500 y km. 208+000 – km. 211+000
2. - km. 211+500 a km. 219+000
3. - km. 225+000 a km. 232+500
4. - km. 233+000 a km. 236+000
5. - km. 236+500 a km. 240+500
6. - km. 241+000 a km. 250+540
7. - km. 251+000 a km. 253+500

El Diseño de refuerzo, se realizó en base de los siguientes datos de transito: TDPA2013= 5,000 vehículos en Ambos sentidos, A= 81.90%, B= 5.00%, C2= 13.10%, Tasa de Crecimiento= 4.0% y una Vida Útil = 15 años.

El Diseño de pavimento en la zona de ampliación considerando el tránsito de proyecto resulto ser: Carpeta Asfáltica de 6.00 cms. de espesor, Base asfáltica de 12.00 cms. de espesor, Base Hidráulica de 20.00 cms. de espesor y Capa Subrasante de 30.00 cms. de espesor.

De acuerdo a los estudios realizados en campo y gabinete de la estructura actual de pavimento, se obtiene los siguientes cuadros resumen, en los cuales se expresan los espesores y calidad de cada zona homogénea:

SUBTRAMO:	km. 189+000 - km- 191+500 y km. 208+500 - 211+000			km. 211+500 - km. 219+000			km. 225+500 - km. 232+500			km. 233+000 - km. 236+000		
	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %
	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.
CARPETA ASFALTICA	23.17	<b>23.00</b>		14.00	<b>14.00</b>		15.67	<b>15.00</b>		12.57	<b>12.00</b>	
BASE ASFALTICA	0.00			18.06	<b>18.00</b>		13.13	<b>13.00</b>		26.14	<b>26.00</b>	
BASE HIDRAULICA	12.08	<b>12.00</b>	56.82	9.19	<b>9.00</b>	69.37	12.27	<b>12.00</b>	82.13	0.00		
CAPA SUBRASANTE	22.75	<b>23.00</b>	54.03	21.88	<b>22.00</b>	43.31	15.60	<b>15.00</b>	55.74	16.14	<b>16.00</b>	80.35
CUERPO DE TERRAPLEN			45.42			23.12			30.66			19.56

SUBTRAMO:	km. 236+500 - km- 240+500			km. 241+000 - km. 250+540			km. 251+000 - km. 253+500		
CAPA	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %
	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.
CARPETA ASFALTICA	10.00	<b>10.00</b>		11.31	<b>11.00</b>		10.67	<b>10.00</b>	
BASE ASFALTICA	8.33	<b>8.00</b>		11.13	<b>11.00</b>		7.17	<b>7.00</b>	
BASE HIDRAULICA	17.33	<b>17.00</b>	80.18	1.25	<b>0.00</b>	4.97	14.67	<b>14.00</b>	59.11
CAPA SUBRASANTE	19.78	<b>19.00</b>	47.56	21.75	<b>21.00</b>	44.38	15.00	<b>15.00</b>	33.76
CUERPO DE TERRAPLEN			20.51			28.63			30.06

Nota: la obtención de los valores promedio se muestran en las tablas del Capítulo 10, Inciso 10.3, del presente estudio.

Por lo anterior y con la finalidad de incrementar el horizonte de proyecto, se sugiere efectuar la siguiente alternativa de solución:

PROPUESTAS DE ESPESORES REQUERIDOS PARA EL REFUERZO DEL PAVIMENTO PARA UN PERIODO DE 15 AÑOS	
SUBTRAMOS	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 1
Km. 189+000 a km. 253+500	<p>Se procederá al rallado enérgico de la carpeta actual en un espesor promedio de 2.0 cm., conforme lo establecido en la norma N.CSV.CAR.3.02.006/10, depositando el producto del mismo en la zona de tiro y/o almacén respectivo, debiendo considerar el bacheo superficial y/o profundo en donde lo indique la Secretaría.</p> <p>Posteriormente con material del banco indicado para este fin, se procederá a formar una capa de 12.0 cm, de base asfáltica con cemento asfáltico AC-20, cuya mezcla deberá cumplir con la norma respectiva N.CSV.CAR.4.02.005/03.</p> <p>Y Finalmente colocar una carpeta de 6.00 cm, de concreto asfáltico, cumpliendo la norma N.CSV.CAR.3.02.005/10, en todo el ancho de la corona actual.</p>

## VI.2 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de su conservación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función. Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una red aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de una red vial nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación.

Para determinar las características físicas de los suelos existentes a lo largo del eje de trazo y proponer las alternativas para la conservación de la estructura actual, los trabajos consistieron en la exploración y muestreo de las diferentes capas que conforman la estructura actual mediante calas, así como la obtención de la compactación de cada capa, Determinación del Índice de Serviciabilidad (ISA) y El levantamiento de deterioros.

Descripción de los Trabajos.

Los estudios para la evaluación de la estructura actual de Pavimento, consistieron en la exploración y muestreo de las diferentes capas que conforman la estructura actual mediante calas, así como la obtención de la compactación de cada capa, Determinación del Índice de Serviciabilidad (ISA) y El levantamiento de deterioros.

### *Exploración y Muestreo*

Para determinar las características mecánicas de los materiales de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento a lo largo de la línea de trazo, se realizaron calas con toma de muestras y determinación de calidades de acuerdo a como lo establecen las Normas de Muestreo de Materiales para Terracerías realizándose en campo la prueba de compactación. Con el fin de obtener los parámetros sobre los cuales está trabajando la estructura existente y poder proporcionar las recomendaciones necesarias para su rehabilitación, tratando con esto que trabaje en forma conjunta y homogénea con el proyecto de ampliación.

Así mismo se realizó la localización de los bancos de préstamo de materiales que deberán utilizarse para la construcción de la estructura del pavimento, así como de proporcionar las recomendaciones necesarias para su utilización.

Dentro de la etapa del levantamiento de deterioros, los Daños que refleja el camino son, perdida de agregados, roderas moderadas con grietas tipo mapa, grietas tipo piel de cocodrilo, por reflexión, longitudinales y transversales, superficie ondulada e

inestabilidad ligera y bacheo superficial y de caja corregido, cuyos parámetros de degradación se presentan en el Capítulo 10, Inciso 10.6 del presente estudio.

## **VI.2 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO**

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de su conservación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función. Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una red aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de una red vial nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación.

Para determinar las características físicas de los suelos existentes a lo largo del eje de trazo y proponer las alternativas para la conservación de la estructura actual, los trabajos consistieron en la exploración y muestreo de las diferentes capas que conforman la estructura actual mediante calas, así como la obtención de la compactación de cada capa, Determinación del Índice de Serviciabilidad (ISA) y El levantamiento de deterioros.

Descripción de los Trabajos.

Los estudios para la evaluación de la estructura actual de Pavimento, consistieron en la exploración y muestreo de las diferentes capas que conforman la estructura actual mediante calas, así como la obtención de la compactación de cada capa, Determinación del Índice de Serviciabilidad (ISA) y El levantamiento de deterioros.

