



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTA DE INGENIERÍA

MODERNIZACIÓN DE PAVIMENTO DEL LIBRAMIENTO NORTE DE  
TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL PRESENTA:

JONATHAN RUBÉN GALICIA TAPIA

DIRECTOR DE TESIS: MANUEL ZÁRATE AQUINO

CIUDAD UNIVERSITARIA  
Cd.Mx.

ABRIL DE 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## Índice

Resumen.....	v
Capítulo 1.-Introducción .....	1
1.1.-Antecedentes y generalidades.....	1
1.2.-Características geográficas de la región.....	4
1.3.-Descripción de la zona donde se desarrolla el proyecto .....	8
1.4.-Estudios efectuados .....	10
1.5.-Croquis de localización.....	10
Capítulo 2.-Estudio geotécnico .....	12
2.1.-Ejecución de PCA en el pavimento y ensayos realizados a los materiales de las muestras obtenidas.....	12
2.2.-Estudio de bancos de materiales para terracerías.....	17
2.2.1.-Localización de bancos.....	17
2.2.2.-Exploración y muestreo de bancos .....	17
2.3.-Estudio de bancos de materiales para pavimento.....	21
2.3.1.-Localización de bancos.....	21
2.3.2.-Exploración y muestreo de bancos .....	22
2.3.3.-Diferentes tipos de tratamientos que se le pueden dar a los materiales utilizados para pavimento .....	22
2.3.4.-Ensayes de laboratorio.....	24
Capítulo 3.-Evaluación de pavimento actual.....	30
3.1.-Evaluación superficial .....	30
3.1.1.-Índice de serviciabilidad.....	30
3.1.2.-Levantamiento de deterioros .....	32
3.2.-Evaluación estructural .....	41
3.2.1.-Medición de desplazamientos verticales con equipo HWD (Heavy Weight Deflectometer) .....	41
3.2.2.-Módulos de elasticidad del pavimento.....	47
Capítulo 4.-Análisis de tránsito .....	50
4.1.-Estaciones de aforo.....	50

4.2.-Volumen de tránsito .....	50
4.3.-Composición vehicular .....	51
4.4.-Tasa de incremento anual.....	52
Capítulo 5.-Diseño de pavimento.....	53
5.1.-Diseño de pavimento flexible mediante programa de cómputo.....	53
5.1.1.-Metodología AASHTO (WINPAS 12).....	53
5.1.2.-Metodología del Instituto de Ingeniería (UNAM-DISPAV 5).....	58
5.2.-Diseño de pavimento rígido mediante programa de cómputo .....	66
5.2.1.-Metodología AASHTO (WINPAS 12).....	66
Capítulo 6.-Análisis de resultados .....	70
6.1.-Comparación de ambos tipos de pavimento .....	70
6.2.-Sección estructural definitiva .....	72
6.3.-Trabajos por ejecutar y especificaciones particulares .....	74
6.5.-Catálogo de conceptos, volúmenes y costos estimados.....	107
Capítulo 7.-Proyectos complementarios.....	108
7.1.-Información sobre Proyecto geométrico .....	108
7.1.1.-Estándar de proyecto .....	108
7.1.2.-Control de acceso.....	108
7.1.3.-Clasificación de las carreteras.....	108
7.1.4.-Tipo de terreno .....	109
7.1.5.-Velocidad de proyecto .....	110
7.1.6.-Confiabilidad .....	110
7.1.7.-Vehículos de proyecto .....	110
7.1.8.-Distancias de visibilidad .....	111
7.1.8.1.-De parada.....	111
7.1.8.2.-De rebase .....	111
7.1.8.3.-En curvas horizontales .....	112
7.1.8.4.-En curvas verticales.....	112
7.1.8.5.-De encuentro .....	112
7.1.8.6.-De decisión.....	113
7.1.8.7.-En intersecciones a nivel.....	113
7.1.9.-Alineamiento horizontal .....	114

7.1.10.-Alineamiento vertical .....	114
7.1.10.1.-Pendientes .....	114
7.1.10.2.-Rampas de escape para camiones .....	114
7.1.11.-Combinación de los alineamientos horizontal y vertical .....	114
7.1.12.-Sección transversal .....	115
7.2.-Información sobre Proyecto de señalamiento .....	116
7.2.1.-Señalamiento horizontal .....	117
7.2.2.-Señalamiento vertical .....	118
7.3.- Información sobre Proyecto de obras de drenaje .....	119
7.3.1.-Sistemas de drenaje .....	121
7.3.1.1.-Drenaje superficial .....	121
7.3.1.2.-Subdrenaje .....	121
7.3.1.3.-Drenaje longitudinal .....	122
7.3.2.-Elementos de canalización .....	122
7.3.2.1.-Cuneta .....	122
7.3.2.2.-Contracuneta .....	123
7.3.2.3.-Pendiente transversal del camino .....	124
7.3.2.4.-Bordillos .....	124
7.3.2.5.-Lavaderos .....	125
7.3.3.-Elementos de evacuación .....	125
7.3.3.1.-Drenaje transversal .....	126
7.3.3.2.-Alcantarillas .....	127
7.3.3.3.-Vados .....	128
Capítulo 8.-Conclusiones .....	129
8.1.-Conclusiones y recomendaciones .....	129
Bibliografía .....	131

## Resumen

En este trabajo se ha querido plasmar, paso a paso, los trabajos más importantes que son necesarios para la modernización de un pavimento de acuerdo a las especificaciones y normas que marca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de nuestro país, para adaptarlo a las necesidades de un esquema de tránsito moderno, más complejo y exigente. Para hacer este trabajo mucho más entendible e ilustrativo al lector, se toma como ejemplo la modernización del pavimento del libramiento norte de Tuxtla Gutiérrez, en el estado de Chiapas.

En el capítulo número uno se describe una breve introducción del lugar en donde se desarrolla dicho proyecto, mencionando algunas características geográficas importantes de la región; así como el croquis de localización para un mejor entendimiento del sitio.

En el capítulo número dos se abordan los trabajos más importantes y las características importantes de cada uno que constituyen al estudio geotécnico, como la exploración del suelo mediante los pozos a cielo abierto (PCA), el estudio de bancos de materiales para las capas de las terracerías y el estudio de bancos de materiales para las capas que conforman al pavimento.

En el capítulo número tres se habla sobre la evaluación actual del pavimento o, mejor dicho, en las condiciones en las que se encuentra actualmente dicho pavimento a modernizar. Esta evaluación se divide en dos partes, la primera es la evaluación superficial, que se apoya a su vez de los trabajos de levantamiento de deterioros y del índice de serviciabilidad actual; y la segunda que es la evaluación estructural, apoyada en los trabajos de medición de los desplazamientos verticales con el equipo HWD y en la obtención de los módulos de elasticidad de las diferentes capas del pavimento.

En el capítulo número cuatro se aborda el tema de análisis de tránsito, ya que éste es fundamental para el diseño de pavimento. Se presenta la tasa de crecimiento anual, el volumen de tránsito y la composición vehicular a utilizar para la modernización del pavimento.

En el capítulo número cinco se aborda el tema del diseño de pavimento mediante los programas de cómputo más conocidos y comúnmente utilizados en nuestro país. Estos métodos corresponden, para el diseño de pavimento flexibles, al método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV-5) y al método de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), mientras que para el diseño de pavimento rígido también se ha utilizado el método de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el método de PCA (Portland Cement Association).

En el capítulo número seis se habla sobre el análisis de los resultados obtenidos, se hace una pequeña comparativa de las ventajas y desventajas del uso de un pavimento de tipo flexible o rígido, se adopta la sección estructural conveniente y sobre ella se trabajan las especificaciones particulares, trabajos por ejecutar y un catálogo de conceptos para tener una idea del costo de construcción.

En el capítulo número siete se habla sobre los puntos más importantes de los proyectos que complementan a un proyecto de pavimento; en este trabajo se están incluyendo, por cuestiones de relevancia, los siguientes:

- Proyecto geométrico
- Proyecto de señalamiento
- Proyecto de obras de drenaje.

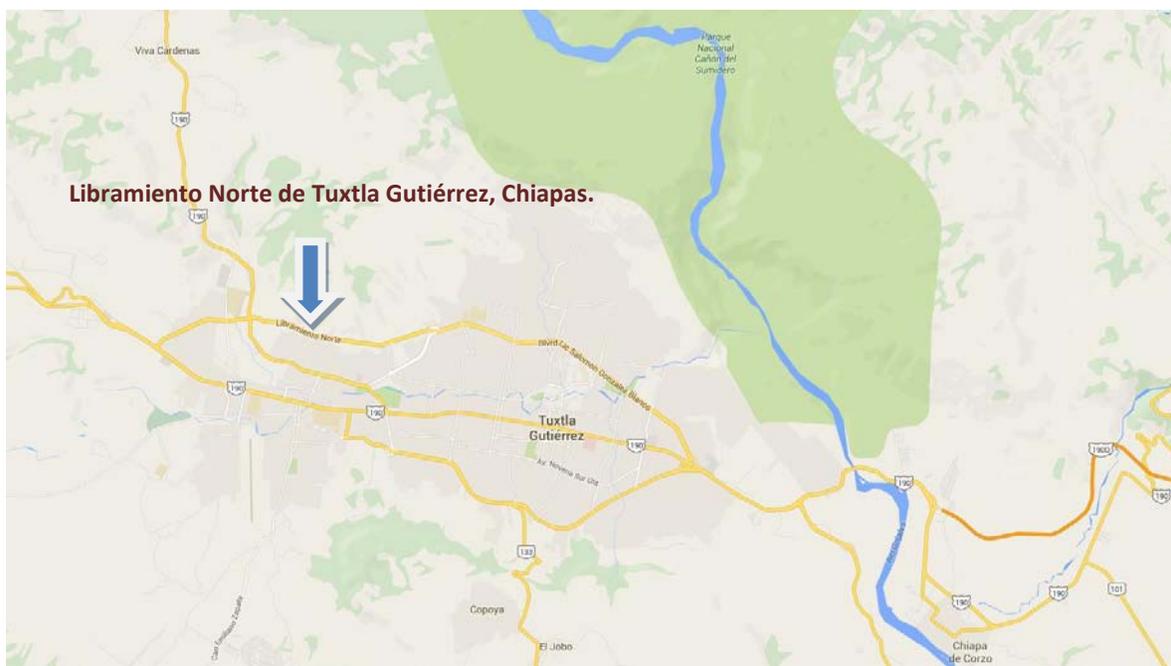
En el capítulo número ocho se plasman las conclusiones y recomendaciones que debe tomar en cuenta el proyectista para ejecutar un buen proyecto de modernización de un pavimento, siguiendo las indicaciones más importantes que marca la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de nuestro país.

## Capítulo 1.-Introducción

### 1.1.-Antecedentes y generalidades

El Libramiento Norte se encuentra en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; se localiza en las coordenadas geográficas de 16°45'14.5''N y 93°06'56.5''W, asentada en un valle fluvial modelado por el Río Sabinal y sus afluentes, delimitado:

- Al Norte por la Meseta de las Ánimas y el municipio de San Fernando y Usumacinta
- Al Sur con la Meseta de Copoya y el municipio de Suchiapa
- Al Este con Chiapa de Corzo
- Al Oeste con Ocozocoautla de Espinosa y Berriozábal



*Figura 1.1.1.-Ubicación del Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez.*

Tuxtla Gutiérrez cuenta con alrededor de 503,320 habitantes y es uno de los principales municipios que aportan un alto porcentaje a la producción de nuestro país; por lo que el libramiento norte y sur son de vital importancia para el desarrollo económico tanto de nuestro país como del mismo estado de Chiapas.

En cuanto al marco geológico, los límites Norte y Sur se conforman litológicamente por calizas de diferente edad. Actualmente el Libramiento Norte cumple una función vital en la afluencia vehicular de la ciudad, pues las calles centrales tienen un ancho de calzada reducido, además parte de ellas se usa como estacionamiento y el número de vehículos supera la capacidad de las mismas. El Libramiento Sur es utilizado como una avenida periférica de la ciudad y conecta la ciudad desde la

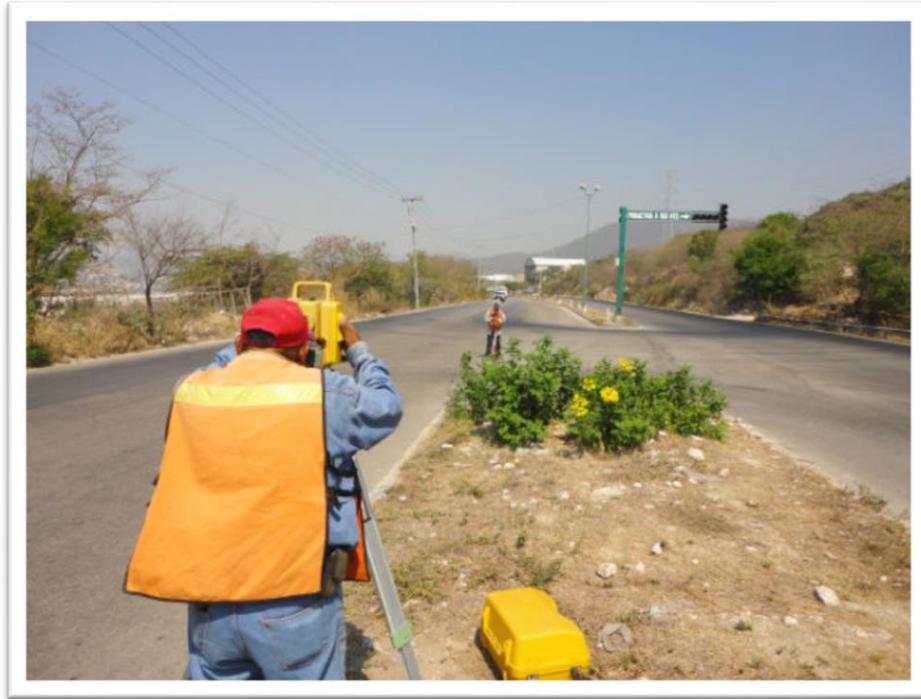
zona poniente en el entronque con la avenida principal Belisario Domínguez en la zona del parque deportivo Caña Hueca, hasta el oriente de la ciudad en el entronque con el Libramiento Norte y la carretera a San Cristóbal de las Casas y en el km 5 de dicho Libramiento entronca la carretera a la ciudad de Suchiapa, teniendo en todo momento avenidas que lo conectan con la parte central de la ciudad.

El Libramiento Norte cuenta con una configuración de dos cuerpos con tres carriles de circulación por sentido separados por un camellón, y principalmente le da continuidad a la autopista “Las Choapas – Ocozocuatla” y la carretera federal No. 190 desde el entronque en la glorieta conocida como “La Carreta” en el poniente de la ciudad, hasta el entronque con la carretera a San Cristóbal y el Libramiento Sur; y en el km 2.5 entronca con la carretera que va a la ciudad de San Fernando y a la cortina de la presa Chicoasén. El tránsito vehicular está compuesto en mayor proporción por vehículos pesados constituido principalmente por: camiones, autobuses, tracto camiones de uno y dos remolques y en menor proporción automóviles compactos. Los vehículos pesados son lo que más tienen impacto en el daño del pavimento pues muchas veces sobrepasan el límite de peso reglamentado.

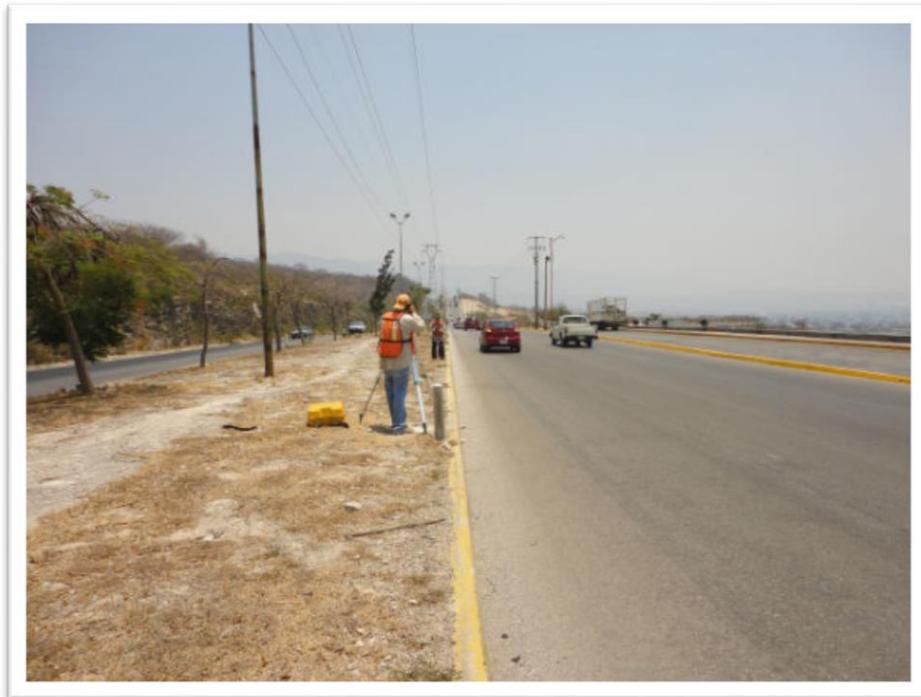
Actualmente cuenta con un pavimento de tipo flexible que se encuentra bastante deteriorado en algunos tramos lo que provoca cierta irregularidad y poca seguridad a la hora de transitar por él, por lo que es de gran importancia dicha modernización para el buen funcionamiento y seguridad de los usuarios, debido a la trascendencia que tiene en la infraestructura para el transporte terrestre de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, evitando el paso de vehículos de largo itinerario por esa Ciudad. Hasta el momento, el libramiento se encuentra aún alejado de la zona urbana, lo cual favorece la circulación de vehículos de largo itinerario.



*Fotografía 1.1.1.- Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez. Vista hacia adelante km 1+100.*



*Fotografía 1.1.2.- Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez. Vista hacia atrás km 3+700.*



*Fotografía 1.1.3.- Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez. Vista hacia adelante km 6+000.*

## 1.2.-Características geográficas de la región

### Morfología

El estado de Chiapas se encuentra al suroeste de la República Mexicana formando parte del Istmo de Tehuantepec que es la zona considerada como la más estrecha porción terrestre que divide el Océano Pacífico y el Golfo de México.

Tuxtla Gutiérrez está ubicado al noroeste del Valle Central de Chiapas, el cual comienza en la frontera con el municipio conurbado de Berriozábal y avanza hasta las riberas del Río Grande.

Geomorfológicamente se ubica dentro de la depresión central, presentando un área de flancos de estructuras anticlinales y sinclinales, destacando al sur el Sinclinal Copoya, al noreste con el Anticlinal El sumidero y al noroeste con el Anticlinal Turipache. (Ver figura 1.2.1.).

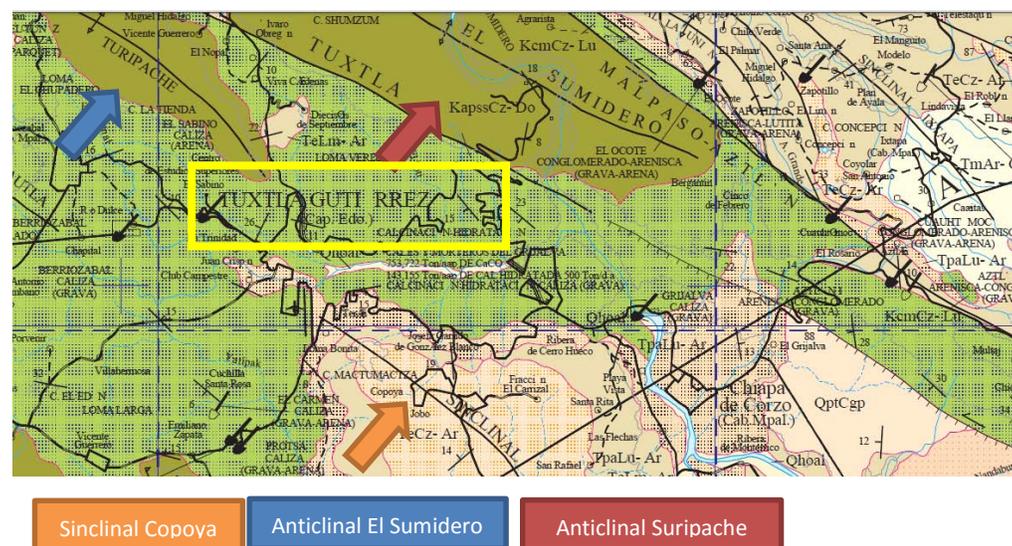


Figura 1.2.1.- Geomorfología en Tuxtla Gutiérrez (Fuente: carta geológica-minera Tuxtla Gutiérrez E15-11, INEGI)

### Hidrología

En esta región se encuentra la cuenca Cañón del Sumidero, entre las coordenadas extremas 15°56'55" a 16°57'26" de Latitud Norte y 92°30'44" a 93°44'35" de Longitud Oeste. La Cuenca cubre parcialmente los municipios de Berriozábal, Chiapa de Corzo, Suchiapa y Tuxtla Gutiérrez, así como a otros municipios ya pertenecientes a otras regiones, II Valles Zoque y IV De Los Llanos (tabla 1.2.1).

Si se considera como inicio la presa Belisario Domínguez y como punto de salida la Presa Chicoasén, comprende una superficie de aporte directo al Cañón del Sumidero de 6,700.21 Km<sup>2</sup>; en ella se encuentran inmersas 2,665 localidades y 2,265 núcleos agrarios, ocupando una superficie de 2,687 Km<sup>2</sup> (40% de la superficie total de la cuenca).

Resultado de la permeabilidad del suelo y rocas, la cantidad de precipitación y pendiente del terreno en la región presenta un coeficiente de escurrimiento mayor al 30%, indicativo de la gran aportación de la región al sistema hídrico estatal.

Cuenca Cañón del Sumidero		
Municipio	Km <sup>2</sup>	%
Berriozábal	138	33.91
Ocozacoautla de Espinosa	17.69	4.35
San Fernando	102.34	25.14
Tuxtla Gutiérrez	148.98	36.60
<b>Total</b>	<b>407</b>	<b>100</b>

*Tabla 1.2.1.- Municipios que integran la Cuenca del Cañón del Sumidero.*

La cuenca del Río Sabinal se ubica en la región hidrológica 30, la más grande en Chiapas cubriendo el 85.53% de la superficie estatal siendo así la más importante. Está ubicada dentro de la Región denominada Grijalva-Usumacinta, en la cuenca administrativa Grijalva-Tuxtla Gutiérrez.

La cuenca del Río Sabinal está integrada por 14 ríos: 24 de junio, Arroyos centro sur, Cerro Hueco, Chacona, el Potinaspák, Patria Nueva, Poc, Pomarrosa, San Agustín, San Francisco, San José el Arenal, San Roque, Santa Ana, Berriozábal y Totoposte. Actualmente, dentro de la cuenca se localizan tres manchas urbanas importantes: San Fernando (0.99 km<sup>2</sup>), Berriozábal (2.32 km<sup>2</sup>) y Tuxtla Gutiérrez (78.08 km<sup>2</sup>).