Exploración y Muestreo

Para determinar las características mecánicas de los materiales de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento a lo largo de la línea de trazo, se realizaron calas con toma de muestras y determinación de calidades de acuerdo a como lo establecen las Normas de Muestreo de Materiales para Terracerías realizándose en campo la prueba de compactación. Con el fin de obtener los parámetros sobre los cuales está trabajando la estructura existente y poder proporcionar las recomendaciones necesarias para su rehabilitación, tratando con esto que trabaje en forma conjunta y homogénea con el proyecto de ampliación.

Así mismo se realizó la localización de los bancos de préstamo de materiales que deberán utilizarse para la construcción de la estructura del pavimento, así como de proporcionar las recomendaciones necesarias para su utilización.



Dentro de la etapa del levantamiento de deterioros, los Daños que refleja el camino son, perdida de agregados, roderas moderadas con grietas tipo mapa, grietas tipo piel de cocodrilo, por reflexión, longitudinales y transversales, superficie ondulada e inestabilidad ligera y bacheo superficial y de caja corregido, cuyos parámetros de degradación se presentan en el Capítulo 10, Inciso 10.6 del presente estudio.

Resumen de calas.

A continuación se indican los sitios en donde se efectuaron las calas en la estructura actual de pavimento, así como también los espesores y calidad de cada capa encontrada de acuerdo a cada zona homogénea en estudio.

KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
189+000	28.00	0.00	10.00	30.00	INDEF.	55.30	47.13	26.19
189+500	22.00	0.00	10.00	10.00	INDEF.	48.60	45.84	30.65
190+000	27.00	0.00	10.00	30.00	INDEF.	50.13	40.36	13.50
190+500	31.00	0.00	15.00	25.00	INDEF.	53.41	52.20	16.24
191+000	20.00	0.00	15.00	30.00	INDEF.	51.85	38.16	28.20
191+500	25.00	0.00	10.00	30.00	INDEF.	53.12	43.19	85.16
208+500	17.00	0.00	15.00	20.00	INDEF.	60.94	58.31	104.40
209+000	21.00	0.00	10.00	10.00	INDEF.	61.39	88.16	97.13
209+500	28.00	0.00	10.00	13.00	INDEF.	53.14	40.32	92.88
210+000	23.00	0.00	10.00	20.00	INDEF.	57.50	55.14	16.23
210+500	25.00	0.00	10.00	15.00	INDEF.	58.13	53.12	19.21
211+000	11.00	0.00	20.00	40.00	INDEF.	78.27	86.43	15.23
<b>PROMEDIO</b>	<b>23.17</b>	<b>0.00</b>	<b>12.08</b>	<b>22.75</b>		<b>56.82</b>	<b>54.03</b>	<b>45.42</b>
KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
211+500	12.00	25.00	0.00	20.00	INDEF.		47.30	17.46
212+000	12.00	25.00	10.00	15.00	INDEF.	60.23	49.54	21.10
212+500	10.00	25.00	10.00	20.00	INDEF.	56.42	43.23	17.00
213+000	12.00	25.00	15.00	15.00	INDEF.	71.58	48.10	16.38
213+500	11.00	18.00	10.00	15.00	INDEF.	70.21	46.28	18.80
214+000	12.00	20.00	20.00	30.00	INDEF.	68.54	92.70	44.00
214+500	11.00	20.00	10.00	30.00	INDEF.	74.50	31.70	18.80
215+000	11.00	18.00	15.00	20.00	INDEF.	69.45	44.58	63.19
215+500	10.00	20.00	15.00	30.00	INDEF.	67.36	47.19	13.50
216+000	10.00	18.00	10.00	20.00	INDEF.	65.27	49.51	16.84
216+500	10.00	0.00	17.00	20.00	INDEF.	78.49	30.00	30.00
217+000	7.00	0.00	15.00	20.00	INDEF.	81.00	30.00	30.00
217+500	27.00	20.00	0.00	25.00	INDEF.		52.48	14.10
218+000	22.00	22.00	0.00	20.00	INDEF.		17.60	15.46
218+500	22.00	20.00	0.00	20.00	INDEF.		19.87	13.87
219+000	25.00	13.00	0.00	30.00	INDEF.		42.92	19.43
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.00</b>	<b>18.06</b>	<b>9.19</b>	<b>21.88</b>		<b>69.37</b>	<b>43.31</b>	<b>23.12</b>

KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
225+500	27.00	15.00	8.00	12.00	INDEF.	88.46	68.13	58.79
226+000	15.00	7.00	10.00	25.00	INDEF.	90.05	63.14	23.46
226+500	21.00	15.00	10.00	10.00	INDEF.	92.10	66.89	22.45
227+000	17.00	15.00	8.00	12.00	INDEF.	93.46	59.46	65.70
227+500	22.00	10.00	15.00	10.00	INDEF.	91.89	60.65	42.13
228+000	24.00	19.00	10.00	10.00	INDEF.	70.42	49.57	53.92
228+500	12.00	11.00	10.00	20.00	INDEF.	87.46	62.87	10.54
229+000	12.00	18.00	10.00	10.00	INDEF.	79.09	71.46	69.26
229+500	13.00	20.00	10.00	10.00	INDEF.	65.64	56.51	8.63
230+000	13.00	15.00	15.00	26.00	INDEF.	72.55	63.40	11.85
230+500	15.00	8.00	15.00	15.00	INDEF.	78.16	45.63	9.47
231+000	16.00	16.00	17.00	10.00	INDEF.	82.41	42.89	10.65
231+500	6.00	10.00	18.00	25.00	INDEF.	76.42	40.16	16.49
232+000	11.00	9.00	15.00	19.00	INDEF.	78.16	43.12	18.48
232+500	11.00	9.00	13.00	20.00	INDEF.	85.70	42.20	38.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.67</b>	<b>13.13</b>	<b>12.27</b>	<b>15.60</b>		<b>82.13</b>	<b>55.74</b>	<b>30.66</b>
KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
233+000	18.00	11.00	0.00	15.00	INDEF.	0.00	87.42	8.16
233+500	12.00	28.00	0.00	15.00	INDEF.	0.00	83.16	30.00
234+000	12.00	15.00	0.00	19.00	INDEF.	0.00	80.40	19.40
234+500	12.00	33.00	0.00	13.00	INDEF.	0.00	75.43	16.88
235+000	10.00	38.00	0.00	15.00	INDEF.	0.00	80.09	39.90
235+500	12.00	28.00	0.00	15.00	INDEF.	0.00	77.29	15.45
236+000	12.00	30.00	0.00	21.00	INDEF.	0.00	78.63	7.12
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.57</b>	<b>26.14</b>	<b>0.00</b>	<b>16.14</b>			<b>80.35</b>	<b>19.56</b>
KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
236+500	12.00	0.00	15.00	20.00	INDEF.	82.94	30.00	30.00
237+000	6.00	0.00	20.00	20.00	INDEF.	80.40	30.00	30.00
237+500	10.00	12.00	16.00	28.00	INDEF.	81.42	79.94	5.42
238+000	10.00	16.00	20.00	15.00	INDEF.	79.55	77.82	6.50
238+500	8.00	0.00	20.00	20.00	INDEF.	79.46	30.00	30.00
239+000	8.00	0.00	25.00	20.00	INDEF.	78.16	30.00	30.00
239+500	12.00	27.00	10.00	20.00	INDEF.	77.90	58.10	11.10
240+000	13.00	20.00	10.00	15.00	INDEF.	83.16	62.19	11.54
240+500	11.00	0.00	20.00	20.00	INDEF.	78.62	30.00	30.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.00</b>	<b>8.33</b>	<b>17.33</b>	<b>19.78</b>		<b>80.18</b>	<b>47.56</b>	<b>20.51</b>

KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
241+000	12.00	20.00	0.00	20.00	INDEF.	0.00	78.09	69.86
241+500	10.00	10.00	0.00	15.00	INDEF.	0.00	53.74	30.00
242+500	21.00	10.00	0.00	19.00	INDEF.	0.00	51.52	17.60
243+000	10.00	15.00	0.00	25.00	INDEF.	0.00	74.89	20.86
243+500	13.00	17.00	0.00	20.00	INDEF.	0.00	56.49	18.20
244+020	5.00	0.00	20.00	20.00	INDEF.	79.48	50.62	15.60
244+500	12.00	15.00	0.00	30.00	INDEF.	0.00	36.19	19.68
244+980	10.00	10.00	0.00	20.00	INDEF.	0.00	33.63	30.00
245+500	11.00	9.00	0.00	25.00	INDEF.	0.00	25.20	17.74
247+560	8.00	10.00	0.00	23.00	INDEF.	0.00	31.53	29.34
248+060	8.00	8.00	0.00	25.00	INDEF.	0.00	35.20	16.11
248+560	17.00	7.00	0.00	15.00	INDEF.	0.00	26.16	27.49
249+050	11.00	14.00	0.00	20.00	INDEF.	0.00	48.16	14.70
249+560	9.00	10.00	0.00	23.00	INDEF.	0.00	25.87	15.23
250+150	12.00	10.00	0.00	28.00	INDEF.	0.00	46.13	24.10
250+540	12.00	13.00	0.00	20.00	INDEF.	0.00	36.66	91.50
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.31</b>	<b>11.13</b>	<b>1.25</b>	<b>21.75</b>		<b>4.97</b>	<b>44.38</b>	<b>28.63</b>
KM.	Espesores de Calas (Cms.)					VRS %		
	sobrecarpeta + carpeta	BASE ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.	BASE HIDRAULICA	CAPA SUBRASANTE	CUERPO TERRAPLÉN Y/O TERR. NAT.
251+000	12.00	15.00	12.00	10.00	INDEF.	53.16	24.87	16.83
251+520	17.00	8.00	15.00	20.00	INDEF.	48.16	29.33	82.16
252+020	9.00	0.00	15.00	15.00	INDEF.	55.20	21.70	13.16
252+500	9.00	0.00	18.00	20.00	INDEF.	79.49	30.00	30.00
253+000	11.00	14.00	12.00	10.00	INDEF.	58.13	42.87	14.70
253+500	6.00	6.00	16.00	15.00	INDEF.	60.49	53.76	23.50
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.67</b>	<b>7.17</b>	<b>14.67</b>	<b>15.00</b>		<b>59.11</b>	<b>33.76</b>	<b>30.06</b>

Nota: Se consideró asignarle un valor del 30.0% para los estratos que están conformados por fragmentos chicos y gravas (Pedraplén), lo cual está indicado en rojo.

*Estratigrafía y Ensayes de Laboratorio*  
Índice de Serviciabilidad (ISA)

Para evaluar la calidad de la superficie de las carreteras en nuestro país, durante muchos años se ha utilizado el método desarrollado en los años sesentas por la American Association of State Highway Officials (AASHTO), la cual toma en cuenta un parámetro denominado Índice de Servicio Actual (ISA).

Esto ayudó a estimar de una forma rápida y sin interrumpir el flujo de vehículos, las condiciones en las que se encontraban algunos tramos carreteros en México.

El índice o nivel de servicio actual (ISA) consiste en calificar el grado de confort y seguridad que el usuario percibe al transitar por un camino a la velocidad de operación y cuya escala de 0 a 5, corresponde a una superficie intransitable y a una superficie en excelentes condiciones, respectivamente.

Mediante un recorrido al subtramo en estudio se procedió a realizar una evaluación con un grupo de 5 calificadores, a la velocidad de operación en el subtramo en estudio, para determinar el nivel de servicio que proporciona al usuario actualmente.

Zonas homogéneas:

1. - km. 189+000 a km. 191+500 y km. 208+000 – km. 211+000
2. - km. 211+500 a km. 219+000
3. - km. 225+000 a km. 232+500
4. - km. 233+000 a km. 236+000
5. - km. 236+500 a km. 240+500
6. - km. 241+000 a km. 250+540
7. - km. 251+000 a km. 253+500

El Índice de servicio actual obtenido en campo, de cada zona se presenta a continuación:

**KM. 189+000 A KM. 192+000 Y KM. 208+000 A KM. 211+000**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
189+000	190+000	3.5	3.7	3.7	3.8	3.9	<b>3.72</b>
190+000	190+980	3.8	4.0	3.9	4.0	3.9	<b>3.92</b>
190+980	192+000	3.1	3.2	3.0	3.1	3.2	<b>3.12</b>
208+000	209+000	3.6	3.7	3.5	3.7	3.5	<b>3.60</b>
209+000	210+000	3.0	3.2	2.9	3.1	3.1	<b>3.06</b>
210+000	211+200	2.7	2.6	3.0	2.9	2.7	<b>2.78</b>
						<b>PROMEDIO TRAMO</b>	<b>3.37</b>

<b>ISA</b>	<b>Condicion del Camino</b>	
5	MUY BUENO	
4	BUENO	
3	REGULAR	
2	MALO	
1	PESIMO	
0		

Observaciones:  
El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: **Bueno**  
Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.

Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)

**KM. 211+000 A KM. 219+000**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
211+200	212+000	3.3	3.2	3.0	3.1	3.2	<b>3.16</b>
212+000	213+000	3.3	3.2	3.2	3.1	3.2	<b>3.20</b>
213+000	214+000	2.6	2.7	2.9	2.6	2.7	<b>2.70</b>
214+000	215+000	3.1	3.1	3.3	3.1	3.2	<b>3.16</b>
215+000	216+000	2.9	2.8	3.0	2.9	2.9	<b>2.90</b>
216+000	217+000	2.7	2.6	2.7	2.8	2.6	<b>2.68</b>
217+000	218+000	3.1	3.0	3.0	3.2	3.0	<b>3.06</b>
218+000	219+000	2.4	2.5	2.3	2.4	2.5	<b>2.42</b>
						<b>PROMEDIO TRAMO</b>	<b>2.87</b>

<b>ISA</b>	<b>Condicion del Camino</b>	
5	MUY BUENO	
4	BUENO	
3	REGULAR	
2	MALO	
1	PESIMO	
0		

Observaciones:  
El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: **Regular a Bueno**  
Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.

Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)

**KM. 225+000 A KM. 231+200**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
225+000	226+000	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	<b>1.00</b>
226+000	227+000	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0	<b>0.88</b>
227+000	228+000	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	<b>1.42</b>
228+000	229+000	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	<b>1.00</b>
229+000	230+000	1.1	1.2	1.0	1.3	1.3	<b>1.18</b>
230+000	231+200	1.8	1.8	2.0	1.9	1.8	<b>1.86</b>
						<b>PROMEDIO TRAMO</b>	<b>1.22</b>

ISA	Condicion del Camino
5	_____
4	_____
3	_____
2	_____
1	_____
0	_____

Observaciones:  
El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: **Malo**

Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.

Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)

**KM. 231+200 A KM. 236+000**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
231+200	232+000	2.4	2.3	2.5	2.4	2.3	<b>2.38</b>
232+000	233+000	2.4	2.5	2.6	2.5	2.4	<b>2.48</b>
233+000	234+000	2.3	2.5	2.6	2.6	2.5	<b>2.50</b>
234+000	235+000	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	<b>2.40</b>
235+000	236+000	2.6	2.7	2.4	2.7	2.5	<b>2.58</b>
						<b>PROMEDIO TRAMO</b>	<b>2.47</b>

ISA	Condicion del Camino
5	_____
4	_____
3	_____
2	_____
1	_____
0	_____

Observaciones:  
El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: **Regular**

Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.

Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)

**KM. 236+000 A KM. 240+000**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
236+000	237+000	2.8	3.0	2.9	2.8	3.0	<b>2.90</b>
237+000	238+000	2.6	2.7	2.7	2.8	2.7	<b>2.70</b>
238+000	239+000	2.8	2.9	2.7	2.9	2.8	<b>2.82</b>
239+000	240+000	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	<b>2.56</b>
<p><b>ISA</b>      <b>Condicion del Camino</b></p> <p>5      ──── MUY BUENO</p> <p>4      ──── BUENO</p> <p><b>3      ──── REGULAR</b></p> <p>2      ──── MALO</p> <p>1      ──── PESIMO</p> <p>0      ────</p>						<b>PROMEDIO TRAMO</b>	<b>2.75</b>
<p>Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)</p>						<p>Observaciones: El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: <b>Regular</b></p> <p>Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.</p>	

**KM. 240+000 A KM. 250+000**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
240+000	241+000	2.4	2.2	2.3	2.4	2.3	<b>2.32</b>
241+000	242+100	2.5	2.6	2.4	2.5	2.5	<b>2.50</b>
242+100	243+000	2.5	2.6	2.4	2.6	2.7	<b>2.56</b>
243+000	244+000	2.6	2.7	2.5	2.6	2.7	<b>2.62</b>
244+000	245+000	2.7	2.6	2.5	2.6	2.4	<b>2.56</b>
245+000	246+000	2.9	3.0	2.8	3.0	2.8	<b>2.90</b>
247+000	248+000	2.9	2.8	3.0	3.0	3.1	<b>2.96</b>
248+000	248+500	3.0	2.9	3.0	2.8	3.0	<b>2.94</b>
248+500	249+000	2.8	2.8	2.9	2.8	2.7	<b>2.80</b>
249+000	250+000	2.7	2.7	2.9	2.8	2.8	<b>2.78</b>
<p><b>ISA</b>      <b>Condicion del Camino</b></p> <p>5      ──── MUY BUENO</p> <p>4      ──── BUENO</p> <p><b>3      ──── REGULAR</b></p> <p>2      ──── MALO</p> <p>1      ──── PESIMO</p> <p>0      ────</p>						<b>PROMEDIO TRAMO</b>	<b>2.79</b>
<p>Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)</p>						<p>Observaciones: El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: <b>Regular</b></p> <p>Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.</p>	

**KM. 250+000 A KM. 253+600**

CALIFICACIONES I S A							
KILOMETRO		EVALUADOR No.					PROMEDIO
DE	A	1	2	3	4	5	
250+000	251+300	2.7	2.9	2.8	2.7	2.8	<b>2.78</b>
251+300	252+000	2.3	2.2	2.3	2.4	2.4	<b>2.32</b>
252+000	253+000	2.4	2.6	2.5	2.4	2.5	<b>2.48</b>
253+000	253+600	2.4	2.4	2.4	2.5	2.3	<b>2.40</b>

ISA	Condicion del Camino	PROMEDIO TRAMO	2.50
5	MUY BUENO		
4	BUENO		
3	<b>REGULAR</b>		
2	MALO		
1	PESIMO		
0			

Observaciones:  
 El Índice de Servicio Actual (ISA), que presenta este subtramo es considerado como: **Regular**  
 Lo cual se denota en la superficie de rodamiento.

Condición del camino respecto al Índice de Servicio Actual (ISA)

En forma general, el tramo en estudio se encuentra en regulares condiciones, a excepción del tramo ubicado en el km. 225+000 al km. 231+200, el cual presenta daños severos.

*Levantamiento de Deterioros*

La conservación periódica de un pavimento tiene por objeto mejorar las condiciones de servicio de superficies de rodadura, en pavimentos que generalmente presentan uno o varios deterioros tales como un elevado porcentaje de baches, deformaciones longitudinales o roderas, deformaciones transversales u ondulaciones, agrietamiento notable, desprendimiento de partículas, superficie lisa, etc. Generalmente para este tipo de deterioro en la superficie de los pavimentos les corresponde un Índice de Servicio Actual (ISA)  $\leq 3.0$ .

Para conocer la condición actual del tramo en estudio, se efectuará un levantamiento de las condiciones de deterioro, clasificadas según el siguiente Informe de Deterioros. Este levantamiento se hará kilómetro por kilómetro, calificando en cada uno de ellos la severidad que se observe en los tipos de deterioro. Con ello se realizará un diagnóstico del principal problema por corregir, indicando las causas posibles que lo originan.

Cabe mencionar que en ambos carriles de la estructura actual, se observó un daño similar, por lo que el levantamiento de deterioros por kilómetro, considera a ambos.



De acuerdo a lo anterior y zonificando el tramo en estudio se tiene:

Subtramo: km. 189+000 a km. 192+000 y km. 208+000 a km. 211+000

Grado de Severidad: 1.6.- Daños ligeros a Moderados

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Ligeros
Pulimiento de Agregados	Moderados
Desgaste o erosión	Ligera
Superficie Ondulada	Ligera
Roderas	ligeras a Moderadas
Agrietamientos Longitudinales	Ligeros
Agrietamientos por Reflexión	Moderados
Mantenimiento.-	Bueno (Mediante bacheo superficial y riegos de sello aislados)

Subtramo: km. 211+000 a km. 219+000

Grado de Severidad: 2.1.- Daños Moderados

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Moderado
Pulimiento de Agregados	Moderado
Desgaste o erosión	Moderada
Superficie Ondulada	Moderada
Inestabilidad	Moderada
Roderas	Moderadas
Agrietamientos Longitudinales	Moderadas a Severas
Agrietamientos Transversales	Ligeros
Agrietamientos por Reflexión	Moderados
Mantenimiento.-	Regular (Mediante riegos de sello en semiancho de corona aisladamente)

Subtramo: km. 225+500 a km. 232+000

Grado de Severidad: 3.4.- Daños Severos a muy Severos

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Severo
Pulimiento de Agregados	Severo
Desgaste o erosión	Severa
Superficie Ondulada	Severa a muy Severa
Inestabilidad	Moderada a Severa
Roderas	Severas a muy Severas
Agrietamientos Longitudinales	Muy Severos

Agrietamientos Transversales Muy Severos  
Agrietamientos de Mapa Severos a muy Severos  
Agrietamientos Piel de Cocodrilo Severos a muy Severos  
Agrietamientos por Reflexión Moderados a Severos  
Mantenimiento.- Regular a Malo (Mediante calafateo y relleno de grietas de más de 2.00 cms. de espesor, bacheo superficial y de caja, riegos de sello en semiancho de corona aisladamente, comentando que existen baches sin reparar en un 6.0% aproximadamente de la longitud total)

Subtramo: km. 232+000 a km. 236+000  
Grado de Severidad: 2.5.- Moderados a Severos

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Moderados a Severos
Pulimiento de Agregados	Moderados a Severos
Calavereo (Interior y Exterior)	Moderados a Severos
Desgaste o erosión	Moderada
Superficie Ondulada	Moderada a Severa
Rodera	Moderadas a Severas
Agrietamientos Longitudinales	Ligeros a Moderados
Agrietamientos Transversales	Moderados
Agrietamientos de Mapa	Moderados
Agrietamientos Piel de Cocodrilo	Moderados
Agrietamientos por Reflexión	Moderados a Severos
Mantenimiento.-	Regular (Mediante riegos de sello aislados)

Subtramo: km. 236+000 a km. 241+000  
Grado de Severidad: 2.3.- Moderados

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Ligeros a Moderados
Pulimiento de Agregados	Severos
Calavereo (Interior y Exterior)	Moderados a Severos
Desgaste o erosión	Moderada a Severa
Superficie Ondulada	Moderada
Inestabilidad	Moderada
Rodera	Moderadas
Agrietamientos Longitudinales	Moderados
Agrietamientos Transversales	Moderados
Agrietamientos de Mapa	Moderados a Severos
Agrietamientos por Reflexión	Moderados a Severos
Mantenimiento.-	Regular (Mediante bacheos superficiales y riegos de sello aislados)

Subtramo: km. 241+000 a km. 251+000  
Grado de Severidad: 2.2.- Moderados

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Moderados
Exudación de asfalto	Moderado
Pulimiento de Agregados	Moderados
Desgaste o erosión	Moderados a Severos
Superficie Ondulada	Moderada
Roderos	Moderadas a Severas
Agrietamientos Longitudinales	Moderados a Severas
Agrietamientos Transversales	Ligeros a Moderadas
Agrietamientos por Reflexión	Moderados
Baches Reparados	Severos a Moderados
Mantenimiento.-	Regular a malo (Mediante bacheos superficiales y riegos de sello aislados, existiendo baches sin reparar)

Subtramo: km. 251+000 a km. 253+500

Grado de Severidad: 2.5.- Moderados a Severos

Deterioro:	Grado de Severidad
Perdida de agregado grueso y fino	Moderados
Pulimiento de Agregados	Moderados
Desgaste o erosión	Moderada a Severa
Superficie Ondulada	Moderada a Severa
Roderos	Moderadas a Severas
Agrietamientos Longitudinales	Moderados
Agrietamientos por Reflexión	Moderados
Mantenimiento.-	Regular (Mediante riegos de sello aislados)

#### *Causas de deterioros del pavimento*

De acuerdo a las exploraciones realizadas y al tránsito que circula por esta vía, se deduce que la principal causa de los deterioros existentes es, debido a la fatiga de la misma estructura, la cual ya no es acorde con el tránsito actual, requiriendo de una estructura con espesores mayores.

Las capas correspondientes a las terracerías presentan una compactación por debajo de las especificadas.

En los hombros se presentan agrietamientos longitudinales debido a la filtración del agua en los terraplenes, por falta de obras complementarias (bordillos y lavaderos),

lo cual origina asentamientos en las terracerías y por consecuencia falla superficial en la capa de rodamiento.

En general todo el tramo presenta las mismas características de deterioros, por lo que se considera homogéneo en todo el tramo.

Otras causas que generan los deterioros mencionados es debido al proceso constructivo en donde se pueden presentar las siguientes anomalías.

Exudación de asfalto (llorado)

- Exceso de ligante (asfalto) en la dosificación
- Uso de ligante (asfalto) muy blando
- Derrame de solventes

Desgaste de áridos (agregados)

- Uso de áridos (agregados) suaves (p. ej. Calizas) susceptibles al pulimiento

Deformaciones: Por reflexión

- Capacidad estructural del pavimento insuficiente

Agrietamientos: Grietas longitudinales

- Juntas longitudinales de construcción inadecuadamente trabajadas
- Gradiente térmico superior a los 30°C
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros
- Ligantes (asfaltos) envejecidos

Agrietamientos: Grietas transversales

- Juntas transversales de construcción inadecuadamente trabajadas
- Gradiente térmico superior a 30 C
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros
- Reflejo de grietas en bases rígidas (losas de hormigón o bases estabilizadas)

Agrietamientos: Fisuras solas o en retícula (malla)

- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros
- Reflejo de fisuras en bases estabilizadas

Agrietamientos: Piel de cocodrilo (malla cerrada)

- Incompatibilidad de deflexiones con el espesor de la capa de rodadura (carpeta)
- Subdrenaje inadecuado en sitios aislados
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duro.

La severidad se calificara en escala del 1 al 5, de muy ligera a muy severa. Lo cual se presenta en las siguientes tablas:

### Calidad de la Estructura Actual

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, por medio de Carreteras Federales, Pretende realizar la modernización del camino en estudio, mediante el proyecto geométrico de un Camino tipo "A2" el cual tiene como objetivo hacer más eficiente dicha carretera, para dar confort y seguridad a los usuarios, aumentando el desarrollo económico de la región y beneficiando a los poblados y ciudades que circundan el área de estudio.

De acuerdo a los sondeos realizados, así como las características de las distintas capas y calidades de estas, así como al ISA y deterioros, se presentan los siguientes cuadros resumen, en los cuales se mencionan las capas encontradas, así como los valores promedios en cuanto a espesor y calidad de cada una de estas:

SUBTRAMO:	km. 189+000 - km- 191+500 y km. 208+500 - 211+000			km. 211+500 - km. 219+000			km. 225+500 - km. 232+500			km. 233+000 - km. 236+000		
	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %
	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.
CARPETA ASFALTICA	23.17	<b>23.00</b>		14.00	<b>14.00</b>		15.67	<b>15.00</b>		12.57	<b>12.00</b>	
BASE ASFALTICA	0.00			18.06	<b>18.00</b>		13.13	<b>13.00</b>		26.14	<b>26.00</b>	
BASE HIDRAULICA	12.08	<b>12.00</b>	56.82	9.19	<b>9.00</b>	69.37	12.27	<b>12.00</b>	82.13	0.00		
CAPA SUBRASANTE	22.75	<b>23.00</b>	54.03	21.88	<b>22.00</b>	43.31	15.60	<b>15.00</b>	55.74	16.14	<b>16.00</b>	80.35
CUERPO DE TERRAPLEN			45.42			23.12			30.66			19.56

SUBTRAMO:	km. 236+500 - km- 240+500			km. 241+000 - km. 250+540			km. 251+000 - km. 253+500		
	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %	Espesor (cm.)		VRS %
	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.	Prom.	Propuesto	Prom.
CARPETA ASFALTICA	10.00	<b>10.00</b>		11.31	<b>11.00</b>		10.67	<b>10.00</b>	
BASE ASFALTICA	8.33	<b>8.00</b>		11.13	<b>11.00</b>		7.17	<b>7.00</b>	
BASE HIDRAULICA	17.33	<b>17.00</b>	80.18	1.25	<b>0.00</b>	4.97	14.67	<b>14.00</b>	59.11
CAPA SUBRASANTE	19.78	<b>19.00</b>	47.56	21.75	<b>21.00</b>	44.38	15.00	<b>15.00</b>	33.76
CUERPO DE TERRAPLEN			20.51			28.63			30.06

Nota: la obtención de los valores promedio se muestran en las tablas del capítulo 10, Inciso 10.3, del presente estudio.