También se presenta la cuenca del Río Usumacinta, que se localiza al Noreste de la entidad, donde la corriente delimita el estado hacia Tabasco y la frontera con la República de Guatemala, y se presentan los lagos: Chinchil, Bushiná y Saquilá, así como las corrientes superficiales Cuilco, Camoapa, Chacamax y Chancalá; esta región se ubica al Este de la entidad. Las cuencas Río Grijalva-Villahermosa, Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez y Río Grijalva-La Concordia presentan como principal afluente la corriente del río Grijalva que a su vez aporta sustancialmente a las Presas Nezahualcóyotl (Malpaso), Chicoasén y Belisario Domínguez (La Angostura) y en el caso de la presa Peñitas, por la corriente Mezcalapa.

La corriente del Grijalva se nutre principalmente de los Ríos Pichucalco, Almandro y Tulija en la cuenca Grijalva-Villahermosa; para la cuenca Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez, los ríos Sta. Catarina-La Venta y Sto. Domingo; y para la cuenca Río Grijalva-La Concordia los Ríos Ningunilo. Por último, la cuenca Río Lacantún, es la más grande de Chiapas, con un cuerpo de agua llamado Lago Miramar y las corrientes superficiales Tzaconeja, Jatate, Lacantun y Santo Domingo, como las más representativas para esta cuenca.

La cuenca del Río Grijalva también es importante, en su conformación confluyen los Ríos El Achilote, La Florida, Grijalva, Nandaburé, Santo Domingo, Suchiapa, El Poti, El Sabinal, entre otros.

El Río Sabinal es considerable destacarlo ya que es una pequeña corriente situada en la parte central de Chiapas, nace en las cercanías del poblado de Berriozábal y corre hacia el este atravesando la población de Tuxtla Gutiérrez y continúa su curso hasta confluir con el Río Grijalva, por su margen izquierda, aguas arriba del Cañón del Sumidero. Drena un área aproximada de 407km<sup>2</sup>; tiene una longitud aproximada de 17 km dentro de la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, que representa aproximadamente el 20% del área total de la cuenca.

A continuación, se muestra en la figura 1.2.2. el mapa de cuencas del estado de Chiapas y se marca con una estrella de color azul la zona de estudio.

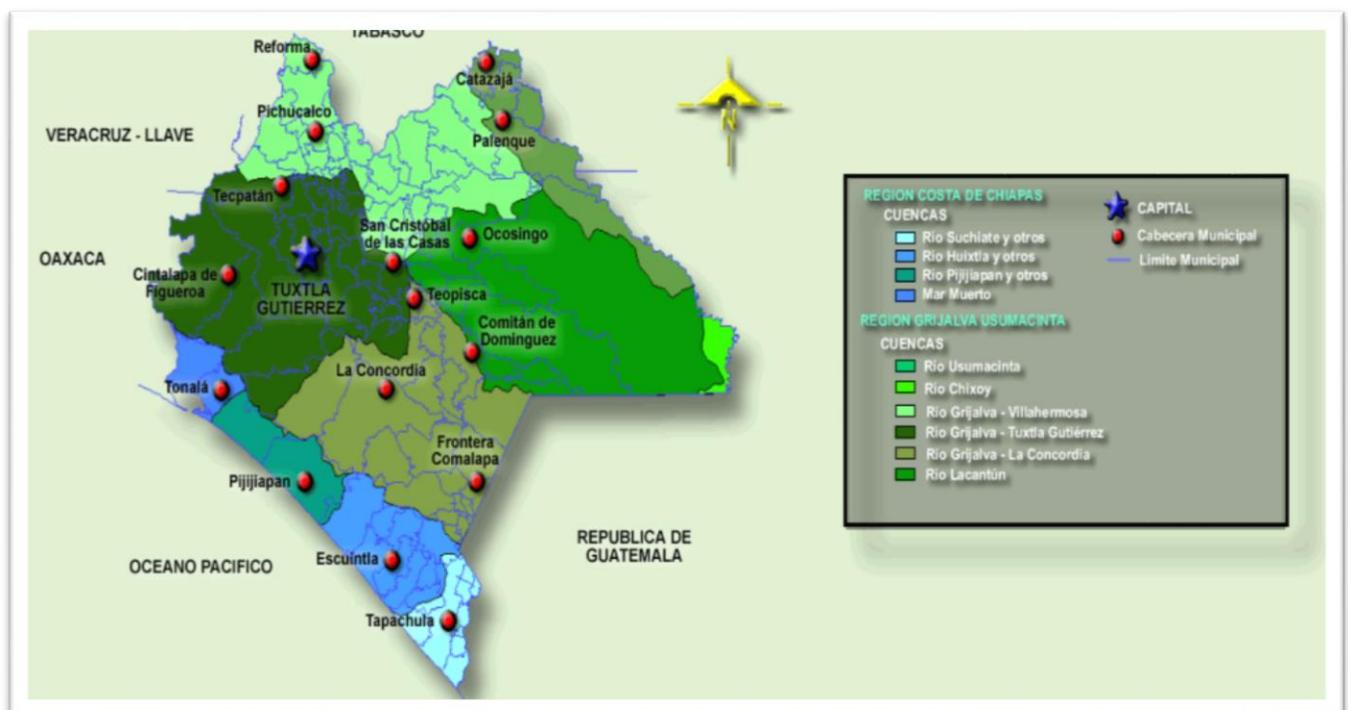


Figura 1.2.2.- Mapa de cuencas del estado de Chiapas (Fuente: CONAGUA).

Climatología

En general, el estado de Chiapas se encuentra geográficamente dentro de una zona tropical, presentando de acuerdo con su configuración orográfica una gran variedad de climas que van de templado subhúmedo a cálido húmedo con lluvias registradas en todo el año.

Específicamente en Tuxtla Gutiérrez según el Sistema Estatal de Información Estadística y Geográfica (SEIEG), predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, en el cual esta zona está propensa a la humedad de los vientos alisios. (figura 1.2.3.).

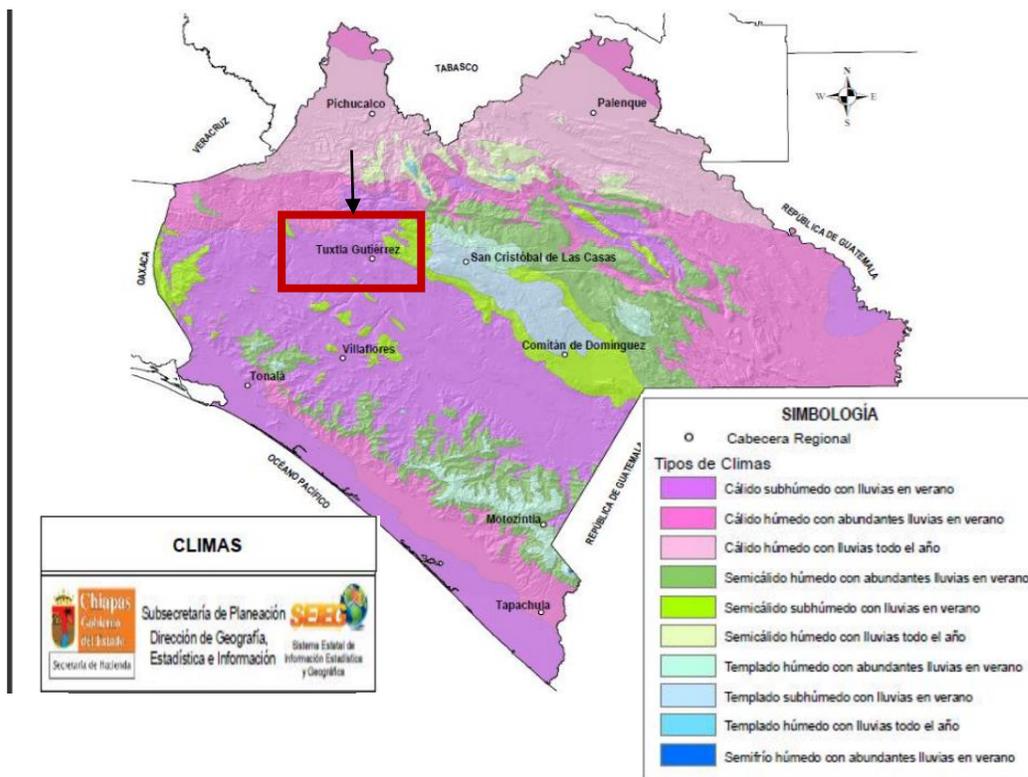


Figura 1.2.3.- Mapa de climas en el Estado de Chiapas (Fuente: SEIEG).

Temperatura media anual

Particularmente para Tuxtla Gutiérrez se localizó una estación climatológica, Tuxtla Gutiérrez Vivero de (CFE), en donde la temperatura media anual es de 25.4°, exhibiendo sus valores más bajos en los meses de diciembre a febrero, mientras que las más altas son en el mes de mayo con 28.4° en promedio.

También del Servicio Meteorológico Nacional, se presentan parámetros de la temperatura en Tuxtla Gutiérrez (ver tabla 1.2.2.).

 <b>Parámetros climatológicos promedio de Tuxtla Gutiérrez</b>													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima registrada (°C)	37	40	42	44	42	41	37	36	39	37	38	37	39
Temperatura diaria máxima (°C)	17	26	34	37	40	35	33	30	30	29	27	24	30
Temperatura diaria mínima (°C)	9	12	19	23	28	24	21	20	20	18	15	11	18
Temperatura mínima registrada (°C)	5	8	10	11	15	17	14	17	10	13	10	7	11
Precipitación total (mm)	0.8	2.7	3.5	13	80	208	161	191	193	45	17	3.2	921

*Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, septiembre del 2014.*

*Tabla 1.2.2.- Parámetros climatológicos promedio (Fuente: Comisión Nacional del Agua).*

En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va de los 9°C a los 19.5°C, predominando los 12°C a 15°C en el 78.3% de la región; la máxima promedio va de los 21°C a 33°C, predominando de los 30°C a 33°C en el 47.85% de la región y de 27°C a 30°C en el 35.07% de la región.

#### Precipitación media anual

La precipitación media anual de la región es de 921 mm. La distribución estacional muestra que, durante la temporada de lluvias, con una duración de 4 meses (junio-septiembre), se concentra la mayor parte de la precipitación, alcanzando valores mensuales de hasta 215mm, mientras que durante el estiaje la lluvia disminuye considerablemente.

### 1.3.-Descripción de la zona donde se desarrolla el proyecto

#### Topografía

Como el área de estudio tiene un límite con la meseta de Copoya, ésta tiene una elevación que oscila de los 800 a los 900 msnm, encontrando al extremo Noroeste el cerro Mactumatzá (cerro de las once estrellas en lengua Zoque) que alcanza los 1,140 msnm. Rodeada de valles fluviales, hacia el norte se define el correspondiente al Río Sabinal en donde se registran altitudes promedio de 550m. Hacia el Este se encuentra el Río Grijalva, siendo esta la parte más baja cuya altitud oscila entre los 400 y 410 msnm. Hacia el Sur y Oeste, el valle del Río Suchiapa se encuentra a 450 msnm.

## Geología

El marco geológico de Tuxtla Gutiérrez está conformado por litologías que cubren desde el Cretácico Superior al Terciario.

Las rocas del Cretácico Superior corresponden a una intercalación de caliza-lutita que en algunas zonas se encuentran en contacto con intercalaciones de caliza-arenisca, limolita-arenisca y lutita-arenisca, correspondientes al Terciario. Ver figura 1.3.1.

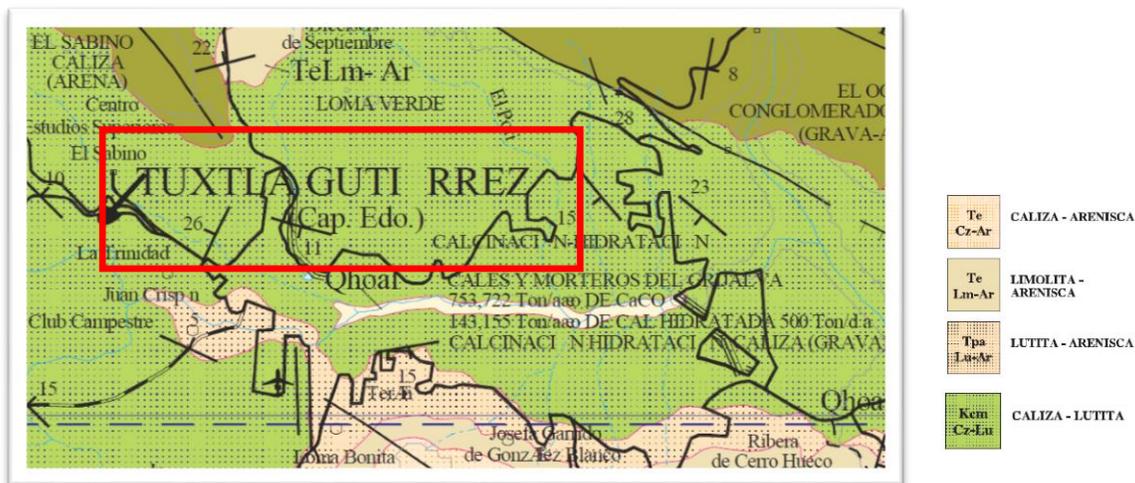


Figura 1.3.1.- Litología en Tuxtla Gutiérrez (Fuente: carta geológica-minera Tuxtla Gutiérrez E15-11, INEGI).

Por lo tanto, el suelo del municipio se compone de: suelo aluvial (formado en el período Cuaternario), roca sedimentaria limonita-arenisca, lutita-arenisca (formadas en el período Terciario), una intercalación de rocas sedimentarias caliza-lutita (formada en el período Cretácico), y calizas (formadas en el período Cretácico y el Terciario).

La composición de suelo más abundante es la roca caliza-lutita y la menos abundante es la lutita-arenisca.

## Drenaje

Los recursos hidrológicos de la entidad son abundantes, representando un 30% de todo el país, se divide en dos vertientes separadas por la Sierra Madre: La vertiente del Pacífico, con vertientes de agua cortos, que se caracterizan por crecidas anuales; y la vertiente del Atlántico, drenada por ríos de régimen regular.

Hacia el Pacífico, los ríos generalmente no desembocan directamente al mar sino en lagunas costeras o albuferas. Los ríos principales como antes mencionados son el Grijalva y el Usumacinta, ambos formando un sistema fluvial. Sobre el curso del Grijalva se han construido cuatro presas La Angustura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas.

En el tramo del libramiento el drenaje es eficiente desalojando el agua pluvial en varios pequeños ríos, y conexiones al drenaje municipal.

#### 1.4.-Estudios efectuados

Para llevar a cabo este proyecto de modernización del pavimento, se realizaron los siguientes estudios:

- Levantamiento topográfico detallado de todo el tramo en un total de siete kilómetros (registros de campo con coordenadas UTM y geográficas, planta topográfica, secciones transversales a cada 20 m, perfiles de terreno natural y levantamiento de obras de drenaje existentes).
- Estudio geotécnico en donde se realizaron PCA en el pavimento existente para estudiar la calidad de los materiales que lo conforman, así como el estudio de bancos de materiales para determinar la calidad de los materiales a utilizar en la construcción del nuevo pavimento.
- Estudio del pavimento actual (tanto superficial como estructural) realizando un levantamiento detallado de deterioros y evaluando la vida remanente de cada capa del pavimento, así como la resistencia estructural de cada una de ellas.
- Estudio de ingeniería de tránsito para obtener la composición vehicular, el TDPA y la tasa de crecimiento del tránsito a utilizar en el diseño del pavimento.

#### 1.5.-Croquis de localización

El Libramiento Norte se encuentra ubicado en la periferia norte de Tuxtla Gutiérrez, y como su nombre bien lo dice, funciona como un libramiento tanto para los vehículos de largo itinerario que transportan mercancía hacia el sureste de Chiapas, como para los automovilistas que buscan transportarse más rápido hacia sus casas o trabajo ubicados en esa zona.

A continuación, en la figura 1.4.1 se presenta una imagen satelital con la ubicación de dicho libramiento.

## Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

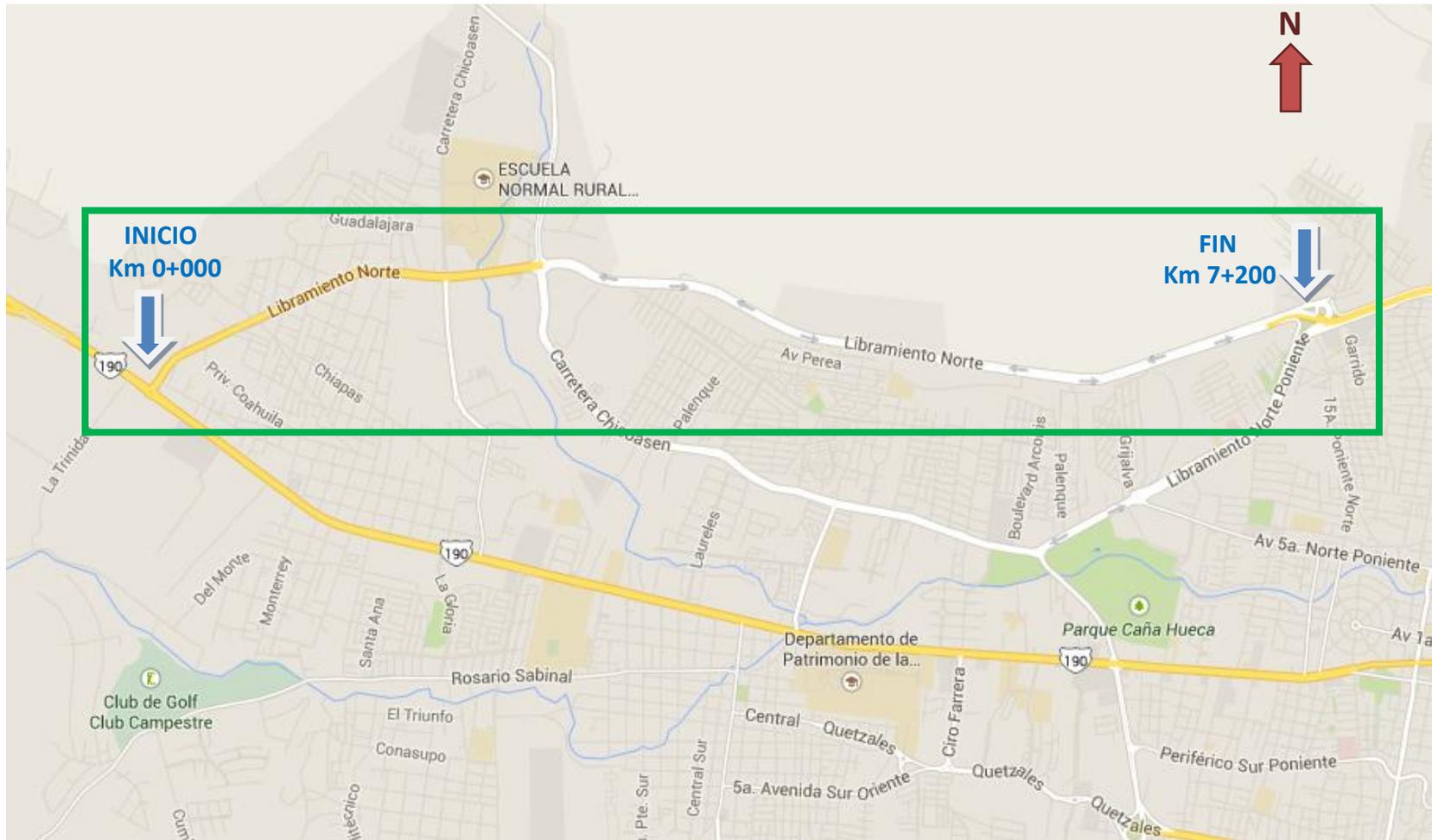


Figura 1.4.1.- Croquis de localización del Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Fuente: Google Maps).

## Capítulo 2.-Estudio geotécnico

Es importante señalar la conveniencia de llevar a cabo una serie de estudios e investigaciones preliminares a lo largo de la ruta del proyecto, con el fin de determinar las características del suelo que soportará el pavimento y las cargas impuestas por el tránsito, de manera que si se juzga que tales características no son adecuadas para esta función, deberán colocarse materiales de mejor calidad y resistencia, para formar la capa de apoyo o capa subrasante, teniendo en cuenta además factores económicos ligados al costo inicial y a los de mantenimiento y operación en el ciclo de vida del pavimento.

### 2.1.-Ejecución de PCA en el pavimento y ensayos realizados a los materiales de las muestras obtenidas

En el desarrollo del proyecto para la modernización del pavimento del Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez es muy importante realizar este estudio geotécnico, por lo que se ejecutaron pozos a cielo abierto para conocer la calidad de los materiales que tiene el pavimento, así como la calidad de los materiales que se encuentran por debajo como la capa subrasante y el cuerpo de terraplén, que conforman actualmente las terracerías.

Se realizaron muestras de suelos que fueron ensayadas en un laboratorio por personal experimentado y especializado en vías terrestres, obteniendo los resultados requeridos para realizar un diseño de pavimento adecuado para el tipo de lugar y el tipo de tránsito que circula por él.

A continuación, se presenta una fotografía mostrando la ejecución de los sondeos (PCA) que se realizaron para este estudio.



*Fotografía 2.1.1.- Ejecución de pozos a cielo abierto sobre el pavimento, km 0+180.*

Se realizará la investigación del pavimento y terracerías con el propósito de conocer la distribución y propiedades de los materiales que los constituyen, debiendo considerar la configuración topográfica, la posición de la rasante de proyecto, y las condiciones climatológicas y de drenaje, entre otros aspectos.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la exploración y el muestreo deberán efectuarse de acuerdo con lo indicado en la Normativa y en las Especificaciones de esta Dependencia, identificando los diferentes estratos detectados por características tales como color, textura, estructura, consistencia, compacidad, cementación y humedad. Las exploraciones se practicarán mediante pozos a cielo abierto, preferentemente hasta una profundidad promedio del orden de 1.20 m. La separación entre ellos dependerá de las condiciones locales, pudiendo ser de tres sondeos por kilómetro, como mínimo.

Como ya se mencionó anteriormente, de los materiales detectados se obtendrán muestras representativas en las cuales se efectuarán las pruebas necesarias para su identificación y clasificación, así como para estimar su comportamiento en ciertas condiciones. Los materiales normalmente se clasifican según el criterio del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), lo cual permite, entre otras cosas, tener una idea de otras propiedades de los materiales para terracerías. La clasificación de los suelos para fines de diseño proporciona una idea aproximada del comportamiento probable del terreno como apoyo para el pavimento, ya que el comportamiento real puede ser diferente del previsto debido a varias razones, tales como grado de compactación, grado de saturación, espesores de las capas de terracerías, etc. Por ello, es necesario determinar la resistencia de los materiales que se pretenden utilizar como apoyo de las estructuras de

pavimentos, la cual suele medirse según el valor relativo de soporte que presente, con base en la Normativa de la SCT.

A continuación, se presenta una tabla con los valores de calidad propuestos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para materiales de terraplén y capa subrasante:

Características	Calidad deseable para Terraplén	Calidad deseable para Capa Subrasante
Tamaño máximo, mm	80% min. < 76 y 95% min. < 200	100% ≤ 76
Contenido de finos, %, máx.	30	25
Límite líquido, %, máx.	40	30
Índice de plasticidad, %, máx.	15	12
CBR %, mín.	10	20
Expansión %, máx.	3	-

*Tabla 2.1.1.- Valores de calidad propuestos por la SCT para materiales de Terraplén y Capa Subrasante.*

Por otra parte, con el fin de conocer la estratigrafía, así como la calidad de los materiales de la estructura del pavimento actual, se realizaron 21 PCA (Pozos a Cielo Abierto) con una distribución en tres bolillo a cada 330 m aproximadamente en todo lo largo del Libramiento.



*Fotografía 2.1.2.- Estratigrafía de un pozo a cielo abierto, km 0+180.*

Se verificará que los bancos en explotación cuenten con autorización del Municipio y SEMARNAT, y cumplan con los requerimientos ecológicos necesarios.

En cada uno de los pozos a cielo abierto (PCA) realizados en la exploración geotécnica, se obtuvieron muestras con el objeto de conocer las características físicas y mecánicas de los materiales. A todas ellas se les realizaron las pruebas necesarias en el laboratorio para conocer sus propiedades, ensayos que se apegaron a los procedimientos de muestreo y tratamiento según lo establece la Normativa de la SCT (M-MMP-1) correspondiente; los principales ensayos que se consideraron, en las muestras obtenidas son los siguientes:

- Contenido natural de agua (w), %
- Límites de consistencia (LL, IP, LP), %
- Análisis granulométrico (G, S, F), %
- Clasificación SUCS<sup>1</sup>
- Valor Soporte de California (CBR), %
- Masa Volumétrica Seca Suelta (MVSS), Kg/m<sup>3</sup>
- Masa Volumétrica Seca Máxima (MVSM), Kg/m<sup>3</sup>
- Expansión, %
- En los materiales procedentes del pavimento actual, se efectuaron además las pruebas de Equivalente de Arena y Contracción Lineal.

En la tabla 2.1.2 se muestra un ejemplo de los ensayos hechos a un sondeo (PCA) en el laboratorio de mecánica de suelos.

Cabe aclarar, que los resultados obtenidos se cotejarán con los recomendados en la Normativa de la SCT, con objeto de obtener una visión de su calidad, efectuar un análisis de la respuesta estructural del pavimento y determinar las acciones que llegaran a requerirse para mejorar la capacidad estructural requerida por el tránsito esperado.

---

<sup>1</sup> Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

## INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA PAVIMENTO (CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL)

OBRA: LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE.

SUBTRAMO: KM 0+000 AL KM 7+200.

ORIGEN: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

SONDEO	PCA 01	PCA 01	PCA 01	PCA 01
UBICACIÓN	KM 0+180	KM 0+180	KM 0+180	KM 0+180
MUESTRA	2	3	4	5
CAPA	BASE	SUB BASE	SUBRASANTE	TN
PROFUNDIDAD (m)	0.09 A 0.21	0.21 A 0.40	0.40 A 0.75	0.75 A 1.05
TAMAÑO MÁXIMO (mm)	37.5	37.5	50	76
% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	0.00	0.00	0.00	0.00
% QUE PASA LA MALLA DE 4.75 mm	55.00	64.10	70.20	26.40
% QUE PASA LA MALLA DE 0.425 mm	13.00	7.30	58.30	22.60
% QUE PASA LA MALLA DE 0.075 mm	10.20	5.20	43.90	19.50
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	20.24	30.24	NA	NA
LÍMITE LÍQUIDO (%)	36.51	40.43	33.36	37.72
LÍMITE PLÁSTICO (%)	22.78	22.00	24.45	23.43
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	13.73	18.43	8.91	14.29
CONTRACCIÓN LINEAL (%)	9.4	7.5	5.5	8.0
M.V.S.S. (Kg/m <sup>3</sup> )	1660	1633	1560	1540
M.V.S.M. (Kg/m <sup>3</sup> )	2163	1995	1895	2010
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	7.5	7.6	8.9	6.5
HUMEDAD DEL LUGAR (%)	7.15	6.05	19.40	18.10
COMPACTACIÓN DEL LUGAR (%)	98	98	93	92
VALOR SOPORTE DE CALIF. (CBR)	32.2	39.4	15.8	22.7
EXPANSIÓN (%)	1.40	1.10	0.95	1.00
CLASIFICACIÓN SUCS-SCT	SP-SC	SW-SC	SM	GC

Tabla 2.1.2.- Informe de ensaye en materiales para pavimento y terracerías.

## 2.2.-Estudio de bancos de materiales para terracerías

Una parte fundamental en la elaboración del Estudio Geotécnico, es el estudio de los bancos de materiales cuya finalidad es, que los materiales que ahí se produzcan, puedan cubrir las necesidades de las etapas de construcción para las diferentes capas de terracerías.

### 2.2.1.-Localización de bancos

Localizar un banco es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que pueda emplearse en la construcción y reconstrucción de una determinada parte de una vía terrestre; satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y los requerimientos de volumen del caso.

El problema comprende el desarrollo de criterios y técnicas para la localización de bancos de materiales. Ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan:

- 1) En lo que se refiere a la calidad y volumen de los materiales extraíbles, juzgada en relación estrecha con el uso a que se dedicarán.
- 2) Tienen que ser lo más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos.
- 3) Tienen que ser los que produzcan las más mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra.
- 4) Los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

Un buen proyecto de carreteras carece de sentido si no se le enfoca como un conjunto que comprenda los bancos de materiales disponibles y la utilización que de ellos pretenda hacerse. El ingeniero debe disponer de un mapa donde aparezcan todos los posibles aprovechamientos de material que puedan interesar a su obra, incluyendo los aspectos económicos, habiéndose probablemente excluido otros muchos, por algún o algunos inconvenientes obvios. Entre todo este conjunto de bancos que se vean factibles, deberá el ingeniero desarrollar sus líneas de opción en estrecha vinculación con su proyecto.

### 2.2.2.-Exploración y muestreo de bancos

Los bancos de materiales para terracerías han de muestrearse para conocer en el laboratorio las características que interesen para definir o autorizar su uso. No existe ninguna regla para fijar el número de sondeos que es necesario hacer en un caso dado, sin embargo, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes pide que se realicen 6 sondeos por cada banco, como mínimo.

Como resultado de los estudios previos de campo y de laboratorio, se indicarán los bancos de materiales, estableciéndose el tratamiento recomendable que debe considerarse para su

utilización. Al respecto, es necesario que se tenga prevista la utilización de varios bancos que cumplan con la cantidad y calidad de los materiales requeridos, con el objetivo de que la obra no llegue a verse afectada por la descalificación de algunos bancos durante su ejecución. Es muy importante que los bancos recomendados sean estudiados con la suficiente anticipación para poder efectuar los ensayos requeridos, y que se considere también las facilidades de acceso, áreas para instalaciones y demás aspectos relevantes.

En la parte de abajo se presenta una tabla con las pruebas de laboratorio básicas que se efectúan al material que se extrae de bancos según el uso que de ellos pretenda utilizarse.

Uso	Clasificación	Calidad
<b>Terracerías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites de plasticidad</li> <li>• Granulometría</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa volumétrica máxima.</li> <li>• Valor relativo de soporte y expansión.</li> </ul>
<b>Capa subyacente y subrasante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites de plasticidad</li> <li>• Granulometría</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa volumétrica máxima.</li> <li>• Valor relativo de soporte.</li> <li>• Expansión.</li> </ul>

*Tabla 2.2.2.1.- Tipos de pruebas de laboratorio según el uso del material.*

En este proyecto se realizó un extenso estudio de bancos de materiales para el proyecto constructivo de las terracerías, considerando los volúmenes aprovechables disponibles, calidad de los materiales que se utilizarán en las diferentes capas de las terracerías y distancias al tramo en estudio; y que, para ser prácticos, nos enfocaremos en este caso a un solo banco denominado Altamira.

A continuación, se presenta un informe de las pruebas de laboratorio que se ejecutaron para el banco arriba mencionado.

## BANCO DE MATERIALES “ALTAMIRA”

### INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA BANCOS DE TERRACERÍAS. (CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL)

OBRA: LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE.

SUBTRAMO: KM 0+000 AL KM 7+200.

ORIGEN: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

BANCO: ALTAMIRA.

UBICACIÓN: KM 16+800 DE LA CARRETERA TUXTLA – CHICOASÉN, 700 METROS LADO DERECHO.

SONDEO	01	02	03	04
UBICACIÓN	KM 16+800	CARRETERA	TUXTLA	CHICOASÉN
MUESTRA				
TAMAÑO MÁXIMO (mm)	50	50	50	50
% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	0.00	0.00	0.00	0.00
% QUE PASA LA MALLA DE 4.75 mm	35.20	29.40	38.20	30.50
% QUE PASA LA MALLA DE 0.425 mm	21.40	22.60	19.20	18.90
% QUE PASA LA MALLA DE 0.075 mm	11.50	18.20	19.10	14.80
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	NA	NA	NA	NA
LÍMITE LÍQUIDO (%)	31.20	33.40	29.50	34.60
LÍMITE PLÁSTICO (%)	24.10	25.20	23.40	26.40
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	7.10	8.20	6.10	8.20
CONTRACCIÓN LINEAL (%)	3.10	4.20	2.60	5.30
M.V.S.S. (Kg/m <sup>3</sup> )	1795	1732	1717	1706
M.V.S.M. (Kg/m <sup>3</sup> )	2102	2090	2069	2075
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	5.40	5.90	5.80	5.70
HUMEDAD DEL LUGAR (%)	5.10	5.20	4.90	4.70
COMPACTACIÓN DEL LUGAR (%)	94	91	90	90
VALOR SOPORTE DE CALIF. (CBR)	28.40	27.60	25.90	26.60
EXPANSIÓN (%)	0.500	0.01	0.01	0.01
CLASIFICACIÓN SUCS-SCT	GP-GM	GM	GM	GM

**NOTA: ACORDE CON LA NORMATIVA VIGENTE DE LA SCT Y LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS, EL BANCO DE MATERIALES SE PUEDE UTILIZAR PARA: CUERPO DE TERRAPLÉN, CAPA SUBYACENTE Y CAPA SUBRASANTE.**

*Tabla 2.2.2.2.- Informe de ensaye en materiales para bancos de terracerías.*

Una de las partes con mayor relevancia en un estudio de bancos de materiales, es el croquis o plano de ubicación. En este croquis, se muestran también, algunos datos del banco a manera de resumen, como el tratamiento probable, los diferentes estratos y espesor de cada uno, la clasificación SUCS, los coeficientes de variación volumétrica, la clasificación para presupuesto, algunas observaciones que se hayan detectado a la hora del muestreo y, por último, el tipo de capas de terracerías para las que puede ser utilizado.

A continuación, se presenta el croquis de ubicación del banco de materiales denominado Altamira, que fue utilizado en el proyecto de terracerías para la construcción del libramiento norte.

PRESTAMO DE MATERIALES PARA:			CUERPO DE TERRAPLÉN, CAPA SUBYACENTE Y CAPA SUBRASANTE		DENOMINACIÓN				ALTAMIRA		
UBICACIÓN	ESTRATO		CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACIÓN VOLUMÉTRICA				CLASIFICACIÓN PRESUPUESTO		
	NO.	ESPESOR			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C
Km 16+800 DE LA CARRETERA TUXTLA-CHICOASÉN, 700 m LADO DERECHO. A 13,600 M DEL LIB NORTE KM 2+400.	1	0.2	Tierra Vegetal	Despalme	-	-	-	-	100	00	00
	2	Ind.	GRAVA LIMOSA, COLOR CAFÉ CLARO, COMPACTA. (GM)	Compactado.	1.05	1.00	0.95	-	40	60	00
LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN APROVECHABLE M³								
350	250	3	262,500								
<b>OBSERVACIONES</b>											
EL BANCO PRESENTA UN FRENTE DE EXPLOTACIÓN ABIERTO.											



Figura 2.2.2.1.- Croquis de ubicación de banco de materiales para terracerías.

Al igual que el croquis de ubicación de cada banco, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes solicita que se tomen fotografías a los bancos muestreados, con la finalidad de tener una mejor idea tanto de la magnitud del banco, como de la calidad de los materiales que existen en él.



*Fotografía 2.2.2.1.- Banco de materiales para terracerías, denominado “Altamira”.*

### 2.3.-Estudio de bancos de materiales para pavimento

Un punto fundamental en la determinación de bancos de materiales, es la evaluación de las rocas o suelos contenidos, y que suele ser muy difícil de establecer en forma cuantitativa.

En lo que se refiere a las rocas, dos puntos principales deben merecer atención:

- 1) Se refiere a los cambios físicos que la roca pueda sufrir por fragmentación durante la extracción, por manejo o durante la colocación.
- 2) La alteración físico-química que pueda tener lugar durante la vida útil del pavimento.

#### 2.3.1.-Localización de bancos

Localizar un banco es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que pueda emplearse en la construcción y reconstrucción de una determinada parte de una vía terrestre; satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y los requerimientos de volumen del caso.

El problema comprende el desarrollo de criterios y técnicas para la localización de bancos de materiales. Ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan:

- 1) En lo que se refiere a la calidad y volumen de los materiales extraíbles, juzgada en relación estrecha con el uso a que se dedicarán.
- 2) Tienen que ser lo más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos.
- 3) Tienen que ser los que produzcan las más mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra.
- 4) Los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

### 2.3.2.-Exploración y muestreo de bancos

La exploración de una zona en la que se pretende establecer un banco de materiales debe tener los siguientes objetivos:

- 1) Determinación de la naturaleza del depósito, incluyendo toda la información que sea importante obtener sobre su geología, historia de explotaciones previas, relaciones con escurrimientos de agua superficiales, etc.
- 2) Profundidad, espesor, extensión y composición de los estratos de suelo o roca que se pretenden explotar.
- 3) Situación del agua subterránea, incluyendo posición y variaciones del nivel freático.
- 4) Obtención de toda la información posible sobre las propiedades de los suelos y las rocas, los usos que de ellos se hayan hecho, etc.

### 2.3.3.-Diferentes tipos de tratamientos que se le pueden dar a los materiales utilizados para pavimento

En los trabajos de pavimentación, por el contrario, es usual, como ya se mencionó anteriormente, someter los materiales a diversos tratamientos que los adecuen a sus funciones. Los tratamientos más usados son:

- 1) Eliminación de desperdicios.

Se trata, por ejemplo, de eliminar en bancos de suelos, un determinado porcentaje de partículas cuyo tamaño máximo sobrepasa el que se haya considerado en el proyecto (frecuentemente en el orden de 7.5 cm). Esta eliminación se hace muchas veces a mano.

- 2) Disgregación.

Esta operación se hace generalmente en bancos de suelo duro, de roca muy alterada o en materiales con la consistencia de aglomerados pocos cementados. La disgregación se hace

muchas veces con arados y cuchillas dispuestas en las máquinas o con rodillos de compactación del tipo pata de cabra o similar.

### 3) Cribado.

Generalmente se utiliza para lograr una granulometría adecuada o para eliminar porcentajes altos de partículas mayores que el tamaño que el tamaño máximo requerido, que generalmente son desperdiciadas; se ha dicho que porcentajes arriba del 10 ó 15%, conviene eliminarlos cribando.

Las instalaciones de cribado para la eliminación de tamaños grandes suelen ser muy sencillas. Normalmente el material se maneja por gravedad, recogiendo en un camión el material que pasa una criba determinada. Este método tiene peligros de segregación, que conduce a la obtención de materiales no uniformemente mezclados. Cuando se requiere una buena dosificación de materiales en diversos tamaños, ha de recurrirse a plantas de cribado con cribas vibratorias, dispuestas en dos o tres niveles; el ritmo de vibración suele ser de 1200 ciclos por minuto. Estas plantas se utilizan generalmente en combinación con equipos de trituración.

En la actualidad, se usan cada vez más cribadoras por centrifugación, con cribas cilíndricas concéntricas que giran a la vez, de manera que el material va pudiendo pasar de una a otra recorriendo, según su tamaño, diferente camino desde el centro a la periferia del sistema. Es obvio que este tipo de plantas, garantizan mejor que ninguna otra la obtención de dosificaciones precisas.

### 4) Trituración.

Es el tratamiento a que generalmente se recurre para llegar a la granulometría adecuada a partir de materiales naturales muy gruesos o de fragmentos de roca. Es normal realizar la trituración en varios pasos o etapas, según el producto final a que desee llegarse; así se habla de trituradoras primarias, secundarias o terciarias.

La trituración suele realizarse en plantas muy completas que incluyen alimentadores, bandas de transportación, plantas de cribado, elevadores de material y dispositivos trituradores de quijada, de impactos, de rodillos de diferente separación, etc.

Es importante la relación de tamaños de la partícula en la etapa inicial y final del proceso, que define el tipo de equipo que ha de usarse y el costo de la operación. También es importante la forma que adquiera la partícula triturada, pues de ella depende mucho el comportamiento mecánico posterior. Una forma equidimensional de la partícula, es obviamente la más deseable.

### 5) Lavado.

Se aplica en materiales contaminados por arcilla, materia orgánica o polvos, frecuentemente se usa en conexión con operaciones de trituración y cribado.

El lavado se realiza por el empleo de tanques lavadores, en los que el material es removido con palas mecánicas, mientras se somete a riegos de agua a presión.

#### 2.3.4.-Ensayes de laboratorio

Con objeto de localizar bancos de materiales adecuados para la modernización del pavimento del Libramiento Norte, se realizó una extensa investigación en la zona de estudio ubicando los bancos y/o plantas de asfalto más cercanos, considerando los volúmenes aprovechables disponibles, calidad de los materiales que se utilizarán en el pavimento y distancias de acarreo al tramo en estudio; enfocándonos en esta ocasión al banco Gravera Milamé.

A continuación, se presentan informes “tipo” de los ensayos de laboratorio que se realizan a los bancos de materiales que se utilizan en la elaboración de bases hidráulicas y mezclas asfálticas, y su comparativa con los parámetros solicitados por la SCT.

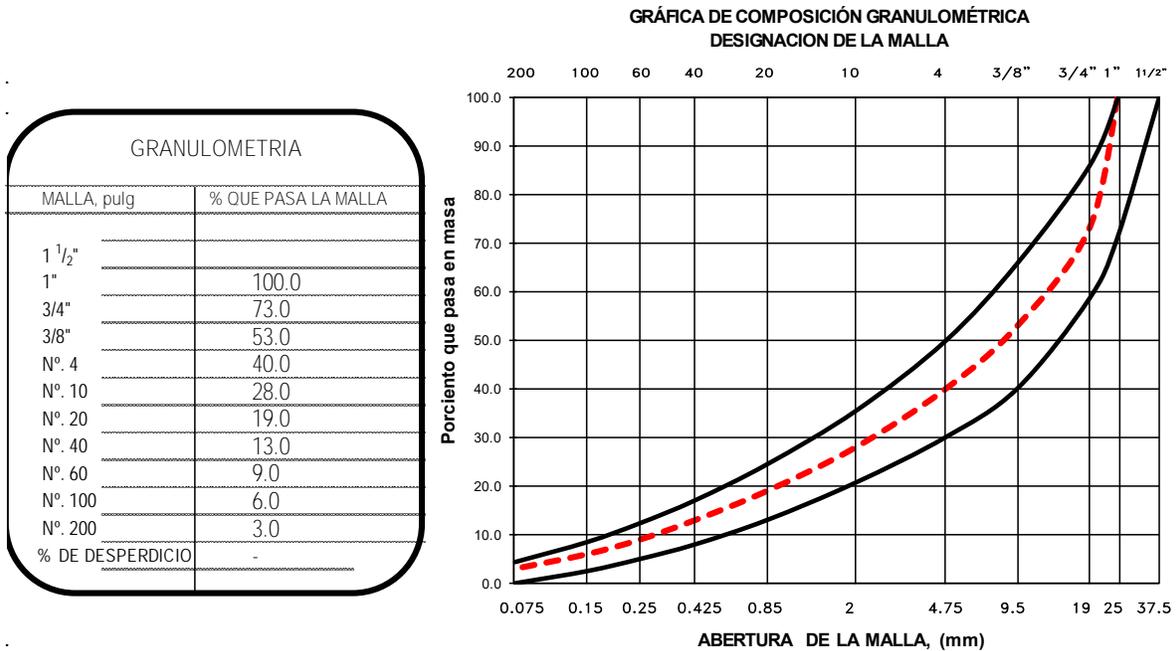
Como ya se mencionó anteriormente, se muestra la información del banco/planta de asfalto denominado “Gravera Milamé”.



*Fotografía 2.3.4.1.- Banco de materiales para pavimento denominado “Gravera Milamé”.*

**Características de los materiales para bases (según estudio de bancos de materiales para pavimento)**

OBRA	LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.		
TRAMO	LIBRAMIENTO NORTE	FECHA:	-
BANCO	GRAVERA MILAMÉ	HOJA:	01 de 01
LOCALIZACIÓN	CARRETERA CHIAPA DE CORZO-VILLA ALCALA KM 28+800, 300 M DERECHA	OPERADOR:	M.N.E.



ZONA GRANULOMETRICA PARA  $\sum L > 10^6$   $\sum L = \text{No. de ejes equivalentes acumulados, de } 8.2 \text{ t, esperado durante la vida util del pavimento.}$

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL		NORMATIVA SCT	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL		NORMATIVA SCT
LÍMITE LIQUIDO, %	19.34	25 MÁXIMO	DESGASTE DE LOS ANGELES, %	17.24	30 MÁXIMO
ÍNDICE PLÁSTICO, %	N.P.	6 MÁXIMO	PARTICULAS ALARGADAS, %	16.50	35 MÁXIMO
EQUIVALENTE DE ARENA, %	58.95	50 MÍNIMO	PARTICULAS LAJEADAS, %	14.00	
VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA, %	128.0	100 MÍNIMO	MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA	kg/m <sup>3</sup> 2160	-
CLASIFICACION:	(GW) Grava bien graduada limosa, color gris claro.				
OBSERVACIONES:					

Figura 2.3.4.1.- Informe de ensayos en materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.

**Características de los materiales para bases hidráulicas (según normativa SCT)**

Son materiales granulares, que se colocan normalmente sobre la subbase o la subrasante, para formar una capa de apoyo para una carpeta asfáltica, para una capa de rodadura asfáltica o para una carpeta de concreto hidráulico.

*Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa.*

Malla		Porcentaje que pasa <sup>[1]</sup>	
Abertura mm	Designación	$\Sigma L \leq 10^6$ <sup>[2]</sup>	$\Sigma L > 10^6$ <sup>[2]</sup>
75	3"	100	100
50	2"	85 - 100	85 - 100
37,5	1½"	75 - 100	75 - 100
25	1"	62 - 100	62 - 90
19	¾"	54 - 100	54 - 83
9,5	⅜"	40 - 100	40 - 65
4,75	Nº4	30 - 80	30 - 50
2	Nº10	21 - 60	21 - 36
0,85	Nº20	13 - 44	13 - 25
0,425	Nº40	8 - 31	8 - 17
0,25	Nº60	5 - 23	5 - 12
0,15	Nº100	3 - 17	3 - 9
0,075	Nº200	0 - 10	0 - 5

[1] El tamaño máximo de las partículas no será mayor de 20% del espesor de la base.