Deduciendo de estas lo siguiente:

El espesor promedio de la Base Asfáltica es inferior al espesor mínimo, en los subtramos (km. 236+500 – km. 240+500 y km. 251+000 – 253+000)

El espesor promedio de la Base Hidráulica es inferior al espesor mínimo en todo el tramo.

La calidad de la Base Hidráulica, corresponde a una Sub-base hidráulica en todo el tramo.

El espesor promedio de la capa subrasante es inferior al espesor mínimo en todo el tramo, lo cual no representa problema alguno ya que las terracerías subyacentes presentan calidad de subrasante.

Considerando lo anteriormente descrito, se realizara la evaluación de la estructura actual, con el objetivo de proporcionar las recomendaciones necesarias para la rehabilitación de esta, considerando la estructura de diseño en la ampliación.

### **VI.3 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ACTUAL**

#### Datos Técnicos

Para la revisión de la estructura actual, se utilizaran los datos con los que se realizó el diseño de pavimento de la ampliación, para tener una comparativa de la vida útil actual con la de proyecto.

Tipo de Camino: A2

TDPA2013 = 5,000 vehículos (en ambos sentidos)

Tasa de Crecimiento: 4.00 %

Se considera una vida útil de proyecto de 15 años.

Clasificación Vehicular:

TIPO	%		
A =	81.90		
B =	5.00		
C2 =	6.00		81.9
C3 =	2.10	A =	0
T3-S2 =	3.00	B =	5.00
T3-S3 =	1.00	C =	13.1
T3S2R3=	0.80		0
T3-S2-	0.80		
R4=			
TOTAL=	100.0		

Como primer paso, se realizará la evaluación de la estructura actual con los datos aquí mostrados, para posteriormente realizar la comparativa con la estructura de diseño y poder determinar las alternativas de refuerzo, mediante los métodos de la UNAM y AASHTO. Los cuales se muestran a continuación:

### *Evaluación de la estructura UNAM*

Para revisar el pavimento actual se utilizó el Método de Instituto de Ingeniería de la UNAM: en donde se utilizarán las calidades de los materiales que forman actualmente la estructura actual.

Aplicando los datos de tránsito mencionados en el Inciso anterior, así como los valores de calidad de los materiales de los bancos de préstamo y de las terracerías de sustentación actual, se procede a determinar la estructura de diseño mediante el Programa DISPAV-5, Versión 2.0, considerando además los siguientes parámetros de diseño:

Camino Tipo:	“A2”
Consideración del camino:	Altas Especificaciones
Porcentaje de Camiones pesados:	80%
Nivel de Confianza:	90%

El tránsito de proyecto obtenido, en millones de ejes estándar, es:

- (a) Por fatiga en las capas estabilizadas: 11.5
- (b) Por deformación en capas no estabilizadas: 16.2

Considerando estos valores para su revisión, ya que son sobre los que está trabajando el camino en estudio, se obtendrá el tránsito de proyecto en millones de ejes estándar que soporta actualmente, dicha estructura de pavimento, lo cual se comparara con el transito requerido del Proyecto de ampliación. Determinando con esto la vida útil que le queda.

### *Revisión estructural*

Conforme a lo anterior se revisaran las estructuras existentes de cada zona homogénea, obteniendo la vida remanente, conforme a los espesores y calidad que presenta cada una de estas.

**SUBTRAMO: KM. 189+000 A KM. 191+500 Y KM. 208+500-211+000**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	23.00		18,000	0.35	1.77		11.80
Subbase Hidráulica	12.00	56.82	2,198	0.45	1.00	7.00	
Subrasante	23.00	54.03	2,122	0.45	1.00	9.40	
Terracerías	Semi-inf.	45.42	1,879	0.45		>150	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
	<b>Deformación:</b>	7.00	Menor a Vida de Proyecto		<b>16.20</b>		
	<b>Fatiga:</b>	11.80			<b>11.50</b>		

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación es inferior a la de proyecto, concluyéndose inmediatamente que la estructura ya llegó al final de su vida útil, denotándose el requerimiento de un refuerzo estructural.

**SUBTRAMO: KM. 211+000 A KM. 219+000**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	14.00		18,000	0.35	1.77		>150
Base Asfáltica	18.00		15,000	0.35	1.66		54.80
Subbase Hidráulica	9.00	69.37	2,528	0.45	1.00	138.20	
Subrasante	22.00	43.31	1,818	0.45	1.00	68.50	
Terracerías	Semi-inf.	23.12	1,171	0.45		>150	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
	<b>Deformación:</b>	68.50			<b>16.20</b>		
	<b>Fatiga:</b>	54.80			<b>11.50</b>		

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación y por fatiga son mayores que las de proyecto, lo cual es debido a espesor robusto de las capas asfálticas, sin embargo la superficie de rodamiento, presenta diferentes grados de severidad visibles en la superficie, lo cual nos da un indicativo de que dicha capa presenta una remanencia cercana a los 3 años.



**SUBTRAMO: KM. 225+500 A KM. 232+500**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	15.00		18,000	0.35	1.77		>150
Base Asfáltica	13.00		15,000	0.35	1.66		34.40
Subbase Hidráulica	12.00	82.13	2,845	0.45	1.00	37.40	
Subrasante	15.00	55.74	2,169	0.45	1.00	37.40	
Terracerías	Semi-inf.	30.66	1,427	0.45		>150	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
<b>Deformación:</b>		37.40		16.20			
<b>Fatiga:</b>		34.40		11.50			

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación y por fatiga son mayores que las de proyecto, lo cual es debido a espesor robusto de las capas asfálticas, sin embargo la superficie de rodamiento, presenta diferentes grados de severidad visibles en la superficie, lo cual nos da un indicativo de que dicha capa presenta una remanencia cercana a los 2 años.

**SUBTRAMO: KM. 233+000 A KM. 236+000**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	12.00		18,000	0.35	1.77		>150
Base Asfáltica	26.00		15,000	0.35	1.66		>150
Subrasante	16.00	80.35		0.45	1.00	77.70	
Terracerías	Semi-inf.	19.56		0.45		>150	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
<b>Deformación:</b>		77.70		16.20			
<b>Fatiga:</b>		>150		11.50			

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación y por fatiga son mayores que las de proyecto, lo cual es debido a espesor robusto de las capas asfálticas, sin embargo la superficie de rodamiento, presenta diferentes grados de severidad visibles en la superficie, lo cual nos da un indicativo de que dicha capa presenta una remanencia cercana a los 4 años.