[2]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

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

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

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

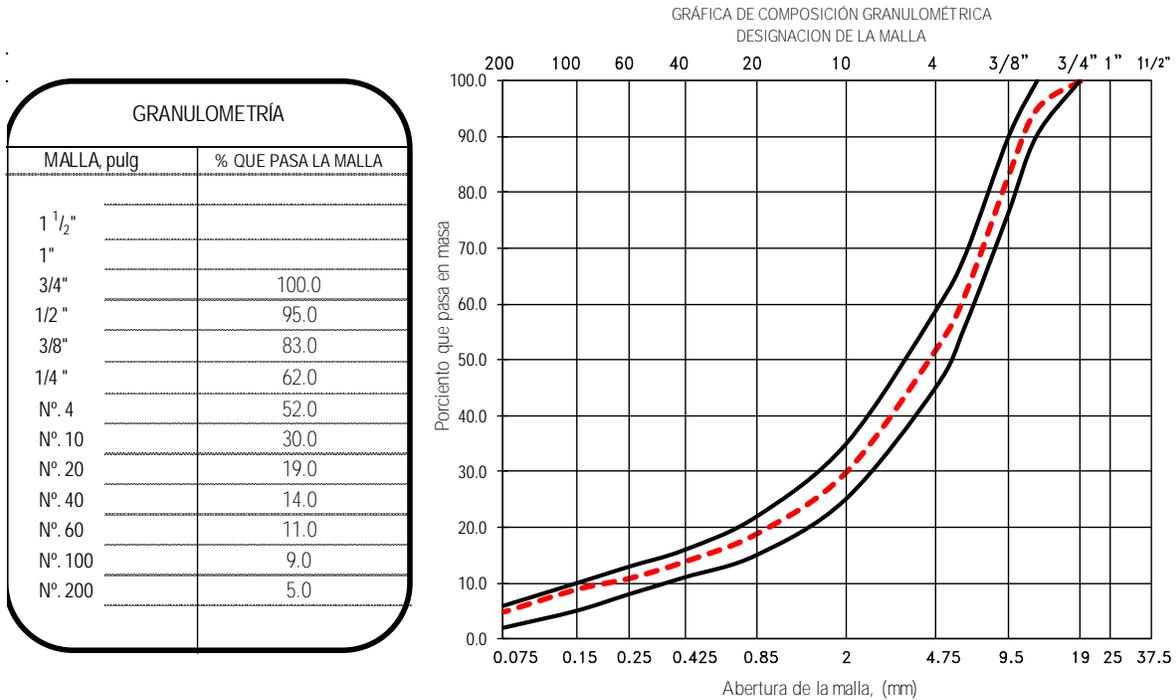
[2] Determinado mediante el procedimiento de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

**Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría densa (según estudio de bancos de materiales para pavimento)**

OBRA	LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.		FECHA:	-
TRAMO	LIBRAMIENTO NORTE		HOJA:	01 de 01
BANCO	GRAVERA MILAMÉ		OPERADOR:	M.N.E.
LOCALIZACIÓN	CARRETERA CHIAPA DE CORZO-VILLA ALCALA KM 28+800, 300 M DERECHA			



CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.			CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.		
	MATERIAL	NORMATIVA		MATERIAL	NORMATIVA
DENSIDAD %	2.75	2.4 MÍNIMO	M.V.S. MÁXIMA kg/m <sup>3</sup>	2160	-
ABSORCION %	1.76	-	M.V.S. SUELTA kg/m <sup>3</sup>	1879	-
DESGASTE DE LOS ANGELES	17.24	30 MÁXIMO	PART. ALARGADAS %	16.5	35 MÁXIMO
EQUIVALENTE DE ARENA %	58.95	50 MÍNIMO	PART. LAJEADAS %	14.0	35 MÁXIMO

Figura 2.3.4.2.- Informe de ensayos en materiales pétreos para mezcla asfáltica de granulometría densa.

El material propuesto mostró buena adherencia con el cemento asfáltico propuesto.

**Materiales pétreos para mezclas asfálticas de granulometría densa (según normativa SCT)**

Requisitos de granulometría del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría densa (para cualquier valor de  $\Sigma L$ ).

Malla		Tamaño nominal del material pétreo mm (in)				
Abertura mm	Designación	9,5 ( $\frac{3}{8}$ )	12,5 ( $\frac{1}{2}$ )	19 ( $\frac{3}{4}$ )	25 (1)	37,5 ( $1\frac{1}{2}$ )
		Porcentaje que pasa				
50	2"	---	---	---	---	100
37,5	1½"	---	---	---	100	90 - 100
25	1"	---	---	100	90 - 100	74 - 90
19	$\frac{3}{4}$ "	---	100	90 - 100	79 - 90	62 - 79
12,5	$\frac{1}{2}$ "	100	90 - 100	72 - 90	58 - 71	46 - 60
9,5	$\frac{3}{8}$ "	90 - 100	76 - 90	60 - 76	47 - 60	39 - 50
6,3	$\frac{1}{4}$ "	70 - 81	56 - 69	44 - 57	36 - 46	30 - 39
4,75	N°4	56 - 69	45 - 59	37 - 48	30 - 39	25 - 34
2	N°10	28 - 42	25 - 35	20 - 29	17 - 24	13 - 21
0,85	N°20	18 - 27	15 - 22	12 - 19	9 - 16	6 - 13
0,425	N°40	13 - 20	11 - 16	8 - 14	5 - 11	3 - 9
0,25	N°60	10 - 15	8 - 13	6 - 11	4 - 9	2 - 7
0,15	N°100	6 - 12	5 - 10	4 - 8	2 - 7	1 - 5
0,075	N°200	2 - 7	2 - 6	2 - 5	1 - 4	0 - 3

Requisitos de calidad del material pétreo para mezclas asfálticas de granulometría densa (para cualquier valor de  $\Sigma L$ ).

Característica	Valor
Densidad relativa, mínimo	2,4
Desgaste de Los Ángeles; %, máximo	30
Partículas alargadas y lajeadas; %, máximo	35
Equivalente de arena; %, mínimo	50
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua; %, máximo	25

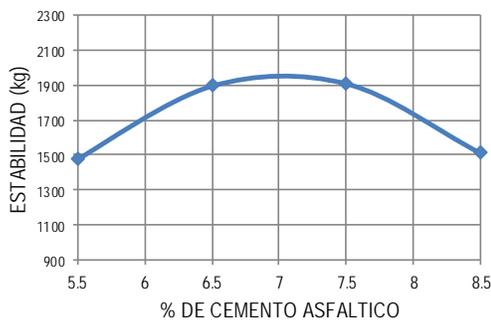
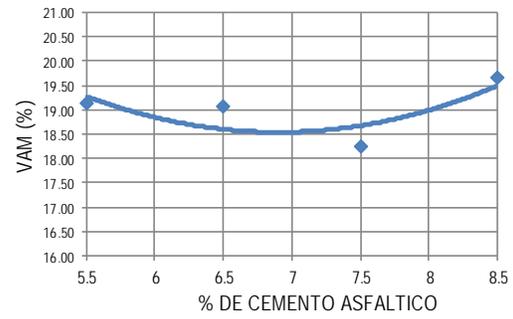
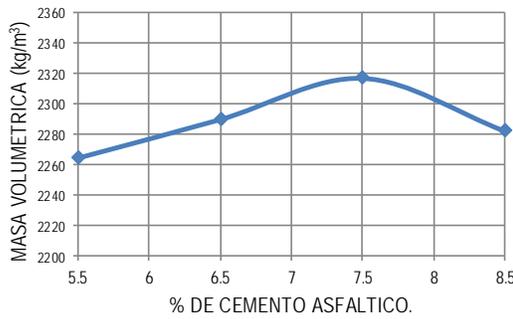
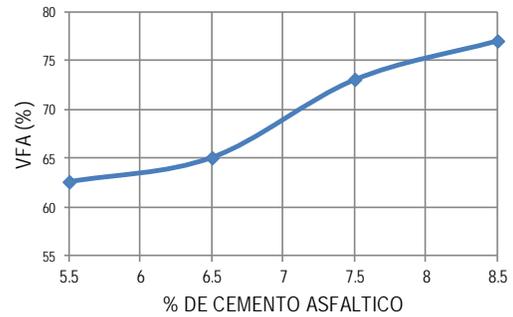
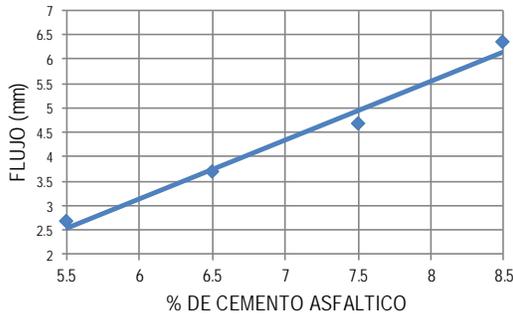
**Diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall**

La práctica de diseño de mezclas asfálticas ha utilizado diferentes métodos para establecer un diseño óptimo en el laboratorio; los comúnmente más utilizados son el método Marshall y Hveem, siendo el Marshall el más común en la práctica mexicana.

Para la evaluación de las características volumétricas de la mezcla asfáltica, se emplean diferentes parámetros como son el volumen de vacíos en el agregado mineral (VAM), los vacíos llenos de asfaltos (VFA) y el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica compactada ( $V_a$ ), mediante diversas pruebas mecánicas, como son la gravedad específica del agregado mineral ( $G_{sb}$ ), la gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada ( $G_{mb}$ ) y la gravedad teórica máxima de la mezcla asfáltica ( $G_{mm}$ ).

A continuación, se presenta el informe de ensaye del diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall utilizado en el proyecto del pavimento para el Libramiento Norte.

OBRA	LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA	-
TRAMO	LIBRAMIENTO NORTE	HOJA	01 de 01
BANCO	GRVERA MILAMÉ	OPERADOR	M.N.E.
LOCALIZACION	CARRETERA CHIAPA DE CORZO-VILLA ALCALA KM 28+800, 300 M DERECHA		



CARACTERÍSTICAS	DATOS OBTENIDOS	NORMATIVA
CONTENIDO OPTIMO DE C.A. %	6.5	-
MASA VOLUMÉTRICA (kg/m³)	2290	-
ESTABILIDAD (kg)	1900	816
FLUJO (mm)	3.5	2-3.5
VFA (%)	65.0	65-75
VAM (%)	19.0	12 MÍNIMO

Figura 2.3.4.3.- Mezcla asfáltica de granulometría densa diseñada por el método Marshall.

## Capítulo 3.-Evaluación de pavimento actual

El conocimiento de las condiciones en que se encuentra un pavimento y de su comportamiento a través del tiempo, son tópicos de vital importancia para el organismo encargado de su diseño, construcción, conservación y operación; sin embargo, dichos tópicos interesan en forma fundamental al numeroso grupo de usuarios de los pavimentos, tanto urbanos como carreteros y aeroportuarios, por las implicaciones que tienen en la seguridad y economía del transporte.

La evaluación de un pavimento, además de proporcionar la información de su estado en el momento en el que se realice, proporciona información de gran utilidad para constituir la experiencia del organismo, que contribuye a la constante mejora en los aspectos de diseño y construcción de pavimentos nuevos o sometidos a procesos de rehabilitación, así como a la eficiencia técnica y económica de estos últimos.

### 3.1.-Evaluación superficial

El proceso de evaluación implica la obtención de una serie de parámetros o indicadores, que pueden estar o no relacionados con el pavimento, tales como deterioros, aspectos geométricos, tránsito, índice de serviciabilidad, etc.

Un aspecto importante que debe señalarse, es el relativo a que no pueden establecerse reglas fijas para efectuar la evaluación de un pavimento, debiendo más bien considerarse que cada caso presenta condiciones particulares que deben ser tomadas en cuenta por el grupo encargado de la ejecución de la evaluación, en lo cual tiene mucho que ver la experiencia y el buen juicio ingenieril.

A continuación, se describen algunas técnicas de evaluación generalmente utilizadas para valorar los diferentes parámetros del estado de un pavimento.

#### 3.1.1.-Índice de serviciabilidad

El concepto de índice de serviciabilidad actual (ISA o PSI por sus siglas en inglés), es un sistema desarrollado por los ingenieros que participaron en la prueba AASHO, y es una estimación de la calificación subjetiva que daría el usuario a un pavimento, y representa la capacidad instantánea del pavimento para servir a alta velocidad y condiciones de tránsito variadas para un momento dado. Esta evaluación depende de tres componentes: usuario, vehículo y pavimento, los cuales son interactuantes.

En el procedimiento de diseño AASHTO, la serviciabilidad está calificada en términos de Clasificación de Serviciabilidad Presente (PSR=Present Serviceability Rating). Para determinar este índice, un grupo de individuos circula sobre el pavimento y lo califica de 0 a 5 según las condiciones actuales

en las que se encuentre dicho pavimento, y parámetros como el agrietamiento, escalonamientos, distorsión transversal, distorsión longitudinal y deterioros superficiales.

En la siguiente tabla están indicados los niveles de serviciabilidad.

Índice de serviciabilidad	Calificación
0-1	Muy Mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy Buena

Tabla 3.1.1.1.- Niveles de serviciabilidad (ISA)

Para el proyecto de la modernización del Libramiento Norte, se determinó el índice de serviciabilidad actual tomando en cuenta un valor promedio de 5 calificadores, obteniendo los resultados que a continuación se presentan (Tabla 3.1.1.2).

INDICE DE SERVICIABILIDAD	
Libramiento Norte	ISA
km 0+000 al km 2+000	2.0
km 2+000 al km 3+000	2.1
km 3+000 al km 5+000	1.9
km 5+000 al km 7+200	2.1

Tabla 3.1.1.2.- Índice de Servicio Actual

Por otra parte, el Libramiento Norte muestra deformaciones y agrietamientos severos que reducen su calidad de rodaje, en especial, en áreas agrietadas, en las cuales se observa expulsión de finos. En lo que respecta al índice de serviciabilidad actual, los primeros cinco kilómetros se obtuvo un valor promedio de 2.0 de índice de serviciabilidad, mientras que del kilómetro 5+000 al kilómetro 7+200 se obtuvo un índice de serviciabilidad de 2.1, dando un valor total promedio en todo el tramo de 2.05, que es un valor promedio bajo para este tipo de carretera.

### 3.1.2-Levantamiento de deterioros

Los deterioros o deficiencias que presenta un pavimento constituyen una valiosa información para el proyectista, el constructor, el supervisor, y el ingeniero encargado de la conservación y operación del pavimento, además de que son motivos de preocupación para los usuarios.

Durante la vida activa del pavimento, ocurren deterioros como consecuencia y resultado de un proceso de degradación o debilitamiento del pavimento que se inicia cuando termina su construcción y en el cual intervienen tantos los efectos del tránsito, como los factores ambientales, deficiencias en la construcción, etcétera.

Por otra parte, los deterioros tienen un carácter progresivo, permanente, acumulativo, e interactuante y son función del tiempo y del espacio, definiendo una curva de degradación del pavimento en la cual se definen los valores terminales, críticos o límite, que constituyen la condición de falla para cada uno de los diferentes tipos de deterioros que pueden presentarse en los pavimentos.

El levantamiento de deterioros se efectuó en sentido del cadenamiento y en ambos cuerpos (a partir del km 0+000 al km 7+200) por personal especializado, quien tomó nota de los tipos de deterioros existentes, calificándolos según su grado de severidad y extensión, en tramos de un kilómetro hasta completar en su totalidad ambos cuerpos del Libramiento que comprende dicho estudio y de acuerdo con la relación de tipos de daños.

A continuación, se presentan los datos obtenidos para el levantamiento de deterioros del libramiento norte correspondiente al cuerpo A.

**Levantamiento de deterioros libramiento norte, cuerpo A**

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS**

OBRA: MODERNIZACIÓN DE LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA: -
TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE AMBOS CUERPOS	EVALUADOR: G.O.G.A.
SUBTRAMO: Km 0+000 AL Km 7+200 CPO A	ORIGEN: GLORIETA DE LA CARRETA

D E T E R I O R O		ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %				
		KM 0+000		A KM		1+000	KM 1+000		A KM		2+000	KM 2+000		A KM		3+000
		<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80
TEXTURA	PÉRDIDA DEL AGREGADO GRUESO															
	PÉRDIDA DEL AGREGADO FINO	4			3		3				2					
	EXUDACIÓN DE ASFALTO															
	PULIMENTO DE AGREGADOS	4		3								2				
	DESPRENDIMIENTO DE CARPETA	5		3			4									
DEFORMACIÓN	TRANSVERSALES															
	POR INESTABILIDAD	4	3				4					2				
	RODERAS (*) (.05 cm)		2													
(*) Indicar la magnitud de la profundidad de la rodera, en cm.																
AGRIETAMIENTO	LONGITUDINAL	4	3				3					2				
	TRANSVERSAL															
	DE MAPA	EN LA RODERA						3								
		AL CENTRO DEL CARRIL	4									1				
		EN BORDES DEL PAVIMENTO														
	PIEL DE COCODRILO	EN LA RODERA		5												
		AL CENTRO DEL CARRIL	5			4		5	4		2			4		
		EN BORDES DEL PAVIMENTO														
	DE REFLEXIÓN	EN LA RODERA														
		AL CENTRO DEL CARRIL														
EN BORDES DEL PAVIMENTO																
OTROS	CALAVEROO	4					5	3				2				
	BACHES SIN TAPAR	3														
	BACHES TAPADOS		2						2					4		

NOTA: CALIFICAR LOS DAÑOS CON LA SIGUIENTE ESCALA:

- 1) MUY LIGEROS      2) LIGEROS      3) MODERADOS      4) SEVEROS      5) MUY SEVEROS

MANTENIMIENTO REALIZADO	ÁREA DAÑADA, %															
	KM 0+000		A KM		1+000	KM 1+000		A KM		2+000	KM 2+000		A KM		3+000	
BACHEO SUPERFICIAL		3					3							3		
BACHEO PROFUNDO	3															
TRATAMIENTO SUPERFICIAL																
RENIVELACIÓN																
SOBRECARPETA																
CARPETA RECICLADA																

NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :

- 1) BUENO      2) REGULAR      3) MALO

b) ESCRIBIR Y EVALUAR " DEFECTOS VARIOS " AL REVERSO DE LA HOJA, POR EJEMPLO: EROSIÓN DE TALUDES, DRENAJE DEFICIENTE, ETC

OBSERVACIONES: EN LOS AGRIETAMIENTOS TIPO PIEL DE COCODRILO Y MAPA, SE APRECIA EXPOSICIÓN DE AGREGADOS FINOS.

.....

.....

Figura 3.1.2.1.- Levantamiento de deterioros cuerpo A, km 0+000 al km 3+000.

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS**

OBRA: MODERNIZACIÓN DE LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA: -
TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE AMBOS CUERPOS	EVALUADOR: G.O.G.A.
SUBTRAMO: <b>Km 0+000AL Km 7+200 CPO A</b>	ORIGEN: <b>GLORIETA DE LA CARRETA</b>

D E T E R I O R O		ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					
		KM 3+000		A KM		4+000	KM 4+000		A KM		5+000	KM 5+000		A KM		6+000	
		<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	
TEXTURA	PÉRDIDA DEL AGREGADO GRUESO																
	PÉRDIDA DEL AGREGADO FINO	4					4		3			4					
	EXUDACIÓN DE ASFALTO																
	PULIMENTO DE AGREGADOS	3					3		2			4					
	DESPRENDIMIENTO DE CARPETA																
DEFORMACIÓN	TRANSVERSALES																
	POR INESTABILIDAD	1										3					
	RODERAS (*) (130 cm)																
(*) Indicar la magnitud de la profundidad de la rodera, en cm.																	
AGRIETAMIENTO	LONGITUDINAL						5										
	TRANSVERSAL																
	DE MAPA	EN LA RODERA	2						2								
		AL CENTRO DEL CARRIL							2								
		EN BORDES DEL PAVIMENTO															
	PIEL DE COCODRILO	EN LA RODERA	5	4					4	3				3			
		AL CENTRO DEL CARRIL	5	4					5	4	3			5		3	
		EN BORDES DEL PAVIMENTO												5			
	DE REFLEXIÓN	EN LA RODERA															
		AL CENTRO DEL CARRIL															
EN BORDES DEL PAVIMENTO																	
OTROS	CALAVERO		4					3					3				
	BACHES SIN TAPAR																
	BACHES TAPADOS		3						4						4		

NOTA: CALIFICAR LOS DAÑOS CON LA SIGUIENTE ESCALA:

1) MUY LIGEROS    2) LIGEROS    3) MODERADOS    4) SEVEROS    5) MUY SEVEROS

MANTENIMIENTO REALIZADO	NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :															
	1) BUENO	2) REGULAR	3) MALO													
BACHEO SUPERFICIAL	3		2					3								3
BACHEO PROFUNDO																
TRATAMIENTO SUPERFICIAL								2								
RENIVELACIÓN																
SOBRECARPETA																
CARPETA RECICLADA																

NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :

1) BUENO    2) REGULAR    3) MALO

b) ESCRIBIR Y EVALUAR " DEFECTOS VARIOS " AL REVERSO DE LA HOJA, POR EJEMPLO: EROSIÓN DE TALUDES, DRENAJE DEFICIENTE, ETC

OBSERVACIONES:	<u>EN LOS CONTACTOS CON EL PUENTE DEL KM 4+300 SE OBSERVA AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL</u>
	_____
	_____

*Figura 3.1.2.2.- Levantamiento de deterioros cuerpo A, km 3+000 al km 6+000.*

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS**

OBRA: MODERNIZACIÓN DE LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA: -
TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE AMBOS CUERPOS	EVALUADOR: G.O.G.A.
SUBTRAMO: Km 0+000 AL Km 7+200 CPO A	ORIGEN: GLORIETA DE LA CARRETA

D E T E R I O R O		ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					
		KM 6+000		A KM		7+200	KM 6+000		A KM		7+200	KM 6+000		A KM		7+200	
		<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	
TEXTURA	PÉRDIDA DEL AGREGADO GRUESO																
	PÉRDIDA DEL AGREGADO FINO			3													
	EXUDACIÓN DE ASFALTO																
	PULIMENTO DE AGREGADOS			3													
	DESPRENDIMIENTO DE CARPETA																
DEFORMACIÓN	TRANSVERSALES																
	POR INESTABILIDAD		3														
	RODERAS (*) (2.7 cm)																
(*) Indicar la magnitud de la profundidad de la rodera, en cm.																	
AGRIETAMIENTO	LONGITUDINAL																
	TRANSVERSAL																
	DE MAPA	EN LA RODERA															
		AL CENTRO DEL CARRIL		2													
		EN BORDES DEL PAVIMENTO															
	PIEL DE COCODRILO	EN LA RODERA	3														
		AL CENTRO DEL CARRIL	4	2													
		EN BORDES DEL PAVIMENTO															
	DE REFLEXIÓN	EN LA RODERA															
		AL CENTRO DEL CARRIL															
EN BORDES DEL PAVIMENTO																	
OTROS	CALAVERO																
	BACHES SIN TAPAR		3														
	BACHES TAPADOS		2														

NOTA: CALIFICAR LOS DAÑOS CON LA SIGUIENTE ESCALA:

1) MUY LIGEROS    2) LIGEROS    3) MODERADOS    4) SEVEROS    5) MUY SEVEROS

MANTENIMIENTO REALIZADO	NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :															
	1) BUENO	2) REGULAR	3) MALO													
BACHEO SUPERFICIAL		2														
BACHEO PROFUNDO																
TRATAMIENTO SUPERFICIAL																
RENIVELACIÓN																
SOBRECARPETA																
CARPETA RECICLADA																

NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :

1) BUENO    2) REGULAR    3) MALO

b) ESCRIBIR Y EVALUAR " DEFECTOS VARIOS " AL REVERSO DE LA HOJA, POR EJEMPLO: EROSIÓN DE TALUDES, DRENAJE DEFICIENTE, ETC

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

*Figura 3.1.2.3.- Levantamiento de deterioros cuerpo A, km 6+000 al km 7+200.*

A continuación, se presentan los datos obtenidos para el levantamiento de deterioros del libramiento norte correspondiente al cuerpo B.

**Levantamiento de deterioros libramiento norte, cuerpo B**

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS**

OBRA: MODERNIZACIÓN DE LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA: -
TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE AMBOS CUERPOS	EVALUADOR: G.O.G.A.
SUBTRAMO: Km 7+200 AL Km 0+000 CPO B	ORIGEN: GLORIETA DE LA CARRETA

D E T E R I O R O		ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %				
		KM 7+200		A KM 6+000			KM 6+000		A KM 5+000			KM 5+000		A KM 4+000		
		<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80
TEXTURA	PÉRDIDA DEL AGREGADO GRUESO															
	PÉRDIDA DEL AGREGADO FINO			3			4					4				
	EXUDACIÓN DE ASFALTO															
	PULIMENTO DE AGREGADOS	3		2			2	3				2				
	DESPRENDIMIENTO DE CARPETA															
DEFORMACIÓN	TRANSVERSALES															
	POR INESTABILIDAD						4					5				
	RODERAS (*) (05 cm)															
(*) Indicar la magnitud de la profundidad de la rodera, en cm.																
AGRIETAMIENTO	LONGITUDINAL	3					4									
	TRANSVERSAL															
	DE MAPA	EN LA RODERA														
		AL CENTRO DEL CARRIL	3													
		EN BORDES DEL PAVIMENTO		2												
	PIEL DE COCODRILO	EN LA RODERA						4					5	4		
		AL CENTRO DEL CARRIL			2			5	4				5	4		
		EN BORDES DEL PAVIMENTO														
	DE REFLEXIÓN	EN LA RODERA														
		AL CENTRO DEL CARRIL														
EN BORDES DEL PAVIMENTO																
OTROS	CALAVERO	4					4					3				
	BACHES SIN TAPAR															
	BACHES TAPADOS							3					4			

NOTA: CALIFICAR LOS DAÑOS CON LA SIGUIENTE ESCALA:

- 1) MUY LIGEROS      2) LIGEROS      3) MODERADOS      4) SEVEROS      5) MUY SEVEROS

MANTENIMIENTO REALIZADO	NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :				
	1) BUENO	2) REGULAR	3) MALO		
BACHEO SUPERFICIAL	3	2			3
BACHEO PROFUNDO					
TRATAMIENTO SUPERFICIAL					
RENIVELACIÓN					
SOBRECARPETA					
CARPETA RECICLADA					

NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :

- 1) BUENO      2) REGULAR      3) MALO

b) ESCRIBIR Y EVALUAR " DEFECTOS VARIOS " AL REVERSO DE LA HOJA, POR EJEMPLO: EROSIÓN DE TALUDES, DRENAJE DEFICIENTE, ETC

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

Figura 3.1.2.4.- Levantamiento de deterioros cuerpo B, km 7+200 al km 4+000.

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS**

OBRA: MODERNIZACIÓN DE LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA: -
TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE AMBOS CUERPOS	EVALUADOR: G.O.G.A.
SUBTRAMO: <b>Km 7+200AL Km 0+000 CPO B</b>	ORIGEN: <b>GLORIETA DE LA CARRETA</b>

D E T E R I O R O		ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					
		KM 4+000		A KM		3+000	KM 3+000		A KM		2+000	KM 2+000		A KM		1+000	
		<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	
TEXTURA	PÉRDIDA DEL AGREGADO GRUESO																
	PÉRDIDA DEL AGREGADO FINO		3					3	2								
	EXUDACIÓN DE ASFALTO																
	PULIMENTO DE AGREGADOS	2					4	3				4		2			
	DESPRENDIMIENTO DE CARPETA																
DEFORMACIÓN	TRANSVERSALES																
	POR INESTABILIDAD																
	RODERAS (*) (130 cm)																
	(*) Indicar la magnitud de la profundidad de la rodera, en cm.																
AGRIETAMIENTO	LONGITUDINAL																
	TRANSVERSAL							2									
	DE MAPA	EN LA RODERA	1														
		AL CENTRO DEL CARRIL															
		EN BORDES DEL PAVIMENTO															
	PIEL DE COCODRILO	EN LA RODERA		3	2				5	3			5		4		
		AL CENTRO DEL CARRIL	3		2				5		4	1	5		4		
		EN BORDES DEL PAVIMENTO															
	DE REFLEXIÓN	EN LA RODERA															
		AL CENTRO DEL CARRIL															
EN BORDES DEL PAVIMENTO																	
OTROS	CALAVERO							4					5	1			
	BACHES SIN TAPAR													4			
	BACHES TAPADOS	2						4					4				

NOTA: CALIFICAR LOS DAÑOS CON LA SIGUIENTE ESCALA:

1) MUY LIGEROS    2) LIGEROS    3) MODERADOS    4) SEVEROS    5) MUY SEVEROS

MANTENIMIENTO REALIZADO	NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :																
	1) BUENO	2) REGULAR	3) MALO														
BACHEO SUPERFICIAL	2							3								3	
BACHEO PROFUNDO	2															2	
TRATAMIENTO SUPERFICIAL																	
RENIVELACIÓN																	
SOBRECARPETA																	
CARPETA RECICLADA																	

NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :

1) BUENO    2) REGULAR    3) MALO

b) ESCRIBIR Y EVALUAR " DEFECTOS VARIOS " AL REVERSO DE LA HOJA, POR EJEMPLO: EROSIÓN DE TALUDES, DRENAJE DEFICIENTE, ETC

OBSERVACIONES: BACHEO PROFUNDO CON CONCRETO HIDRAÚLICO, EN EL KM 3+000 Y KM 1+150

---



---

*Figura 3.1.2.5.- Levantamiento de deterioros cuerpo B, km 4+000 al km 1+000.*

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS**

OBRA: MODERNIZACIÓN DE LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.	FECHA: -
TRAMO: LIBRAMIENTO NORTE AMBOS CUERPOS	EVALUADOR: G.O.G.A.
SUBTRAMO: <b>Km 7+200AL Km 0+000 CPO B</b>	ORIGEN: <b>GLORIETA DE LA CARRETA</b>

D E T E R I O R O		ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %					ÁREA DAÑADA, %							
		KM +000		A KM			0+000												
		<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80			
TEXTURA	PÉRDIDA DEL AGREGADO GRUESO																		
	PÉRDIDA DEL AGREGADO FINO	4		3															
	EXUDACIÓN DE ASFALTO																		
	PULIMENTO DE AGREGADOS		3																
	DESPRENDIMIENTO DE CARPETA																		
DEFORMACIÓN	TRANSVERSALES																		
	POR INESTABILIDAD			4															
	RODERAS (*) (2.7 cm)																		
(*) Indicar la magnitud de la profundidad de la rodera, en cm.																			
AGRIETAMIENTO	LONGITUDINAL																		
	TRANSVERSAL																		
	DE MAPA	EN LA RODERA																	
		AL CENTRO DEL CARRIL																	
		EN BORDES DEL PAVIMENTO																	
	PIEL DE COCODRILO	EN LA RODERA	4	2															
		AL CENTRO DEL CARRIL	5		2														
		EN BORDES DEL PAVIMENTO																	
	DE REFLEXIÓN	EN LA RODERA																	
		AL CENTRO DEL CARRIL																	
EN BORDES DEL PAVIMENTO																			
OTROS	CALAVEREO	4																	
	BACHES SIN TAPAR																		
	BACHES TAPADOS		4																

NOTA: CALIFICAR LOS DAÑOS CON LA SIGUIENTE ESCALA:

1) MUY LIGEROS    2) LIGEROS    3) MODERADOS    4) SEVEROS    5) MUY SEVEROS

MANTENIMIENTO REALIZADO	1) BUENO					2) REGULAR					3) MALO							
	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80	<10	10 a 20	20 a 50	50 a 80	>80			
BACHEO SUPERFICIAL	3	2																
BACHEO PROFUNDO																		
TRATAMIENTO SUPERFICIAL																		
RENIVELACIÓN																		
SOBRECARPETA																		
CARPETA RECICLADA																		

NOTAS : a) CALIFICAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO COMO :

1) BUENO    2) REGULAR    3) MALO

b) ESCRIBIR Y EVALUAR " DEFECTOS VARIOS " AL REVERSO DE LA HOJA, POR EJEMPLO: EROSIÓN DE TALUDES, DRENAJE DEFICIENTE, ETC

OBSERVACIONES: .....

.....

.....

*Figura 3.1.2.6.- Levantamiento de deterioros cuerpo B, km 1+000 al km 0+000.*

A continuación, se muestran algunas fotografías que muestran el tipo de deterioro que presenta el pavimento del libramiento norte.



*Fotografía 3.1.2.1.- Exposición del agregado grueso, km 0+700 cuerpo A.*



*Fotografía 3.1.2.2.- Grietas longitudinales km 2+360 cuerpo A.*



*Fotografía 3.1.2.3.- Agrietamiento severo, km 3+820 cuerpo B.*



*Fotografía 3.1.2.4.- Agrietamiento tipo piel de cocodrilo, km 5+610 cuerpo B.*

Como conclusión podemos decir que se observaron deterioros ligeros a moderados en un 40 % de su extensión, siendo severo en un 60 %, predominando agrietamientos tipo piel de cocodrilo y tipo mapa de forma severa, en algunos casos desprendimiento de carpeta asfáltica y expulsión de finos. El agrietamiento observado indica que el pavimento se encuentra sometido a un fenómeno de fatiga.

### 3.2.-Evaluación estructural

El conocimiento sobre la condición estructural del pavimento es esencial para poder tomar decisiones apropiadas sobre mantenimiento y rehabilitación. La medición de los desplazamientos verticales ofrece varias ventajas sobre la medición destructiva. Primero, la medición de los desplazamientos se realiza sobre el mismo pavimento, midiendo la respuesta real de éste a una carga determinada. Segundo, las mediciones de desplazamiento son relativamente rápidas y económicas, permitiendo la medición de una cantidad más grande de puntos. La seguridad vial requerida durante la medición también se reduce considerablemente. La medición no destructiva determina el estado estructural sin dañar el pavimento, y se tiene un alto grado de repetibilidad.

#### 3.2.1.-Medición de desplazamientos verticales con equipo HWD (Heavy Weight Deflectometer)

Un Deflectómetro de Impactos HWD es un equipo para pruebas no destructivas usado para determinar los parámetros esfuerzo-deformación de los pavimentos incluyendo la capa subrasante. Al operar dicho equipo, se simula el efecto repentino del paso de un vehículo sobre el pavimento, al aplicar una carga estandarizada sobre un plato que forma parte del mismo equipo y que está apoyado sobre el pavimento. El impulso de esta carga está generado por el impacto de un peso al caer y fue diseñado para producir un desplazamiento vertical que simula la deformación producida por el paso una rueda de un vehículo automotor, transitando a velocidad y carga normales.

El desplazamiento de la estructura se mide durante el tiempo de duración de la carga (32 ms) quedando registrado el valor máximo de dicho desplazamiento. Cuando los desplazamientos verticales se comparan con los desplazamientos de otras secciones, se puede estimar la capacidad del pavimento medido para soportar su carga de trabajo. Puede haber una comparación directa con secciones similares o un cálculo analítico de las tensiones y fatigas de las diferentes capas.

Los componentes importantes del equipo son la unidad que genera la carga, el transductor de la carga máxima, los sensores de desplazamiento, y los transductores de distancia y temperatura. Los instrumentos de grabación y control incluyendo una computadora personal que se instalan en un vehículo de remolque. El equipo se opera normalmente desde el asiento del conductor del vehículo de remolque.

El equipo está diseñado para medir las deformaciones producidas en la estructura completa de un pavimento y puede ser usado también sobre bases, sub-bases y capas subrasantes. La exactitud, la

capacidad de producir las cargas adecuadas y la operación simple, hace que el equipo sea el apropiado tanto para la investigación como para las aplicaciones de rutina.

Durante el impacto, la forma de la cuenca de deformación queda medida y registrada. La forma de la cuenca de deformación se usa posteriormente con programas de análisis de estructuras de varias capas para determinar la resistencia tanto de la estructura total del pavimento, como de cada una de las capas.

Por otra parte, cabe aclarar que la medición de deflexiones se realizó en el Cuerpo A, así como en el Cuerpo B, en los carriles de baja velocidad y con separación de 200 m entre mediciones, en todos los casos. En la tabla 3.2.1.1. y tabla 3.2.1.2. se pueden observar los resultados de las deflexiones determinadas en los siete sensores de deflexiones con que cuenta el equipo (SD1, SD2 ... SD7), indicándose además el cadenamiento y magnitud de la carga impuesta en cada estación; en las figuras 3.2.1.1. y 3.2.1.2., se presentan los perfiles de deflexiones para ambos cuerpos y carriles, en las cuales se representa gráficamente la variación de la respuesta del pavimento a lo largo del tramo.

ESTACIÓN	ESFUERZO (kPa)	DEFLEXIÓN ( micras )						
		SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	SD <sub>3</sub>	SD <sub>4</sub>	SD <sub>5</sub>	SD <sub>6</sub>	SD <sub>7</sub>
0.000	822.00	457.10	174.20	104.00	71.50	31.70	18.20	7.80
0.201	779.00	1174.10	559.80	373.20	267.00	144.10	102.50	72.40
0.403	854.00	909.30	491.80	293.00	214.50	114.10	80.00	54.50
0.601	826.00	796.90	424.60	260.20	175.10	80.40	54.40	35.10
0.809	822.00	810.00	397.30	226.10	135.80	62.20	49.70	27.70
0.999	783.00	664.90	342.30	211.80	142.10	69.10	48.30	26.40
1.200	828.00	853.80	367.10	234.00	172.80	93.90	62.90	29.20
1.400	840.00	582.60	326.50	218.20	156.30	81.80	58.90	41.40
1.599	807.00	1046.00	584.40	349.20	232.50	117.20	82.20	47.00
1.802	777.00	1411.90	568.90	287.70	167.60	73.10	50.40	29.70
2.002	875.00	1751.00	255.40	142.70	109.60	68.80	52.30	31.50
2.200	903.00	497.70	215.40	102.50	74.80	55.40	47.00	34.50
2.400	878.00	744.40	327.40	179.70	106.50	35.10	23.30	5.00
2.601	803.00	419.60	140.60	62.10	37.30	19.10	17.70	11.60
2.802	836.00	544.40	237.10	138.60	89.70	47.00	35.90	21.00
3.000	840.00	423.20	209.20	129.30	86.90	41.40	30.70	22.10
3.198	728.00	173.90	55.30	32.10	22.90	14.50	12.10	8.00
3.400	751.00	577.90	294.00	206.70	160.50	90.40	62.00	36.40
3.602	736.00	114.40	38.60	24.50	18.90	10.60	8.80	6.20
3.799	719.00	255.20	122.90	84.80	65.50	31.10	21.50	14.20
3.999	700.00	139.60	53.30	29.00	22.00	11.00	8.60	22.90
4.247	809.00	210.50	79.90	45.80	30.20	16.10	10.10	9.60
4.401	947.00	1391.20	391.50	142.70	82.60	57.60	42.00	36.40
4.599	804.00	318.40	131.80	77.70	54.80	26.10	19.80	13.30
4.801	791.00	267.20	97.90	66.60	53.80	32.40	23.30	14.80
5.003	883.00	383.00	122.20	60.90	43.20	27.80	20.30	20.90
5.202	855.00	406.50	139.90	64.80	45.10	31.80	19.50	4.70
5.401	877.00	449.80	140.60	50.60	20.00	4.90	5.40	4.00
5.600	830.00	241.60	71.60	24.70	9.30	2.90	4.20	2.90
5.800	865.00	534.90	199.10	88.80	41.20	8.70	5.90	3.10
5.999	813.00	285.70	86.00	39.60	23.80	14.50	10.80	6.20
6.203	873.00	432.00	190.70	104.80	72.40	40.20	30.30	18.70
6.400	776.00	188.10	104.40	76.50	60.90	40.40	33.50	25.30
6.601	878.00	442.40	141.80	48.90	18.90	6.50	8.20	25.90
6.808	788.00	384.50	126.30	53.00	27.50	15.90	14.90	10.30
7.000	816.00	258.50	84.60	53.70	42.40	27.50	20.00	14.80

*Tabla 3.2.1.1.- Deflexiones medidas del km 0+000 al km 7+000, cuerpo A.*

ESTACIÓN	ESFUERZO (kPa)	DEFLEXIÓN ( micras )						
		SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	SD <sub>3</sub>	SD <sub>4</sub>	SD <sub>5</sub>	SD <sub>6</sub>	SD <sub>7</sub>
6.999	773.00	492.10	193.20	100.70	60.30	24.10	17.50	6.90
6.799	822.00	619.80	236.90	118.00	76.00	51.60	47.00	28.10
6.598	842.00	404.30	119.10	38.10	10.90	4.80	2.60	0.40
6.398	781.00	612.90	275.00	147.30	87.80	28.80	17.40	15.20
6.201	803.00	428.60	133.20	52.70	27.40	12.70	11.20	8.00
6.000	786.00	462.20	163.20	74.10	36.80	7.40	3.60	1.20
5.798	805.00	462.30	172.20	75.10	30.40	18.40	10.80	2.90
5.601	749.00	305.70	117.60	55.70	28.50	13.30	6.00	2.00
5.387	732.00	200.80	104.80	74.30	56.40	29.10	21.50	14.90
5.198	743.00	151.00	53.40	24.30	11.60	7.80	3.30	1.00
4.999	925.00	975.00	256.70	99.40	58.90	31.70	29.00	18.80
4.800	911.00	580.20	188.10	87.90	57.70	33.40	29.90	24.20
4.599	793.00	718.70	337.30	242.20	181.20	58.80	29.10	13.20
4.399	815.00	669.00	295.10	169.80	107.70	47.20	34.50	19.20
4.220	713.00	119.00	81.80	80.70	80.00	74.30	67.50	52.40
4.000	791.00	340.00	113.70	54.70	31.70	7.80	5.00	1.30
3.799	757.00	163.60	58.80	32.60	20.60	11.20	10.20	7.80
3.599	739.00	169.70	59.70	41.60	35.30	24.10	19.20	13.00
3.402	778.00	179.00	52.80	30.80	20.80	10.00	8.20	4.30
3.198	756.00	190.20	96.30	60.50	43.60	22.70	19.00	12.40
2.998	821.00	501.00	191.40	89.40	48.30	19.40	14.60	12.60
2.799	732.00	195.10	85.10	52.30	38.40	21.30	16.10	10.30
2.598	734.00	490.60	253.50	164.40	115.80	57.10	39.40	25.40
2.384	755.00	608.00	295.70	199.70	146.00	72.50	46.80	27.20
2.199	769.00	314.40	136.90	90.40	74.60	57.00	44.10	31.20
2.000	812.00	513.20	237.60	156.40	122.30	80.50	57.40	43.50
1.800	820.00	662.10	281.10	180.90	132.50	68.50	46.80	26.10
1.599	788.00	725.70	391.80	257.90	186.40	93.80	61.10	44.50
1.397	755.00	1050.50	510.50	279.60	216.00	107.30	69.90	50.40
1.195	745.00	132.50	109.80	94.90	84.00	59.20	41.40	20.30
0.988	767.00	769.90	435.20	282.10	195.10	82.10	51.40	40.30
0.800	842.00	721.60	293.40	159.60	102.90	58.10	41.60	31.10
0.598	810.00	745.80	343.00	192.30	122.70	61.70	44.40	32.20
0.399	758.00	646.50	372.80	278.60	219.10	133.40	91.50	64.40
0.199	801.00	710.40	350.90	221.40	163.00	100.10	70.80	49.90
0.000	954.00	449.40	185.50	92.60	57.60	26.00	21.70	11.90

*Tabla 3.2.1.2.- Deflexiones medidas del km 0+000 al km 7+000, cuerpo B.*

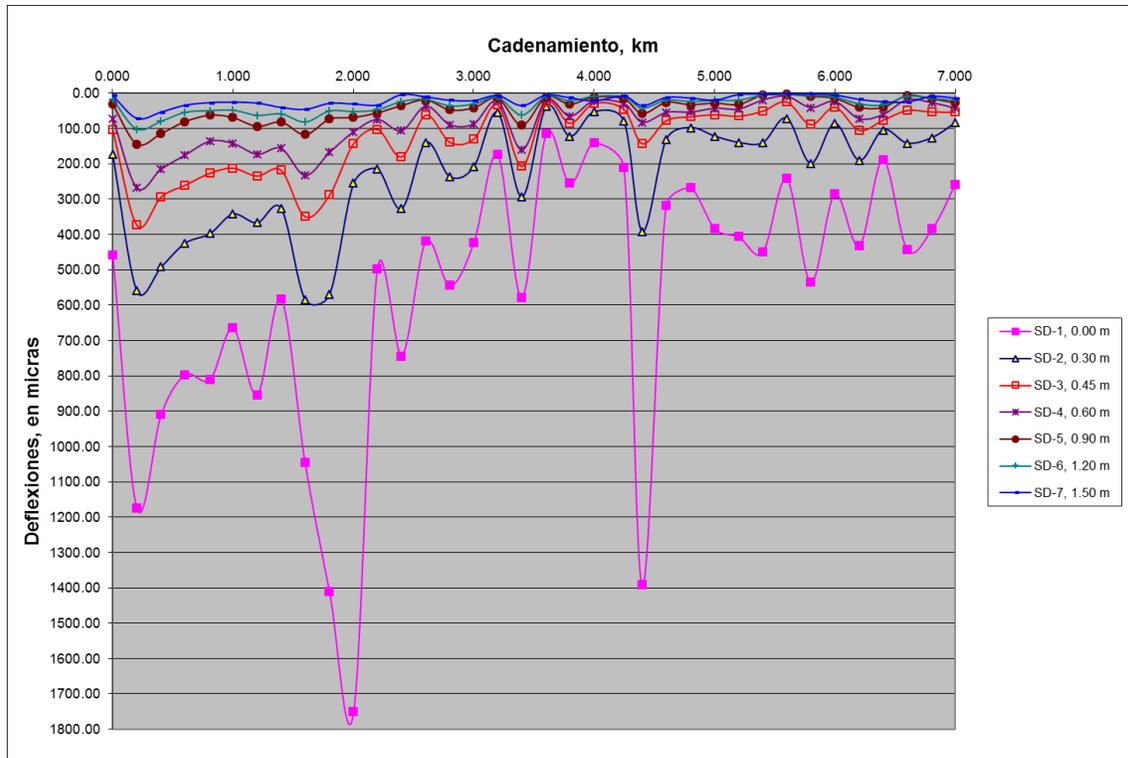


Figura 3.2.1.1.- Perfil de deflexiones del km 0+000 al km 7+000, cuerpo A.