**SUBTRAMO: KM. 236+500 A KM. 240+500**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	10.00		18,000	0.35	1.77		>150
Base Asfáltica	8.00		15,000	0.35	1.66		3.40
Subbase Hidráulica	17.00	80.18	2,798	0.45	1.00	0.60	
Subrasante	19.00	47.56	1,941	0.45	1.00	3.60	
Terracerías	Semi-inf.	20.51	1,077	0.45		117.80	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
	<b>Deformación:</b>	0.60		Menor a Vida de Proyecto		<b>16.20</b>	
	<b>Fatiga:</b>	3.40				<b>11.50</b>	

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación y por fatiga son inferiores que las de proyecto, lo cual se corrobora con los diferentes grados de severidad visibles en la superficie de rodamiento actual, la cual ya llego a su etapa final, denotándose el requerimiento de refuerzo estructural.

**SUBTRAMO: KM. 241+000 A KM. 250+540**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	11.00		18,000	0.35	1.77		>150
Base Asfáltica	11.00		15,000	0.35	1.66		4.10
Subrasante	21.00	44.38	1,849	0.45	1.00	0.30	
Terracerías	Semi-inf.	28.63	1,361	0.45		29.30	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
	<b>Deformación:</b>	0.30		Menor a Vida de Proyecto		<b>16.20</b>	
	<b>Fatiga:</b>	4.10				<b>11.50</b>	

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación y por fatiga son inferiores que las de proyecto, lo cual se corrobora con los diferentes grados de severidad visibles en la superficie de rodamiento actual, la cual ya llego a su etapa final, denotándose el requerimiento de refuerzo estructural.

**SUBTRAMO: KM. 251+000 A KM. 253+500**

Capa	Esp. (Cms.)	VRSz %	Mod. Rigidez E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Poisson V	Coef. Equivalencia	Vida Previsible	
						Deform.	Fatiga
Carpeta	10.00		18,000	0.35	1.77		>150
Base Asfáltica	7.00		15,000	0.35	1.66		1.60
Subbase Hidráulica	14.00	59.11	2,260	0.45	1.00	0.40	
Subrasante	15.00	33.76	1,527	0.45	1.00	1.30	
Terracerías	Semi-inf.	30.06	1,408	0.45		27.20	
		<b>Vida Previsible</b>		<b>Vida de Proyecto 15 Años</b>			
<b>Deformación:</b>		0.40	Menor a Vida de Proyecto		<b>16.20</b>		
<b>Fatiga:</b>		1.60			<b>11.50</b>		

En este subtramo, la vida de las capas verificadas por deformación y por fatiga son inferiores que las de proyecto, lo cual se corrobora con los diferentes grados de severidad visibles en la superficie de rodamiento actual, la cual ya llevo a su etapa final, denotándose el requerimiento de refuerzo estructural.

Para obtener el refuerzo requerido en cada subtramo, es necesario obtener el espesor en grava equivalente de la estructura de diseño:

**ESTRUCTURA DE DISEÑO (DISPAV 5, Ver. 2.0)**

Capa de Diseño	Factor Equivalente	Espesores a 15 años	
		Diseño	Grava Equiv.
Carpeta Asfáltica	2.00	6.00	12.00
Base Asfáltica	1.80	12.00	21.60
Base hidráulica	1.00	20.00	20.00
<b>Espesor G.E. Diseño =</b>			<b>53.60</b>

Así mismo, se obtienen los espesores en grava equivalente de las estructuras actuales de cada zona homogénea, realizando la comparativa de las estructuras actuales y la de diseño, se obtiene el espesor de refuerzo requerido en grava equivalente de la capa de Revestimiento, lo cual se resume en la siguiente tabla:

**ZONAS HOMOGENEAS**

CAPA EXISTENTE	ESPESOR EN GRAVA EQUIVALENTE						
	1	2	3	4	5	6	7
	km. 189+000 - km-191+500 y km. 208+500 - 211+000	km. 211+500 - km. 219+000	km. 225+500 - km. 232+500	km. 233+000 - km. 236+000	km. 236+500 - km- 240+500	km. 241+000 - km. 250+540	km. 251+000 - km. 253+500
Carpeta Asfáltica	34.50	19.60	18.00	16.80	14.00	15.40	14.00
Base Asfáltica	0.00	19.80	13.00	28.60	8.80	12.10	7.70
Base hidráulica	10.80	8.10	10.80	0.00	15.30	0.00	12.60
Espeor G.E. Actual =	45.30	47.50	41.80	45.40	38.10	27.50	34.30
<b>Refuerzo Requerido G.E.=</b>	<b>8.30</b>	<b>6.10</b>	<b>11.80</b>	<b>8.20</b>	<b>15.50</b>	<b>26.10</b>	<b>19.30</b>

Dichos refuerzos requeridos en la estructura actual de cada subtramo, garantizan la vida útil de diseño, así como la demanda de uso por el tránsito de proyecto.

*Evaluación de la estructura AASHTO*

Para la Revisión de los subtramos en estudio se procederá a utilizar el método AASHTO, realizando el cálculo del numero estructural actual (SN) para cada subtramo en estudio.

Material	Condición de Superficie	Coefficiente	
Concreto Asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de severidad baja	0,35-0,40	
	<10% de piel de cocodrilo de severidad baja y/o <5% de fisuras transversales de severidad media y alta	0,25-0,35	
	>10% de piel de cocodrilo de severidad baja y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o	0,20-0,30	
	5-10% de fisuras transversales de severidad media y alta >10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o	0,14-0,20	
	<10% de piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad media y alta	0,20-0,35	
	>10% de piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad alta	0,20-0,35	
	Base Estabilizada	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de severidad baja	0,20-0,35
		<10% de piel de cocodrilo de severidad baja y/o <5% de fisuras transversales de severidad media y alta	0,15-0,25
>10% de piel de cocodrilo de severidad baja y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o		0,15-0,20	
5-10% de fisuras transversales de severidad media y alta >10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o		0,10-0,20	
<10% de piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad media y alta		0,10-0,20	
>10% de piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad alta		0,08-0,15	
Base o Sub-base Granular		Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0,10-0,14
		Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos	0,00-0,10

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

El Numero Estructural de diseño en la ampliación, es un dato indispensable para la revisión, ya que este es un parámetro de comparativa para obtener los espesores de refuerzo requeridos por este método.

Igual que el método anterior, es necesario obtener el Numero Estructural Actual de cada zona homogénea, aplicando factores de equivalencia de daño para cada capa de acuerdo a la calidad observada en estos.