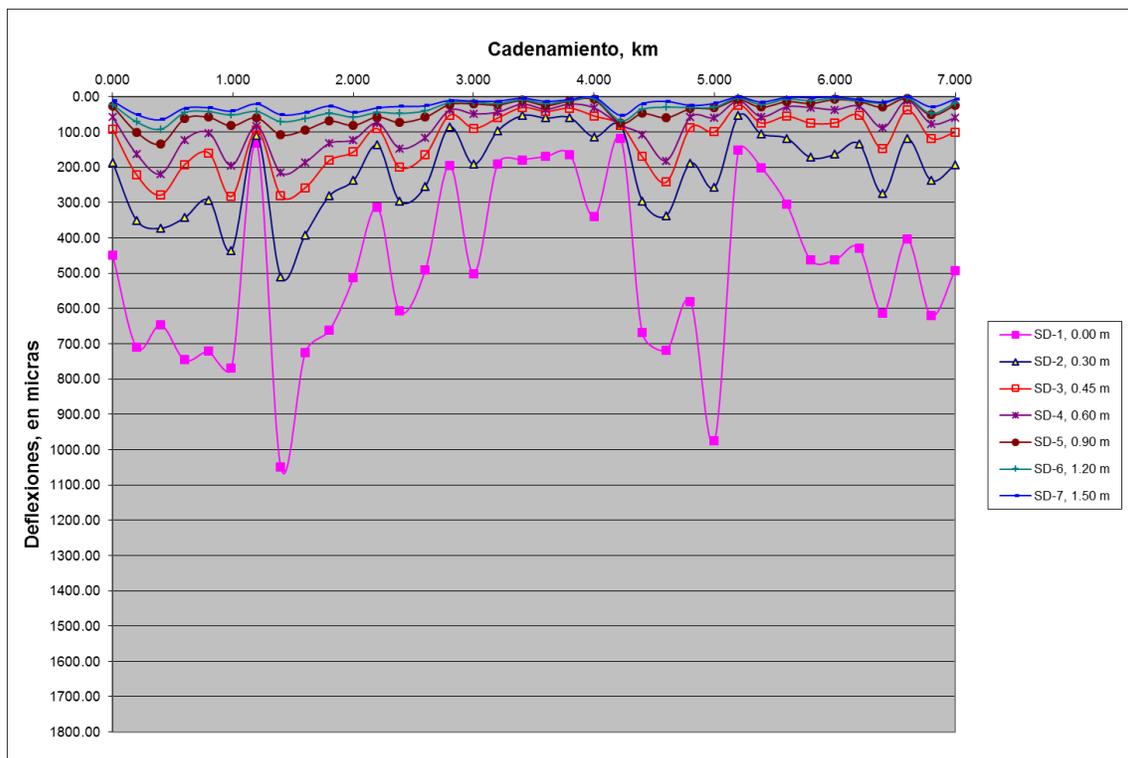


Figura 3.2.1.2.- Perfil de deflexiones del km 0+000 al km 7+000, cuerpo B.

A continuación, se presentan algunas fotografías de los trabajos antes mencionados.



*Fotografía 3.2.1.1.- Medición de deflexiones con equipo HWD, km 1+500 cuerpo A.*



*Fotografía 3.2.1.2.- Medición de deflexiones con equipo HWD, km 4+200 cuerpo A.*

Con objeto de hacer las mediciones de deflexión comparables y tener una mejor perspectiva de los valores se normalizan a un esfuerzo de 700 kPa, con lo cual se realizaron los siguientes análisis. Con los valores de deflexión normalizada se identifican dos zonas homogéneas en el cuerpo A, la zona 1 que comprende del km 0+000 al km 3+200 presenta una deflexión promedio de 0.77 mm interpretado como altas deformaciones y una respuesta deficiente de la estructura de pavimento. La zona 2 abarca del km 3+200 al km 7+000 con deformaciones promedio de 0.33 mm interpretando estos valores como deformaciones y respuesta estructural aceptables. A continuación, se muestra una tabla resumen de las zonas homogéneas (tabla 3.2.1.3.).

ZONA HOMOGÉNEA	CADENAMIENTO	DEFLEXIÓN A 700 kPa PROMEDIO (mm)	DEFLEXIÓN A 700 kPa MÁXIMA (mm)	DEFLEXIÓN A 700 kPa MÍNIMA (mm)
<b>ZONA 1</b>	0+000 al 3+200	0.77	1.75	0.17
<b>ZONA 2</b>	3+200 al 7+000	0.33	0.57	0.11

Tabla 3.2.1.3.- Zonas homogéneas de deflexión en el Libramiento Norte cuerpo A.

Observando las deflexiones obtenidas en el cuerpo A se puede decir que su comportamiento es aceptable con un valor de deflexión promedio de 0.55 mm, indican que la respuesta estructural en la zona 1 se verá comprometida en el corto plazo; sin embargo, se nota un mejor comportamiento en la zona 2.

Analizando de igual forma el cuerpo B se identificaron cuatro zonas homogéneas, la zona 1 comprende del km 0+000 al km 2+600 con una deflexión promedio de 0.54 mm, indicando una deformación importante con una baja respuesta estructural. La zona 2 que inicia en el km 2+600 al 4+200 con una deflexión promedio de 0.21 mm indica un buen comportamiento en la estructura del pavimento. La zona 3 que comprende del km 4+200 al 5+200 tiene una deflexión promedio de 0.60 mm indicando que está en el umbral de respuesta desfavorable pues presenta un valor de deformación importante. En lo que respecta a la zona 4 que abarca del km 5+200 al 7+000 presenta una deflexión promedio de 0.39 mm alcanzando un comportamiento estructural aceptable.

ZONA HOMOGÉNEA	CADENAMIENTO	DEFLEXIÓN A 700 kPa PROMEDIO (mm)	DEFLEXIÓN A 700 kPa MÁXIMA (mm)	DEFLEXIÓN A 700 kPa MÍNIMA (mm)
<b>ZONA 1</b>	0+000 al 2+600	0.54	1.05	0.13
<b>ZONA 2</b>	2+600 al 4+200	0.21	0.50	0.11
<b>ZONA 3</b>	4+200 al 5+200	0.60	0.97	0.15
<b>ZONA 4</b>	5+200 al 7+000	0.39	0.61	0.20

Tabla 3.2.1.4.- Zonas homogéneas de deflexión en el Libramiento Norte cuerpo B.

Observando las deflexiones obtenidas en el cuerpo A se puede decir que su comportamiento es medio-regular, con valores en un rango de entre 0.33 y 0.77 mm, indicando que la respuesta estructural se verá comprometida a corto plazo, mientras que el cuerpo B ofrece valores de deflexiones en un rango de 0.21 a 0.60 mm también indicando que la respuesta estructural se verá comprometida a corto plazo.

### 3.2.2.-Módulos de elasticidad del pavimento

Adicionalmente con el programa de cómputo ELMOD (Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design) y con los datos de la medición de deflexiones, los datos de tránsito traducidos a número de ejes acumulados equivalentes (ESALs) y la estructura del pavimento, es posible determinar los módulos de elasticidad de las diferentes capas del pavimento incluyendo la capa subrasante; también es posible identificar la capa débil, efectuar el pronóstico de vida remanente y finalmente, en caso necesario, definir un espesor en términos de una sobre carpeta de concreto asfáltico como refuerzo del pavimento para el horizonte analizado.

A partir de las deflexiones obtenidas mediante el Deflectómetro de impacto, comentadas en el punto anterior, se llevó a cabo el cálculo de los módulos de elasticidad de cada una de las capas que integran el pavimento actual de los tramos en estudio, utilizando para ello el software denominado ELMOD 5, que es parte integral del equipo Dynatest y con el cual es posible realizar el retro cálculo de dichos módulos, teniendo como insumos los valores medidos de las propias deflexiones y el espesor encontrado de cada capa que integran el pavimento. Los resultados obtenidos se pueden observar en las figuras 3.2.2.1. y 3.2.2.2.

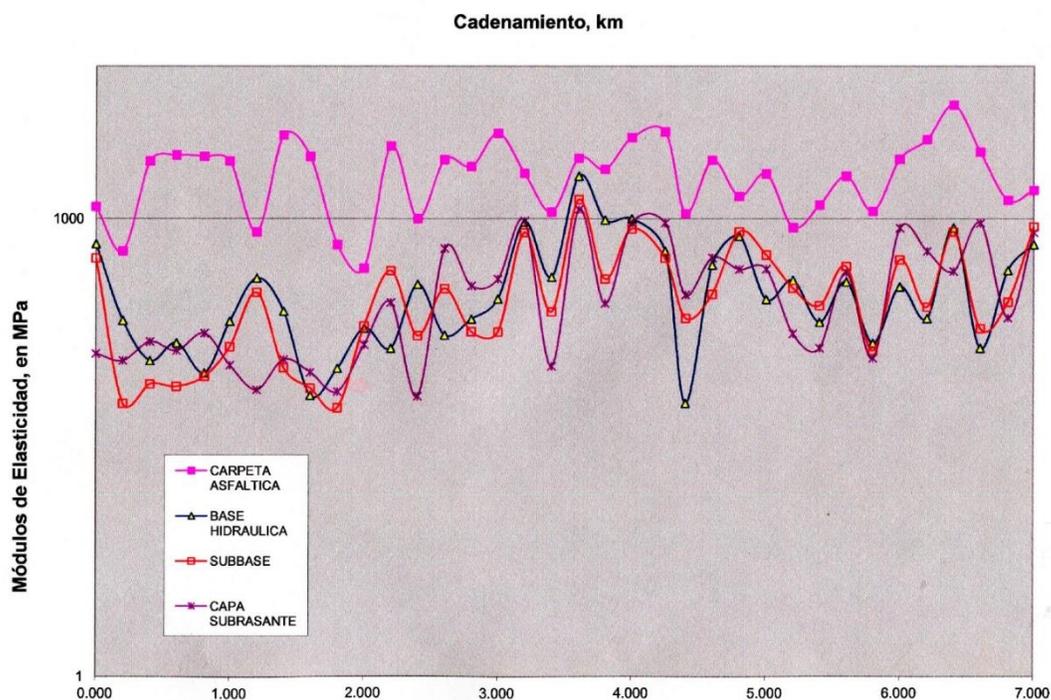


Figura 3.2.2.1.- Perfil de módulos de elasticidad del pavimento, cuerpo A.

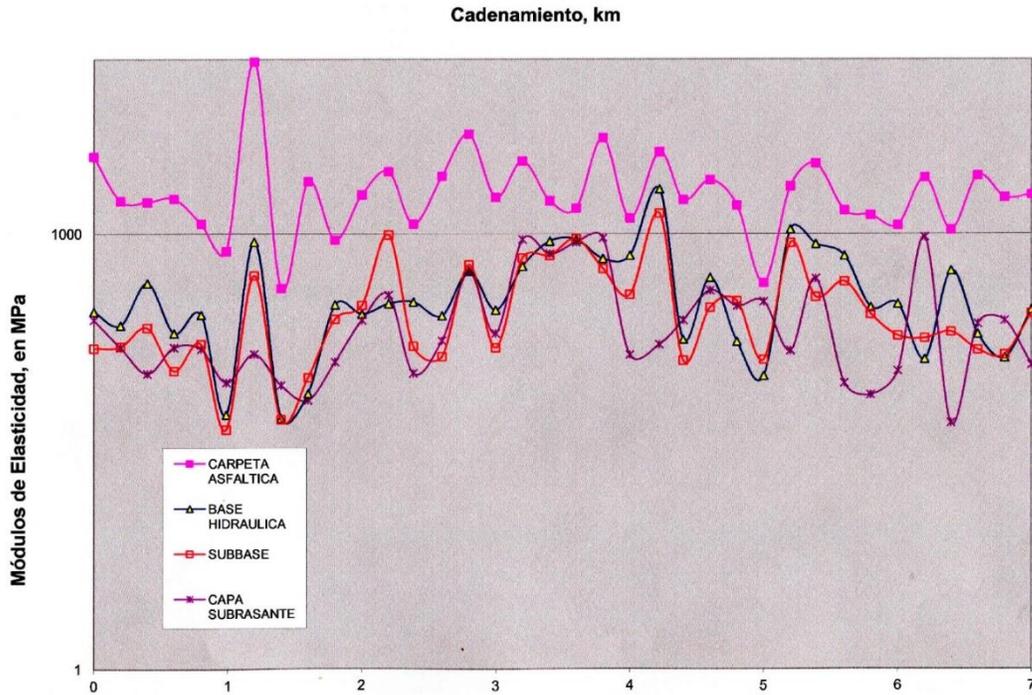


Figura 3.2.2.2.- Perfil de módulos de elasticidad del pavimento, cuerpo B.

A continuación, se presentan las tablas 3.2.2.1 y 3.2.2.2 a manera de resumen donde se muestran valores promedio de los módulos de elasticidad que presenta el estado del pavimento (de cada capa) de ambos cuerpos, y en donde podemos observar que se presentan deficiencias en la respuesta estructural de las capas del pavimento para soportar las cargas que ejercen los vehículos sobre él.

TIPO DE CAPA	ESPESOR PROMEDIO (m)	MÓDULO ELASTICIDAD (MPa)	DE VIDA REMANENTE (AÑOS)
CARPETA ASFÁLTICA	0.09	2108	2
BASE HIDRÁULICA	0.19	419	3
SUB-BASE	0.24	375	3

Tabla 3.2.2.1.- Módulos de elasticidad promedio del tramo Libramiento Norte cuerpo A.

TIPO DE CAPA	ESPEJOR PROMEDIO (m)	MÓDULO ELASTICIDAD (MPa)	DE VIDA REMANENTE (AÑOS)
<b>CARPETA ASFÁLTICA</b>	0.11	2366	2
<b>BASE HIDRÁULICA</b>	0.16	454	3
<b>SUB-BASE</b>	0.21	360	3

*Tabla 3.2.2.2.- Módulos de elasticidad promedio del tramo Libramiento Norte cuerpo B.*

Con base en los valores de módulos de elasticidad obtenidos y mencionados en las tablas anteriores, podemos concluir que estos módulos se encuentran por debajo de los valores típicos correspondientes a cada capa. Por ejemplo, los modulos de elasticidad para una carpeta de concreto asfáltico en buen estado oscilan entre los 3500 a 4200 MPa, mientras que para la base hidráulica y sub-base se encuentran entre 470-550 y 380-420 MPa respectivamente, por lo que la vida remanente del pavimento (de ambos cuerpos) oscila entre los 2 y 3 años.

Los resultados obtenidos indican que el pavimento no podrá soportar el transito futuro, requiriendo efectuar una adecuación de su estructura actual.

## Capítulo 4.-Análisis de tránsito

Uno de los factores más importantes en el diseño de pavimento es el tránsito vehicular el cual incluye la magnitud de las cargas y la configuración del número de repeticiones de éstas.

Para esto, existen algunos procedimientos que consideran los efectos del tránsito y la interacción del tránsito y el vehículo en el diseño de pavimento.

### 4.1.-Estaciones de aforo

Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, para lo cual se ha generalizado el uso de aparatos de medición de diversa índole. Estas formas incluyen: los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular. Los aforos por combinación de métodos manuales y mecánicos, tales como el uso de contadores accionados manualmente por observadores. Los aforos con el uso de dispositivos mecánicos, los cuales automáticamente contabilizan y registran los ejes de los vehículos. Y los aforos con la utilización de técnicas tan sofisticadas como las cámaras fotográficas, las filmaciones y los equipos electrónicos adaptados a computadoras.

Para este proyecto se colocaron dos estaciones de aforo mediante dispositivos mecánicos en ambos cuerpos en el punto más representativo del tramo (km 1+200) que es casi al comienzo para determinar el tipo de vehículos que transita por ambos cuerpos.

### 4.2.-Volumen de tránsito

Sin duda alguna, otro de los factores importantes para el diseño de pavimento es el estudio de tránsito, del cual se obtiene el tránsito diario promedio anual (TDPA) en el inicio del periodo de análisis, la distribución del tránsito por sentido de circulación, la distribución del tránsito por el tipo de vehículo, y el tipo y tasa de crecimiento del tránsito vehicular a lo largo del periodo de análisis. El tránsito diario promedio anual, es el valor medio del tránsito total diario que pasa durante un periodo de un año en algún tramo vial.

Para conocer el tránsito diario promedio anual es necesario conocer el número total de vehículos que pasan durante el año en el tramo del proyecto, esto se logra mediante aforos continuos y pueden ser en periodos horarios, diarios, semanales o mensuales. En muchos de los casos es difícil conocer el dato anual, ya que esto involucra un alto costo. Por tal motivo, el cálculo del tránsito diario promedio anual se puede conocer a partir del tránsito diario promedio semanal (TDPS).

Para llevar a cabo esta modernización del pavimento, se colocaron dos estaciones de aforo (una por cada sentido) por un periodo de siete días en el punto crítico más desfavorable del Libramiento Norte de Tuxtla Gutiérrez. El aforo fue semanal comenzando el día lunes y terminando el domingo. Este aforo se realizó en días normales (no feriados) para que los resultados obtenidos pudieran ser fieles.

El TDPA registrado que resultó del estudio de tránsito es el siguiente:

TDPA<sub>13</sub>= 19,818 VEHÍCULOS

Por otra parte, la DGST cuenta con un apartado de datos viales que va actualizando año con año y en la cual nos podemos apoyar para conocer el historial de TDPA que han registrado en años pasados.

#### 4.3.-Composición vehicular

Con la clasificación vehicular se puede realizar la conversión del volumen del tránsito a la acumulación de cargas a lo largo del periodo de análisis. Para esto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) presenta una clasificación de la composición vehicular con la siguiente nomenclatura:

CLASIFICACIÓN VEHICULAR	
Vehículo	Nomenclatura
<b>A</b>	Automóvil y camioneta
<b>B</b>	Autobús
<b>C</b>	Camión
<b>T-S</b>	Tractocamión con semirremolque
<b>T-S-R</b>	Tractocamión con semirremolque y remolque

*Tabla 4.3.1.- Clasificación vehicular conforme a la normativa SCT.*

Cabe aclarar, que para cada una de las categorías que se presentan en la tabla anterior se consideran subdivisiones. Estas subdivisiones están en función del número de ejes de cada vehículo o caso particular, es decir, para un camión de tres ejes se clasifica como "C3" y un Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes como "T3-S2". En la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2008, se encuentran las características sobre peso y dimensiones máximas con las que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

La composición vehicular que se tomó en cuenta fue la más desfavorable que se tiene registrada en los Datos Viales de la Dirección General de Servicios Técnicos para ese tramo, ya que el aforo hecho en campo es el registro de apenas siete días (aforo semanal) lo que provoca que no sea un registro

tan confiable como los datos de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) que se vienen actualizando año con año.

A continuación, se presentan los datos que se utilizaron para esta modernización.

#### COMPOSICIÓN VEHICULAR:

A=83.6%; B=5.0%; C=11.4%

A = 83.6 %

B = 5.0 %

C2 = 5.2 %

C3 = 0.9 %

T3-S2 = 2.1 %

T3-S3 = 2.1 %

T3-S2-R4 = 1.1 %

100.0 %

#### 4.4.-Tasa de incremento anual

La tasa de crecimiento del tránsito vehicular se traduce al ritmo con que éste aumentará durante el periodo de análisis del proyecto, para esto se requiere conocer el tipo de crecimiento y así calcular el número acumulado de vehículos que circularán por el carril crítico de proyecto. Esto se determina a partir de análisis estadísticos a partir de datos históricos y técnicas de regresión. Una vez obtenida la ecuación que mejor se ajuste a los datos históricos, se realiza el pronóstico de los volúmenes de tránsito a lo largo del periodo de análisis y se considera la tasa de crecimiento como un parámetro de la ecuación.

La tasa de crecimiento anual que se tomó para este diseño de pavimento fue una combinación de una regresión lineal tomando el porcentaje que se ha incrementado el tránsito en los últimos cinco años.

INCREMENTO ANUAL = 5.0 %

## Capítulo 5.-Diseño de pavimento

Los métodos de diseño de pavimentos, tanto rígidos como flexibles, han sufrido importantes transformaciones a lo largo del tiempo. Desde aquellos primeros métodos de tipo empírico a principios del siglo pasado, que se basaban en un sistema de clasificación de suelos, o se apoyaban en pruebas de resistencia igualmente empíricas, hasta la época actual, estos sistemas se han visto fuertemente enriquecidos por las aportaciones de importantes investigaciones, como las realizadas en tramos experimentales, entre los que destaca el llevado a cabo bajo la dirección de la AASHO, en estados unidos y cuyos primeros resultados se incorporaron en 1962 a la tecnología de los pavimentos. Conceptos como el de equivalencia de cargas respecto a un eje, simple patrón en función de su efecto destructivo, el índice de espesor o número estructural para la equivalencia en la capacidad resistente de los diferentes materiales del pavimento y del índice de servicio para evaluar el comportamiento de los mismos, son aportaciones importantes del tramo de prueba AASHO.

### 5.1.-Diseño de pavimento flexible mediante programa de cómputo

#### 5.1.1.-Metodología AASHTO (WINPAS 12)

#### **SECUENCIA DE CÁLCULO DE LA METODOLOGÍA AASHTO MEDIANTE EL PROGRAMA WinPas 12, PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.**

A continuación, se menciona la secuencia de las rutinas que tiene el programa WinPas 12 y se describen las abreviaturas que se utilizarán para resumir la secuencia:

☐ Opción que fue elegida para el diseño que nos ocupa.

#### **SECUENCIA SEGUIDA**

1. El método AASHTO requiere la transformación del tránsito a ejes sencillos de 82 kN (18, 000 lb) de los ejes de diferentes pesos y configuraciones (sencillos, tándem y tridem) que circularán sobre el pavimento a lo largo del ciclo de proyecto.

Para determinar el número de ejes acumulados equivalentes, se deben de conocer los siguientes datos:

#### **I. Número de vehículos.**

El número de vehículos que transitarán en la zona de estudio es de 19,818 vehículos diarios (ver *tabla 5.1.1.1.*).

- II. Tipos de vehículos clasificados de acuerdo a una tipología.**  
Se muestra el porcentaje de la composición vehicular (Comp.)
- III. Las cargas que corresponden a cada eje.**  
Para las cargas que corresponden a cada tipo de eje se utiliza la tipología de vehículos autorizados por la SCT para circular por las vialidades nacionales (ver *tabla 5.1.1.1.*).
- IV. Tasa de crecimiento prevista.**  
En este diseño tenemos una proyección de crecimiento del 5 % correspondiente al tramo en estudio.
- V. Periodo o ciclo de Proyecto.**  
Por ser un pavimento de tipo flexible se usará un periodo de vida de 15 años.
- VI. Número de carriles.**  
Seis carriles, dos cuerpos.

El método aconseja utilizar la siguiente expresión para determinar el tránsito equivalente:  $W_{18} = D_D * D_L * w_{18}$  donde:

- $W_{18}$  Volumen de tránsito acumulado en el primer año
- $D_D$  es el factor de distribución direccional, 50 % en este caso
- $D_L$  es el factor de distribución por carril
- $w_{18}$  son los eje acumulados equivalentes en ambas direcciones

**Nota:** Por ser una carretera de dos cuerpos con tres carriles por sentido, se toma el 70 % de ejes equivalentes del factor de distribución por carril (esto indica que se tomará el 70% del 50% de ejes equivalentes).

*Tabla 5.1.1.1.- Análisis de tránsito*

TIPO	COMP %	VACIOS/CARGADOS	No. VEH	PESO POR EJE (x1000 lb)				PESOXEJE	No. VEH.	No. x AÑO
A	83.6	0	-	1.76	1.76			1.76	-	0
		100	5,799	2.20	2.20			2.20	11,597	4,233,085
B2	5.0	20	69	9.04	14.33			5.29	195	71,142
		80	277	14.33	24.25			(2)6.61	46	16,710
B3	0.0	20	-	9.04	17.64			9.04	142	51,648
		80	-	14.33	39.68			(2)10.14	67	24,305
C2	5.2	20	72	5.29	9.04			(2)11.02	110	40,255
		80	289	14.33	24.25			(3)12.35	44	15,950
C3	0.9	20	12	5.29	13.45			(2)13.45	12	4,557
		80	50	14.33	39.68			14.33	943	344,065
T3S2	2.1	30	44	5.29	11.02	10.14		(2)17.64	-	0
		70	102	14.33	39.68	37.48		24.25	566	206,591
T3S3	2.1	30	44	5.29	11.02	12.35		(2)27.56	107	38,989
		70	102	14.33	39.68	51.81		(2)37.48	155	56,711
T3S2R4	1.1	30	23	5.29	11.02	10.14	6.61 6.61	(2)39.68	307	112,157
		70	53	14.33	39.68	37.48	27.56 27.56	(3)51.81	102	37,217
100.0			6,936							5,253,380

2. Iniciar el programa
3. Portada del programa
4. Prólogo del programa
5. En esta parte el software solicita los datos del proyecto que se va a diseñar como: nombre del proyecto, el tramo en estudio, localización y descripción.
  - a) Nombre del proyecto: LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.
  - b) Tramo: DEL KM 0+000 AL KM 7+200.
  - c) Localización: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.
6. El software puede realizar el diseño para pavimentos rígido o flexible, éste pide los datos generales para éstos antes mencionados. Dado que nos concentraremos en el diseño del pavimento flexible, el dato de espesor de losa se omite, y de acuerdo al tránsito (ejes equivalentes) colocamos los siguientes parámetros: número estructural supuesto, índice de servicio inicial y terminal, periodo de vida de diseño y por último la tasa de crecimiento. A continuación, se muestran los datos para el diseño que nos ocupa.
  - a) Espesor de la losa estimado: --
  - b) Número estructural del pavimento estimado: 4.50
  - c) Índice de servicio terminal: 2.5
  - d) Vida de diseño: 15 años
  - e) Tasa de crecimiento TDPA: 5 %
7. Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) se requiere introducir la clasificación vehicular con datos como: tipo de eje, peso por eje, número de ejes (que se obtienen de la *tabla 5.1.1.1.*); para obtener los ejes equivalentes (ESAL's) como se muestra en la *tabla 5.1.1.2.*

*Tabla 5.1.1.2.- Clasificación vehicular, peso por eje, número de ejes y ESAL's.*

Tipo de eje	Peso por eje	Número de ejes	ESAL's
Single	2.2	881,475	5,548
Single	5.29	37,175	7,970
Tandem	6.61	3,066	151
Single	9.04	19,929	35,671
Tandem	10.14	13,031	3,253
Tandem	11.02	16,735	5,794
Tridem	12.35	3,705	498
Tandem	13.45	2,938	2,244
Single	14.33	158,410	1,531,258
Tandem	17.64	2,427	5,427
Single	24.25	70,007	3,464,134
Tandem	27.56	12,264	142,960
Tandem	37.48	52,122	1,622,965
Tridem	39.68	88,403	3,269,870
Tridem	51.81	14,819	433,066
			<b>10,531,659</b>

8. Se necesita introducir los siguientes datos para el cálculo del número estructural:
- El nivel de confianza que se selecciona de acuerdo al nivel de importancia de la carretera o vialidad.
  - La desviación estándar que considera el error estadístico afectado principalmente por la variabilidad de los materiales y la construcción.
  - El módulo de resiliencia, que se ha obtenido de la correlación con el valor del CBR crítico de nuestro material de soporte.
  - Índice de servicio inicial, que representa la condición de servicio inmediatamente después de su construcción o su rehabilitación.
  - Índice de servicio terminal que corresponde al nivel de servicio en el cual el pavimento requiere algún tipo de rehabilitación para iniciar un nuevo ciclo de vida.

A continuación, se mencionan los datos que se usaron para el proyecto:

- Nivel de confianza: 90 %
- Desviación estándar: 0.45
- Módulo de resiliencia: 9,389.00 psi
- Índice de servicio inicial: 4.20
- Índice de servicio terminal: 2.5

El número estructural obtenido para estos datos es de 4.21

9. Una vez que se encuentra el número estructural requerido, se propone realizar una propuesta de la estructura de pavimento para alcanzar o sobre pasar este número estructural, proponiendo diferentes espesores y buscando los más adecuados al proyecto, coeficientes de capa y coeficiente de drenaje.
10. Como siguiente paso se insertan los datos de entrada para la primera propuesta o iteración 1. (ver *tabla 5.1.1.3.*):
- Material de capa
  - Coeficiente de capa
  - Coeficiente de drenaje
  - Espesor de capa

*Tabla 5.1.1.3. Datos de pavimento para iteración 1*

Material de capa	Coeficiente de capa	Coeficiente de drenaje	Espesor de capa (pulg.)	Núm. Estructural
Concreto Asfáltico	0.40	1	3	1.20
Base asfáltica	0.28	1	5	1.4
Base granular	0.14	1	7	0.98
<b>Total</b>				<b>3.58</b>

- El número estructural de esta primera propuesta es de **3.58**, por lo que es necesario generar una nueva propuesta (**iteración 2**).
- El número estructural buscado es de: **4.21**, por lo tanto, se propone aumentar los espesores y coeficientes de capa para incrementar el número estructural de la tabla anterior (*Tabla 5.1.1.3.*).

*Tabla 5.1.1.4.- Datos de pavimento para iteración 2*

Material de capa	Coefficiente de capa	Coefficiente de drenaje	Espesor de capa (Pulg.)	Núm. Estructural
Concreto Asfáltico	0.44	1	4	1.76
Base asfáltica	0.30	1	5	1.50
Base granular	0.14	1	7	0.98
<b>Total</b>				<b>4.24</b>

La *tabla 5.1.1.4.*, presenta los nuevos espesores de las diferentes capas que nos dan un número estructural de 5.32, que es el número buscado, por lo que estos espesores se adoptan como los definitivos, siendo los mínimos necesarios para la estructura de pavimento proyectada.

*Tabla 5.1.1.5.- Espesores que se adoptan como definitivos.*

Material de capa	Espesor de capa (cm.)
Concreto Asfáltico	10
Base tratada	12
Base granular	18
<b>Total</b>	<b>40</b>

11. Termina el proceso de diseño; se imprimen los resultados.

### 5.1.2.-Metodología del Instituto de Ingeniería (UNAM-DISPAV 5)

El programa permite:

1. Diseñar de acuerdo con los lineamientos fijados.
2. Revisar diseños específicos que proponga el proyectista

Introduzca su opción, anotando el número y presionando intro: 1

El programa tiene dos opciones de diseño, según el tipo de camino.

1. 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).
2. Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.

Introduzca el número correspondiente al tipo de camino: 1

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas).

Tiene dos opciones:

1. Si conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente.
2. Calcularlo a partir del tránsito mezclado.

Introduzca el número correspondiente a su elección: 2

Introduzca los siguientes datos:

TDPA en ambos sentidos (en vehículos): 19818  
TDPA en el carril de proyecto (en vehículos): 6936  
Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %): 5  
Periodo de proyecto, en años: 15

Se necesita conocer el tipo de camino

1. Tipo A o B
2. Tipo C
3. Tipo D

Introduzca el número correspondiente: 1

Se requiere conocer la composición del tránsito, introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Automovil	Tractocamión articulado
A : 83.6	T2-S1 :
	T2-S2 :
Autobús	T3-S2 : 2.1
B2 : 2.6	T3-S3 : 2.1
B3 : 2.4	
B4 :	Tractocamión doblemente articulado
	T2-S1-R2 :
Camión unitario	T3-S1-R2 :
C2 : 5.2	T3-S2-R2 :
C3 : 0.9	T3-S2-R3 :
	T3-S2-R4 : 1.1
Camión remolque	T3-S3-S2 :
C2-R2 :	
C3-R2 :	
C3-R3 :	
C2-R3 :	

Los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados.

Los autobuses y vehículos de carga (tipos B, C y T), pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

1. Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).
2. Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.

Introduzca la opción que desea aplicar (1 o 2): 1

En ausencia de información más confiable se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%, (entre 40 y 20% de camiones vacíos).

Introduzca la proporción de camiones cargados que juzgue correcta (%) : 80

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Autobús B2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
TOTAL	2.40	2.73	3.93	4.99	5.29	5.41

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Autobús B3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.50	3.30	3.34	4.34	4.61	4.72
TOTAL	3.62	3.92	3.71	4.63	4.89	4.99

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Camión C2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
TOTAL	2.40	2.73	3.93	4.99	5.29	5.41

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Camión C3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.50	3.30	3.34	4.34	4.61	4.72
TOTAL	3.62	3.92	3.71	4.63	4.89	4.99

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Camión T3-S2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.50	3.30	3.34	4.34	4.61	4.72
3	2.46	2.78	2.42	2.87	2.98	3.03
TOTAL	6.08	6.70	6.13	7.50	7.87	8.02

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Camión T3-S3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	2.50	3.30	3.34	4.34	4.61	4.72
3	3.52	2.70	2.41	2.86	2.98	3.02
TOTAL	7.14	6.62	6.13	7.49	7.87	8.01

## COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO

## Camión T3-S2-R4

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.07	0.42	0.20	0.15	0.14	0.13
2	2.43	2.47	1.96	2.19	2.25	2.28
3	2.38	2.01	1.37	1.40	1.41	1.42
4	1.88	0.38	0.10	0.06	0.06	0.06
5	2.38	2.01	1.37	1.40	1.41	1.42
TOTAL	10.13	7.30	4.99	5.21	5.27	5.29

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
34.5	31.2	32.6	40.1	42.2	43.0

Tiene seis opciones, correspondientes a las profundidades de cálculo:

1. 5 cm
2. 15 cm
3. 30 cm
4. 60 cm
5. 90 cm
6. 120 cm

Introduzca el número correspondiente a su elección en daño superficial: 1

Introduzca el número correspondiente a su elección en daño profundo: 5

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

- (a) Por fatiga en las capas estabilizadas: 34.5  
 (b) Por deformación en capas no estabilizadas: 42.2

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas).

1. Carpeta
2. Base granular
3. Sub-base
4. Subrasante
5. Terracería

Introduzca el número de capas de que consta el pavimento: 4

Introduzca el número de la capa que no se encuentra en el pavimento: 3

Capa	VRSz	VRSp	Mod de rigidez	Poisson
Carpeta			32000	0.35
Base granular	100	100	3265	0.35
Subrasante	20	20	1058	0.45
Terracería	10	10	652	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

¿Quiere hacer algún cambio? (s/n)

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza de 85%, pero puede emplear otro nivel (entre 50 y 99%).

¿Quiere cambiar el nivel sugerido? (s/n) s

Introduzca el nivel de confianza que prefiere ( $50 \leq \text{NIV} \leq 99$ ): 90

Diseño por deformación para un camino de altas especificaciones, con un nivel de confianza de 90%.

Para un tránsito de proyecto de 42.2 millones de ejes estándar

Capa	Espesor calculado	Espesor proyecto
Carpeta	10.5	10.5
Base granular	38.3	38.3
Subrasante	26.8	40.0

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y del tránsito de proyecto.

El diseño anterior previene contra la deformación excesiva.

A continuación, debe revisarlo para prevenir el agrietamiento por fatiga, a menos que esté empleando un tratamiento superficial.

¿Quiere hacerlo así? (s/n)

## DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

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	10.0		32000	0.35		> 150
Base asfáltica	12.0		25000	0.35		30.3
Base granular	18.0	100.0	3265	0.35	> 150	
Subrasante	30.0	20.0	1058	0.45		61.9
Terracería	Semi-inf	10.0	652	0.45		81.7

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	61.9	42.2
Fatiga	30.3	34.5

Por lo que el diseño no es el adecuado.

Tiene usted tres opciones:

1. cambiar módulo de capas asfálticas.
2. cambiar espesores.
4. salir del programa.

Introduzca el número que corresponde a su opción: 2

## DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

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	10.0		32000	0.35		> 150
Base asfáltica	12.0		25000	0.35		33.2
Base granular	20.0	100.0	3265	0.35	> 150	
Subrasante	30.0	20.0	1058	0.45		86.3
Terracería	Semi-inf	10.0	652	0.45		103.3

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	86.3	42.2
Fatiga	33.2	34.5

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

**ESTRUCTURA QUE SE ADOPTA COMO DEFINITIVA:**

<b>Capa</b>	<b>cm</b>
<b>Carpeta</b>	<b>10.0</b>
<b>Base asfáltica</b>	<b>12.0</b>
<b>Base granular</b>	<b>20.0</b>
<b>Subrasante</b>	<b>30.0</b>

## 5.2.-Diseño de pavimento rígido mediante programa de cómputo

### 5.2.1.-Metodología AASHTO (WINPAS 12)

#### SECUENCIA DE CÁLCULO DE LA METODOLOGÍA AASHTO MEDIANTE EL PROGRAMA WinPas 12, PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CARRETERA LIBRAMIENTO NORTE DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

Este método se considera teórico experimental y fue desarrollado para estudiar el comportamiento de estructuras de pavimento de espesores conocidos bajo cargas móviles de magnitudes y frecuencias conocidas y bajo el efecto del medio ambiente, en secciones conocidas de pavimentos rígidos y flexibles.

El objetivo principal de las pruebas consistía en determinar las relaciones entre el comportamiento de varias secciones de pavimento y las cargas aplicadas sobre ellas. Las mediciones físicas de las secciones de prueba se transfirieron a ecuaciones de diseño que podían dar nuevamente valores numéricos de capacidad de servicio y que permiten la evaluación de cada uno de los diversos diseños.

Para el diseño del pavimento de tipo rígido, la ecuación que se utiliza es:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{3}}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log_{10} \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left( D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right]$$

Donde:

$W_{18}$  = Ejes equivalentes de 18,000 libras acumulados en el periodo de análisis. (18 kips)

$Z_R$  = Desviación estándar normal.

$S_o$  = Distribución de probabilidad.

$D$  = Espesor de la losa de pavimento. (in)

$\Delta PSI$  = Pérdida entre el índice de servicio inicial ( $P_o$ ) y final ( $P_t$ ) de diseño.

$S'_c$  = Módulo de ruptura del concreto. (psi)

$J$  = Coeficiente de transferencia de carga.

$C_d$  = Coeficiente de drenaje.

$E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto. (psi)

$k$  = Módulo de reacción efectivo de la sub-base. (pci)

Empleando el Valor Relativo de Soporte mínimo de acuerdo a la Normativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de la capa Sub-rasante para el cálculo del Módulo de Reacción.

CBR (%)	3 %	5 %	10 %	20 %	25 %	38 %	50 %	60 %	80 %	20	
K1 (pci)	100	150	200	250	290	400	500	580	710	250	
K2 (pci)	80	150	200	280	315	370	400	415	460	280	
										Valor Promedio	265.0

Tabla 5.2.1.1.- Interpolación con los datos de la gráfica.

Módulo de reacción para la capa granular es de 265 Pci = 7.31 Kg/cm<sup>3</sup>, emplearemos la Figura X-4. Gráfica para obtener el valor de 'K' sobre bases estabilizadas del libro *LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES* (Carretera, Ferrocarriles, Aeropistas). Volumen 2, de Rico del Castillo, empleando un espesor de base mejorada con el 3% de cemento Pórtland de 15 cm.

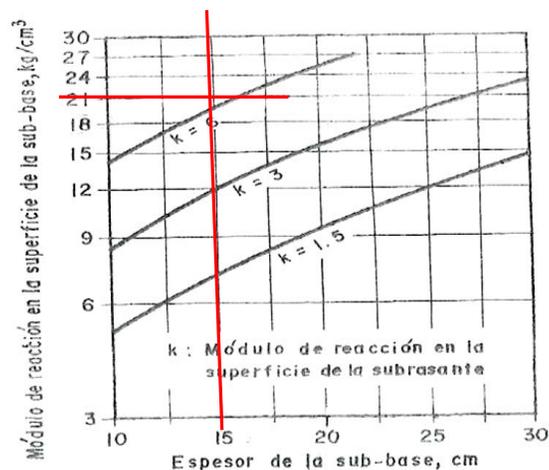


Figura X-4. Gráfica para obtener el valor de  $k$  sobre la sub-base, conocido el mismo sobre la subrasante. Sub-bases estabilizadas con cemento (Ref. 5).

Los pavimentos rígidos suelen poseer un base mejorada como capa de apoyo, cuyo módulo de reacción es calculado, de manera que resulta mejorado el apoyo de la losa de concreto hidráulico para presentar mejor comportamiento durante su vida útil, para obtener el valor de 'K' final corregido entramos a la gráfica antes mencionada con el valor de k aportada solamente por la capa Subrasante de  $7.3 \text{ kg/cm}^3$ , entramos con el espesor de base propuesto e interceptamos el valor de K, por lo tanto tenemos  $21 \text{ kg/cm}^3 = 760 \text{ lb/in}^3$  (Pci)

Para efectuar los cálculos y obtener el espesor de la losa para una vida útil de 30 años, se utilizó el programa sistema de pavimentos de concreto, que está basado en el método AASHTO, con los siguientes parámetros de diseño.

Los datos de diseño son:

Datos del Trafico										
TPDA	19818	?	Vida útil	25	Años	?	Tasa de Crecimiento Anual	5	?	Continuar
			Factor de Sentido	0.5	?		Factor de Carril	0.7	?	Cancelar

Datos Generales			
Confiability	R	90	%
Desviacion Estandar	SO	0.35	
Modulo de Ruptura	MR	682.7	psi
Modulo de Elasticidad	Ec	4000000	psi
Modulo de Reaccion	K	760	pci
Coefficiente de Drenaje	Cd	1.15	
Serviciabilidad Inicial	Po	4.5	
Serviciabilidad Final	Pt	2.5	
Coefficiente de Trans. Carga	J	2.7	

Tabla 5.2.1.2.- Datos de diseño.

Se considera que el pavimento cuenta con barras pasa - juntas para la buena transferencia de carga, además de contar con barras de amarre longitudinales y con soporte lateral.

Los espesores de la estructura de pavimento que resultan para una vida útil de 25 años, son los siguientes.

Capa	Espesor (cm)
<b>Losa de concreto hidráulico.</b>	<b>27.0 cm</b>
<b>Base mejorada con cemento Portland.</b>	<b>15.0 cm</b>

*Tabla 5.2.1.3.- Espesores definitivos.*

De acuerdo con los cálculos anteriores, para una vida de diseño de 25 años, obtenemos un espesor de losa de concreto hidráulico de 27 cm, apoyada en la capa de base mejorada con el 3% cemento Portland de 15 cm de espesor, construida con material de banco, la resistencia a la compresión simple que debe alcanzar esta capa es de 25 kg/cm<sup>2</sup>, medido a los 7 días de edad.

## Capítulo 6.-Análisis de resultados

### 6.1.-Comparación de ambos tipos de pavimento

En cuanto al tema de selección de la mejor alternativa para este proyecto, se deberán tomar varios factores en cuenta antes de escoger el tipo de pavimento que mejor convenga, entre los que destacan los siguientes:

- Costo de construcción
- Costo de conservación
- Posibilidad de construcción
- Tránsito
- Clima
- Periodo de diseño (vida útil)
- Limitaciones presupuestales
- Políticas o criterios de las autoridades

Un pavimento rígido consta de una losa de concreto relativamente delgada apoyada sobre una capa de sub-base o directamente sobre la subrasante. Como la losa tiene un módulo de elasticidad mucho mayor que el de la capa en que se apoya, la mayor parte de la capacidad de carga del pavimento la proporciona la propia losa, efecto conocido como acción de viga.

Por el contrario, los pavimentos flexibles están constituidos por varias capas, denominadas, de arriba hacia abajo, como carpeta, base y sub-base.

La carpeta es la parte que soporta directamente las solicitaciones del tránsito y aporta las características funcionales. Estructuralmente, absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales. En condiciones de alta intensidad de tránsito puede llegar a alcanzar espesores importantes. Se construye con mezclas asfálticas en frío o en caliente, denominándose, en este último caso, concretos asfálticos, que pueden tener algún agente modificador para mejorar alguna de sus características. Cuando el espesor de la carpeta es mayor a ocho centímetros, se construye por capas. Para mejorar sus características superficiales, o con fines de conservación, se pueden aplicar a la carpeta tratamientos superficiales, como capas delgadas de mortero y lechadas asfálticas, carpetas drenantes de granulometría abierta, u otro tipo de mejoras.

La base es la capa situada bajo la carpeta. Su función es eminentemente resistente, pues absorbe la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las solicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se

emplean materiales granulares tratados con un cementante, denominadas bases asfálticas o bases de gravacemento.

La sub-base es la capa que va debajo de la base y sobre la capa subrasante. Esta capa puede no ser necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Es deseable que cumpla también una función drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales utilizados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria. Se emplean normalmente sub-bases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etcétera.

Con base en lo antes mencionado se consideran que algunas las ventajas que podríamos encontrar en un pavimento rígido son las siguientes:

- Mejor visibilidad.
- Mayor durabilidad.
- Mejor funcionalidad bajo tránsito pesado.
- Textura más durable.

Y algunas de sus desventajas serían las siguientes:

- Costo de construcción alto.
- Mayores problemas de acabado superficial.
- Su reparación requiere alta especialización y es más costosa.

Sin embargo, algunas de las ventajas que podríamos encontrar en un pavimento flexible son las siguientes:

- Costo de construcción bajo.
- Posibilidad de construir por etapas.
- Mayor facilidad de lograr una mejor rodabilidad.
- Reparación relativamente sencilla.
- Menor ruido al transitar.

Y algunas de sus desventajas serían las siguientes:

- Requiere una mayor conservación.
- Menor visibilidad.

Una vez explicado lo anterior, es importante recalcar que el tipo de pavimento definitivo escogido para la construcción del pavimento del Libramiento Norte, será el de tipo flexible, y se tomaron las siguientes consideraciones para dicha elección:

- Procedimiento constructivo más sencillo y no tan especializado.
- Dar una mayor fluidez al tránsito ya que no se tendrá que esperar un fraguado de 14 o 28 días para su apertura al tránsito.
- Límite de recursos económicos con los que cuenta el gobierno del estado de Chiapas.
- Posibilidad de su construcción por etapas.
- Tiempo de construcción mucho más corto.

## 6.2.-Sección estructural definitiva

En la figura 6.2.1 se muestra la estructura del pavimento (de tipo flexible) y de las terracerías, que se adopta como la propuesta definitiva para la modernización del pavimento del Libramiento Norte.

Ésta considera los siguientes espesores:

- Carpeta asfáltica: 10 cm
- Base asfáltica: 12 cm
- Base hidráulica: 20 cm
- Capa de subrasante: 30 cm

Sin embargo, las opciones se presentarán al Organismo responsable, quien elegirá lo que mejor convenga a sus intereses y disponibilidad. En este caso se adoptó el pavimento flexible.