SN Diseño en la ampliación: 3.58 (Ver.- Tomo 1, Capítulo 6, Inciso 6.4)

La expresión para obtener el refuerzo en la estructura del pavimento y que se define en el Manual AASHTO es:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

En donde:

$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de la capa (Carpeta, Base, Sub-base)

$D_1, D_2$  = Espesor capa actual (Carpeta, Base, Sub-base)

$m_2, m_3$  = factor de corrección por drenaje (Base, Sub-base)

Realizando la comparativa con el SN de diseño, se obtiene el espesor de refuerzo requerido en grava equivalente de la capa de Revestimiento, lo cual se resume en la siguiente tabla:

#### ZONAS HOMOGENEAS

CAPAS		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
		km. 189+000 - km-191+500 y km. 208+500 - 211+000	km. 211+500 - km. 219+000	km. 225+500 - km. 232+500	km. 233+000 - km. 236+000	km. 236+500 - km-240+500	km. 241+000 - km. 250+540	km. 251+000 - km. 253+500
CARPETA	D1=	2.90	1.65	1.48	1.42	1.18	1.30	1.18
BASE ASFÁLTICA	D2=	0.00	1.42	1.02	2.05	0.63	0.87	0.55
BASE HIDRÁULICA	D3=	0.38	0.28	0.38	0.00	0.54	0.00	0.44
<b>SN ACTUAL =</b>		3.28	3.35	2.88	3.47	2.35	2.17	2.17
<b>SN DE DISEÑO =</b>		<b>3.58</b>						
<b>ESPESOR REQUERIDO G.E. =</b>		<b>3.63</b>	<b>2.78</b>	<b>8.47</b>	<b>1.33</b>	<b>14.88</b>	<b>17.05</b>	<b>17.05</b>

#### Resumen de Espesores de Refuerzo

Realizando la comparativa de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se recomienda tomar los valores más desfavorables, para proporcionar las alternativas de rehabilitación más factibles del subtramo en estudio, procediendo a determinar el espesor de grava equivalente requerida para el refuerzo y posteriormente, determinar las estructuras factibles de acuerdo a la necesidad promedio obtenida.

METODO	ESPESOR REQUERIDO EN GRAVA EQUIVALENTE						
	1 km. 189+000 - km-191+500 y km. 208+500 - 211+000	2 km. 211+500 - km. 219+000	3 km. 225+500 - km. 232+500	4 km. 233+000 - km. 236+000	5 km. 236+500 - km-240+500	6 km. 241+000 - km. 250+540	7 km. 251+000 - km. 253+500
UNAM	8.30	6.10	11.80	8.20	15.50	26.10	19.30
ASSTHO	3.63	2.78	8.47	1.33	14.88	17.05	17.05
<b>CRITICO</b>	<b>8.30</b>	<b>6.10</b>	<b>11.80</b>	<b>8.20</b>	<b>15.50</b>	<b>26.10</b>	<b>19.30</b>

De acuerdo a los refuerzos reportados y la similitud entre estos, se propone la siguiente alternativa envolvente para todo el tramo:

#### VI.4 ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN.

Tomando en cuenta los datos obtenidos, se propondrán las soluciones de LIGA factibles entre la estructura actual y la zona de ampliación, considerando mejorar el alineamiento longitudinal y transversal de la sección actual, así como el funcionamiento hidráulico.

Conjuntamente con dichos tratamientos se debe considerar la protección de las zonas laterales (Principalmente Terraplenes) ya que debido a los cambios volumétricos del terreno natural por causas erosivas y asentamientos, generan fallas e inestabilidad del camino.

Con el fin de aprovechar los materiales existentes así como el de construir una superficie homogénea en toda la longitud del tramo, se proponen las siguientes alternativas de rehabilitación:

PROPUESTAS DE ESPESORES REQUERIDOS PARA EL REFUERZO DEL PAVIMENTO PARA UN PERIODO DE 15 AÑOS	
SUBTRAMOS	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN 1
Km. 189+000 a 253+500 km.	<p>Se procederá al rallado enérgico de la carpeta actual en un espesor promedio de 2.0 cm., conforme lo establecido en la norma N.CSV.CAR.3.02.006/10, depositando el producto del mismo en la zona de tiro y/o almacén respectivo, debiendo considerar el bacheo superficial y/o profundo en donde lo indique la Secretaría.</p> <p>Posteriormente con material del banco indicado para este fin, se procederá a formar una capa de 12.0 cm, de base asfáltica con cemento asfáltico AC-20, cuya mezcla deberá cumplir con la norma respectiva N.CSV.CAR.4.02.005/03.</p> <p>Y Finalmente colocar una carpeta de 6.00 cm, de concreto asfáltico, cumpliendo la norma N.CSV.CAR.3.02.005/10, en todo el ancho de la corona actual.</p>

## **RECOMENDACIONES GENERALES**

1. Para llevar a cabo la construcción de cualquiera de las alternativas se deberá trabajar por tramos, desviando el tránsito por rutas alternas, y donde es conveniente realizar un programa de señalización por anticipado.
2. Para lograr eficientemente el grado de compactación especificado, previamente a la construcción de las capas subsecuentes se deberán efectuar tramos de prueba, con el objetivo de verificar el espesor, la humedad y el número de pasadas que se requiere con el equipo disponible en el sitio.
3. Cuando los materiales por compactar se encuentren con un contenido superior al óptimo, se deberá orear previamente, extendiéndoles y removiéndolos las veces necesarias con la motoconformadora.
4. Se recomienda remover la vegetación existente y cambiarla por otras menos nocivas para las vialidades. como pueden ser siembra de plantas perennes de bajo consumo de agua (helechos, margaritas, azaleas).

Es importante señalar que todo pavimento requiere de un programa de pavimento preventivo para poder garantizar su vida útil permisible.

Por ultimo podemos concluir que el proceso constructivo más conveniente para su repavimentación es el pavimento flexible.

## **CONCLUSION**

El Desarrollo de Caso Práctico expuesto, ha sido con la finalidad de apoyar a futuras generaciones de compañeros interesados en proponer nuevas y mejores alternativas de mejoramiento a tramos carreteros en los que esté involucrada una problemática de vialidad

Para finalizar podemos decir que la construcción de carreteras debe enfocarse no como una inversión con fines de generación de empleos, más bien debe concebirse como una estrategia de inversión a largo plazo, incluidas las estrategias de mejoramiento y conservación, como parte de la infraestructura de un país, con la finalidad de promover la competitividad económica de este último.



## **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ Programa de Construcción y Modernización de Carreteras Federales. Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), México D.F 2001
- ✓ Instituto Mexicano del Transporte, Secretaria de Comunicaciones y Transportes 1998, PAVIMENTOS FLEXIBLES, PROBLEMATICAS, METODOLOGIA DE DISEÑO Y TENDENCIAS. (ISSN 0188 7297) publicación técnica, No. 104, Sanfandila, Qro, México. 108 -147 pp

## **CIBERGRAFIA**

- ✓ <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf>
- ✓ [https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos\\_ferro/manual/DG-2001.pdf](https://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001.pdf)
- ✓ [http://www.imt.mx/images/files/SPC/Convocatorias/Formatos/Bibliografia/manual\\_de\\_proyecto\\_geometrico\\_SCT.pdf](http://www.imt.mx/images/files/SPC/Convocatorias/Formatos/Bibliografia/manual_de_proyecto_geometrico_SCT.pdf)