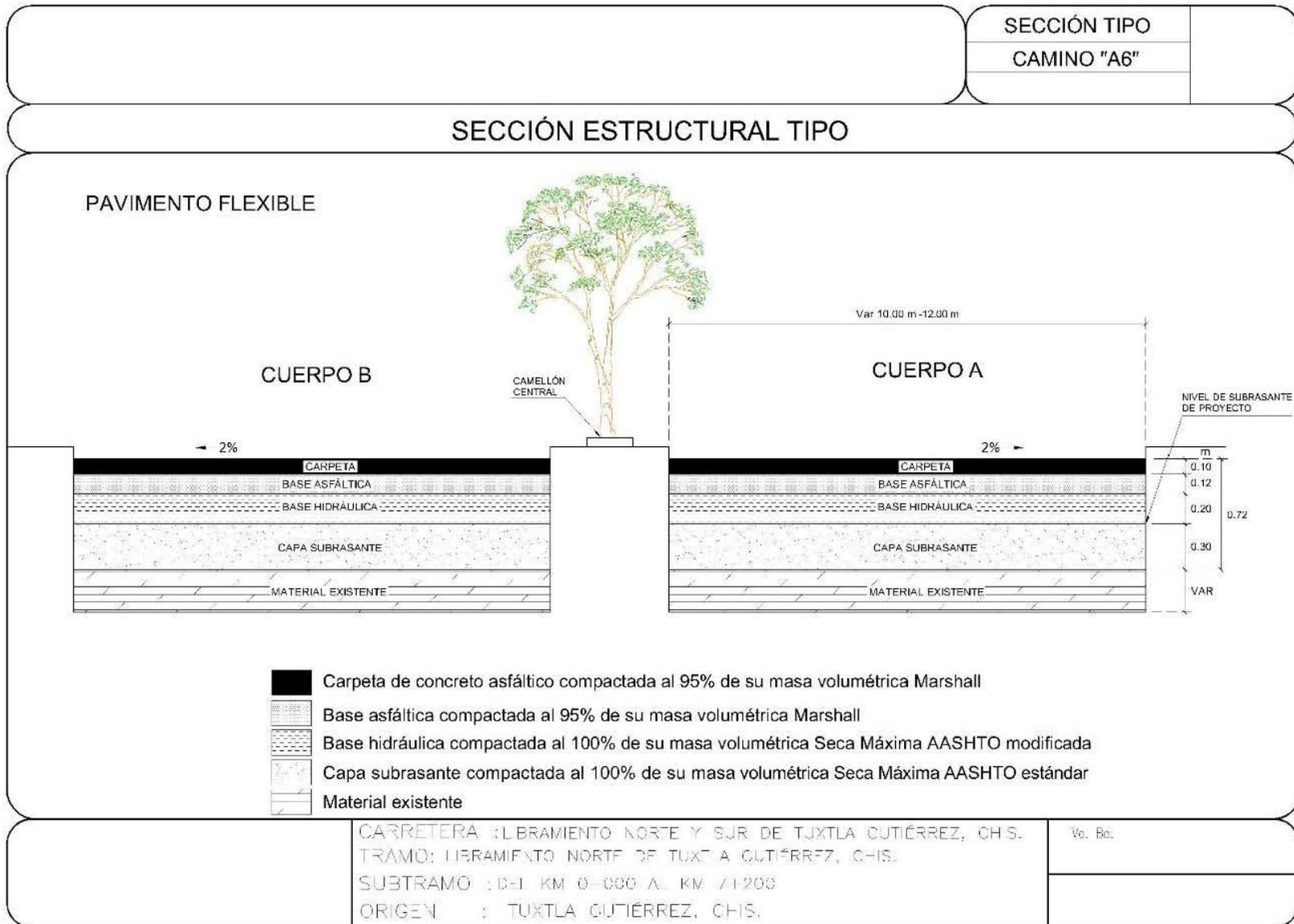


Figura 6.2.1.- Sección estructural definitiva del pavimento.

### 6.3.-Trabajos por ejecutar y especificaciones particulares

Las cláusulas e incisos que se mencionan en los párrafos siguientes corresponden a las Normas para Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, N.CTR.CAR.1.04; a las Normas de Calidad de los Materiales, N.CMT.4.02 y 05; así como las Normas de Muestreo y Pruebas de los Materiales, M.MMP.4 también de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### 1. Desinstalación, demolición y renivelación de brocales de pozos de visita

Se deberán restituir los brocales de los pozos de visita para llegar al nivel de rasante indicado en el proyecto, así como mejorar su resistencia.

#### 2. Corte y excavación del pavimento existente hasta la profundidad indicada en proyecto

Se realizarán excavaciones a cielo abierto en la vialidad actual con objeto de preparar y formar la sección de terracerías y pavimento, de acuerdo a lo indicado en el proyecto o a lo indicado por la Supervisión de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

#### 3. Compactación de la cama de corte al 95% de su masa volumétrica seca máxima AASHTO estándar, hasta un espesor de 20 cm

Se realizará la adecuación del material existente en la cama de corte previamente a la construcción de la estructura del pavimento, compactando al 95% de su MVSM medida mediante la prueba AASHTO estándar en un espesor de 20 cm.

#### 4. Base hidráulica

Sobre la capa subrasante debidamente terminada se construirá una capa de Base Hidráulica de 0.20 m de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto. La capa se deberá compactar al 100% de su Masa Volumétrica Seca Máxima de la prueba AASHTO modificada, citada en la norma N.CTR.CAR.1.04.002/11 correspondiente al método de prueba M.MMP.4.04.001 a 005 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales.

Los materiales utilizados deberán ser del tipo indicado en la norma N.CMT.4.02.002/11.

#### 5. Riego de impregnación

Sobre la superficie de la Base Hidráulica debidamente terminada, así como en el talud de dicha capa inclusive, superficialmente seca y barrida, se aplicará en todo el ancho de la sección, un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica a razón de 1.2 l/m<sup>2</sup>, dosificación que será ajustada en la obra.

Norma de Construcción. - N.CTR.CAR.1.04.004/00

Norma de Característica de los Materiales. - N.CMT.4.05.001.00

## **6. Riego de liga para base asfáltica**

Sobre la superficie de la capa de Base Hidráulica debidamente impregnada, se aplicará en todo el ancho de la sección un Riego de Liga con emulsión asfáltica catiónica a razón de 0.6 l/m<sup>2</sup>, dosificación que será ajustada en la obra.

Norma de Construcción. - N.CTR.CAR.1.04.005/00

Norma de Característica de los Materiales. - N.CMT.4.05.001.06

## **7. Base asfáltica**

Sobre la superficie de la capa de Base Hidráulica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construirá una Base Asfáltica de 0.12 m de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para éste fin en el cuadro de bancos de éste proyecto y Cemento Asfáltico AC-20, con una dosificación aproximada de 125 Kg./m<sup>3</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 Masa Volumétrica Marshall.

Norma de Construcción. - N.CTR.CAR.1.04.003/00.

Norma de Característica de los Materiales. - N.CMT.4.05.004/08

## **8. Riego de liga para recibir la carpeta de concreto asfáltico**

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 a razón de 0.6 l/m<sup>2</sup>, dosificación que será ajustada en el campo.

Norma de Construcción. - N.CTR.CAR.1.04.005/00

Norma de Característica de los Materiales. - N.CMT.4.05.001.06

## **9. Carpeta de concreto asfáltico**

Sobre la superficie de la capa de Base Asfáltica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construirá una Carpeta de Concreto Asfáltico de 0.10 m de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para éste fin en el cuadro de bancos de éste proyecto y Cemento Asfáltico Grado PG 76-22, con una dosificación aproximada de 149 Kg/m<sup>3</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 masa volumétrica determinado en la Prueba Marshall.

Norma de Construcción. - N.CTR.CAR.1.04.006/00,01,04,06,08,09

Norma de Característica de los Materiales. - N.CMT.4.05.004/08

### 10. Índice de perfil y fricción

Se medirá el Índice de Perfil con un perfilómetro tipo California y el Coeficiente de Fricción con un equipo Mu – meter, efectuando las correcciones que en esta etapa resultaran. El índice de perfil se determinará también en la superficie de la base de concreto asfáltico, para garantizar la regularidad de la carpeta asfáltica, sobre la que también se determinará tanto el índice de perfil como el coeficiente de fricción.

Norma de Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales. - M.MMP.4.07.002

A continuación, se presentan las tablas con los valores recomendados, tanto del índice de perfil como del coeficiente de fricción, con los que se evalúa en nuestro país la calidad de la superficie de rodamiento.

Calificación de la regularidad superficial en función del Índice de Perfil	
Índice de perfil en cm/Km (DGST-SCT)	Calidad de la superficie de rodamiento
< 4	Excelente
4.1 a 10	Muy buena
10.1 a 14	Buena
14.1 a 20	Mala
20.1 a 24	Muy mala
> 24	Inaceptable

Tabla 6.3.1.- Calificación de la regularidad superficial en función del índice de perfil.

Rangos de fricción. Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (CDR).	
Fricción, valor de CDR adimensional	Calificación
< 0.50	Malo (derrapamiento de vehículo)
0.51 a 0.60	De regular a bueno
0.61 a 0.80	Bueno
0.81 a 0.90	De bueno a regular
> 0.91	Malo (desgaste de neumáticos)

Tabla 6.3.2.- Criterio para evaluar los valores de fricción en la superficie de pavimento.

**E.P. 01.- DESINSTALACIÓN, DEMOLICIÓN Y RENIVELACIÓN DE BROCALES DE POZOS DE VISITA, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

Restituir los brocales de los pozos de visita para llegar al nivel de rasante indicado en proyecto, así mismo, mejorar su apariencia y resistencia.

**EQUIPO**

El equipo que se deberá de utilizar en la demolición de concreto, carpeta asfáltica y/o cualquier otro material, podrá ser con rompedora neumática y/o eléctrica con pulsetas o puntas del diámetro más conveniente, y/o con cincel, martillo o marro, para garantizar la demolición de las paredes y/o estructura que soporta los brocales, pozos de visita, etc., que serán nivelados; la fabricación, vaciado y acomodo del concreto hidráulico, será el adecuado para obtener la calidad especificada en proyecto en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, y conforme con el programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo debe estar y ser mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el Contratista de Obra corrija dichas deficiencias o lo reemplace con el equipo adecuado. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

**MATERIAL**

El concreto hidráulico utilizado será hecho en obra y deberá cumplir con:

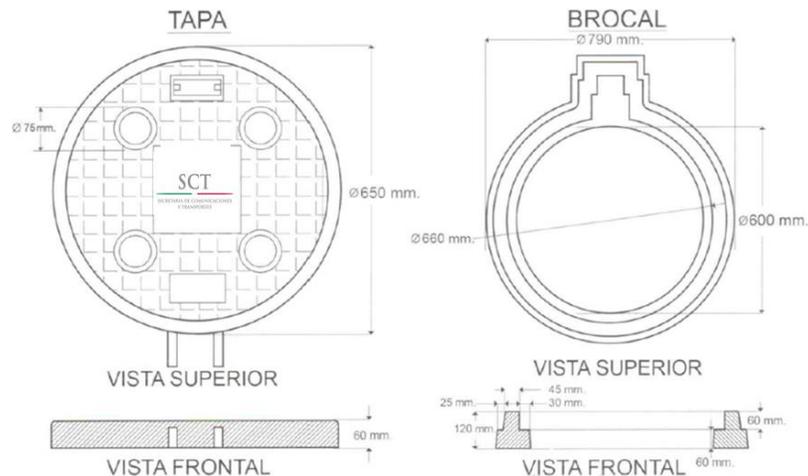
Resistencia de $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$
Revenimiento de $8 \text{ cm} \pm$
Tamaño máximo Nominal de $19 \text{ mm}$
Edad de garantía $28 \text{ días}$

El Contratista será responsable de realizar la dosificación de la mezcla para cumplir estas características, antes de comenzar a fabricar la mezcla, la dosificación deberá ser autorizada por la Supervisión de la Secretaría. Los materiales que se utilicen en la elaboración del concreto hidráulico, cumplirán con lo indicado en la Norma N.CMT.2.02 vigente. Los materiales pétreos procederán de un banco indicado en proyecto y autorizado por la Supervisión de la Secretaría.

Lo referente al acero de refuerzo, deberá cumplir con lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.02.004 vigente, además, para su aceptación por parte de la supervisión de la Secretaría, el contratista deberá ejecutar un control de calidad de este material, de acuerdo a lo señalado en el Manual M.CAL.1.02 vigente.

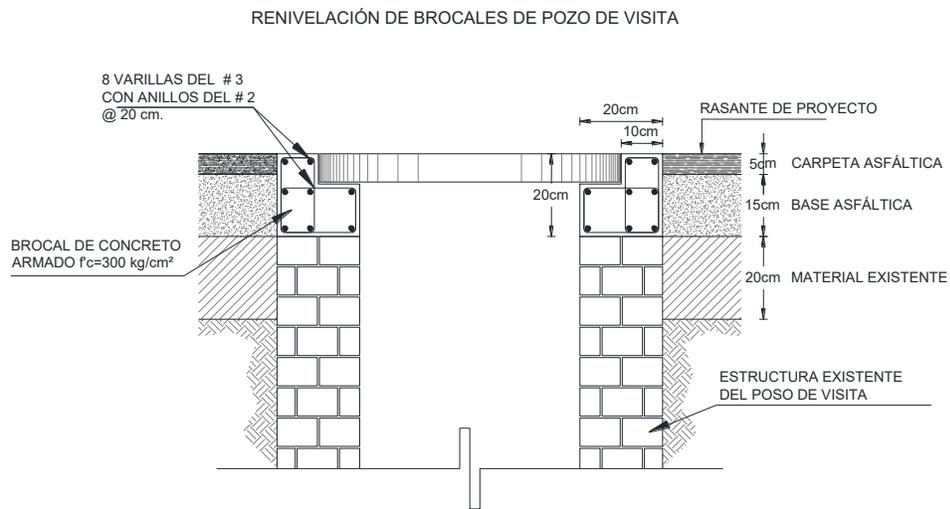
La tapa y contramarco del brocal deberá ser de concreto polimérico, y deberá cumplir con las siguientes características:

Bisagra de alta resistencia fabricada en plástico reforzado con fibra de vidrio.
Apertura de bisagra de 180 grados.
Tapa con antiderrapante piramidal o similar, mínimo con cuatro orificios de ventilación de diámetro de 7.5 cm.
Las medidas del brocal serán las adecuadas para el pozo de visita en particular.
La resistencia de carga al centro del conjunto será mínimo de 21 toneladas.
En el centro de la tapa deberá llevar el logotipo del AICM o algún otro que indique la Supervisión.



## EJECUCIÓN

Para los brocales de los pozos de visita será necesario desinstalar primero las tapas, marcos y contramarcos de fierro fundido, dichas piezas serán con recuperación a favor de la Secretaría y serán llevadas al lugar de almacenamiento indicado por la misma, posteriormente se demolerá o descabezará el brocal de concreto o de cualquier otro material, utilizando equipo neumático y/o manual, este último servirá para precisar y afinar los trabajos previos de demolición. Debe evitarse que se introduzca material producto de la demolición al interior del pozo de visita mediante algún tipo de cimbra. La demolición se hará hasta alcanzar 20 cm de profundidad. Una vez demolido, se realiza una limpieza evitando dejar caer al interior del pozo de visita desperdicio producto de la limpieza, se continua con el habilitado y armado de la base para asentar el brocal de concreto hidráulico con el número de varillas y separación que se indica en el proyecto, posterior a eso se limpiarán las superficies recolectando el desperdicio y tirando al sitio autorizado por las autoridades del Estado de Chiapas y fuera del área de la obra. Después se colocará la cimbra, la cual deberá de estar perfectamente alineada y nivelada, para recibir el contramarco y tapa de concreto polimérico, que también deberá quedar perfectamente nivelado para poder recibir el concreto de resistencia de 300 kg/cm<sup>2</sup>, el cual deberá de estar a nivel de rasante o lo que indique la supervisión de la Secretaría.



Una vez moldeado y compactado el concreto, se procederá a colocar una membrana impermeable en la superficie expuesta, que impida la evaporación del agua contenida en la masa del concreto fresco. El producto empleado para el curado lo propondrá el contratista y será de calidad reconocida y autorizado por la Supervisión de la Secretaría.

Además de lo indicado en esta Especificación, se deberá complementar con la Norma N.CTR.CAR.1.02.003 vigente, de la SCT.

### **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

#### **Cimbra, alineamiento y niveles**

La reposición del brocal del pozo de visita, ya colado y terminado, deberá llegar al nivel de rasante de la carpeta de rodadura.

Antes de proceder a colar, la Supervisión de la Secretaría deberá liberar la cimbra empleada en la fabricación del brocal de concreto hidráulico, verificando sus niveles, así mismo, posterior al colado volverá a verificar el nivel del concreto terminado.

#### **Concreto Hidráulico**

Se analizarán cada uno de los materiales para la fabricación del concreto hidráulico, de acuerdo a lo que se indica en la Norma N.CMT.2.02 vigente, de la SCT.

El contratista está obligado a entregar por adelantado a la Supervisión de la Secretaría, un estudio de calidad completo de acuerdo a la norma N.CMT.2.02 vigente de la SCT, de los materiales que empleara para producir este concreto, así mismo, entregara un diseño de mezcla de concreto indicando las pruebas de resistencia de su mezcla.

<b>PRUEBA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Revenimiento y temperatura de la mezcla fresca	1 Ensaye / revolvedora
Muestra de 4 especímenes cilíndricos (7 y 28 días)	1 Muestra / producción
Determinación de la resistencia a la compresión simple (1 a 7 días y 2 a 28 días y uno de respaldo)	1 Ensaye / producción

### **MEDICIÓN**

La medición se hará tomando como unidad la pieza (pza) de tapa-brocal; desinstalada, demolida, restituida y colocación de contramarco y tapa del brocal de concreto polimérico.

## **BASE DE PAGO**

El pago por unidad de obra terminada se hará al precio unitario fijado en el contrato para la pieza (pza); de tapa desinstalada, demolición y renivelación de brocal de pozos de visita, este precio unitario incluye lo que corresponda por adquisición de materiales tales como concreto de f'c 300 kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo del #3, cortes, soldadura, cimbrado, descimbrado, curado y aditivos, tapa y brocal de concreto polimérico, y, todos los accesorios necesarios para su colocación, demolición del brocal existente, desinstalación de tapa y contramarco existente, limpieza, equipo topográfico de nivelación, carga y descarga en el lugar del depósito del material, equipo de transporte y su aplicación, los tiempos de los equipos durante el montaje, carga y descarga, los acarreos locales, mano de obra calificada, herramientas, maniobras; mano de obra de excavación, colado y nivelación y limpieza y retiro del material producto de la demolición al sitio autorizado por el gobierno del Estado de Chiapas, peajes, combustibles, mantenimiento de los vehículos empleados en los transportes y en general todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto a satisfacción de la supervisión de la Secretaría.

## **ESTIMACIÓN Y PAGO**

La estimación y pago de desinstalación, demolición y renivelación de los brocales de pozos de visita, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

## **RECEPCIÓN DE LA OBRA**

Una vez concluido la desinstalación, demolición y renivelación de los brocales de pozos de visita, la Supervisión de la Secretaría lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

**E.P.02.- DEMOLICIÓN Y RETIRO DE GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

Son los trabajos necesarios para demoler y retirar la guarnición de Concreto Hidráulico.

**EJECUCIÓN**

Mediante el equipo adecuado y aprobado por la Supervisión se procederá a la demolición y retiro de la guarnición de Concreto Hidráulico, evitando en lo posible, dañar la banquetta y las instalaciones existentes de la zona. El material producto de la demolición se fragmentará y se depositará en el sitio autorizado por la supervisión.

**MEDICIÓN**

La demolición y retiro de la guarnición de Concreto Hidráulico, por unidad de obra terminada, se medirá tomando como unidad el metro lineal (ml) con aproximación al décimo, de guarnición retirada y depositada en el sitio de tiro.

**BASE DE PAGO**

La demolición y retiro de la guarnición de Concreto Hidráulico, por unidad de obra terminada, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro lineal (ml) con aproximación al décimo. Este precio unitario incluye lo que corresponda por: equipo y personal para la demolición, retiro, carga y descarga al sitio autorizado por la supervisión, lo que corresponda por señalamiento preventivo de acuerdo al Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras de la S.C.T. y todas las operaciones necesarias para su correcta ejecución. En el precio unitario debe considerarse el tiempo de los vehículos empleados para el acarreo durante la carga y descarga del material producto de la demolición, peajes y casetas, mano de obra, tiempos muertos y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

**E.P. 03.- CORTE Y EXCAVACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE HASTA LA PROFUNDIDAD INDICADA EN PROYECTO, PARA ALOJAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO NUEVO, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

Son las excavaciones ejecutadas a cielo abierto en la vialidad actual, con objeto de preparar y formar la sección de la obra de acuerdo a lo indicado en el proyecto o a lo ordenado por la Supervisión de la Secretaría.

**EQUIPO**

El equipo que se utilice para el corte y excavación, será el adecuado para obtener la geometría especificada en el proyecto y extraer el material producto del corte en cantidad suficiente sin generar daños a las obras inducidas, guarniciones, y pavimentos adyacentes a la modernización, así mismo, estableciéndose el programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista de Obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Supervisión de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra

**EJECUCIÓN**

El pavimento existente de las vialidades por reestructurar y donde indique el proyecto u ordene la Supervisión de la Secretaría, se cortará y excavará hasta la profundidad indicada en proyecto y el producto de esta actividad se descargará en el sitio propuesto por la Contratista fuera de la zona de obra y autorizado por las autoridades del Estado de Chiapas. Se deberá ejecutar este trabajo cumpliendo lo señalado en la norma N.CTR.CAR.1.02.013 de la SCT. Para elegir el equipo para la ejecución del corte y la excavación, se considerará lo siguiente: el tipo de material, instalaciones; pluviales, aguas negras, eléctricas, telefónicas, de agua potable, etc., y el proyecto. Dicho equipo deberá ser aprobado por la Supervisión de la Secretaría.

En los pavimentos adyacentes que no estén en los alcances del proyecto, se ejecutará previamente un corte con sierra de disco, generando paredes verticales y una profundidad necesaria, para no dañarlos.

Es responsabilidad del Contratista de Obra conservar los trabajos ejecutados hasta que hayan sido recibidos por la Supervisión de la Secretaría, en el tramo trabajado. En caso de encontrar oquedades, grietas, baches, etc., en el terreno al efectuar los cortes, el Contratista deberá comunicarle a la Supervisión de la Secretaría, quién indicará el tratamiento que deba aplicarse. Así mismo deberá considerar la protección de las instalaciones existentes.

### **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Que los cortes hayan sido efectuados de acuerdo a lo indicado en el proyecto, alineamiento, perfil y sección en su forma, anchura y acabado. Que la excavación haya sido efectuada hasta la línea de proyecto con una tolerancia de más, menos (+/-) diez (10) centímetros en taludes y en más, menos (+/-) tres (3) centímetros en el fondo de la excavación. Que no existan salientes de acuerdo con la línea de proyecto de más de cincuenta (50) centímetros y que los taludes queden perfectamente amacizados. Que el material de los cortes haya sido depositado en el sitio y forma que indique el proyecto o apruebe la Supervisión de la Secretaría.

### **MEDICIÓN**

El corte y excavación del pavimento existente hasta la profundidad indicada en proyecto, por unidad de concepto de trabajo terminado, se medirá tomando como unidad el metro cúbico ( $m^3$ ) de corte y excavación, con dos decimales y no se considerará ningún abundamiento. Los volúmenes en defecto respecto a la sección de proyecto, serán rechazados por la Supervisión de la Secretaría y los que ejecuten en exceso, sin considerar fuera de las tolerancias especificadas, serán eximidos del pago respectivo. Los volúmenes se ubicarán en el sitio mismo, por medio de seccionamientos siguiendo el método del promedio de áreas extremas con aproximación de dos decimales redondeando el resultado a la unidad (1.0).

### **BASE DE PAGO**

El corte y excavación del pavimento existente hasta la profundidad indicada en proyecto, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico ( $m^3$ ) de corte y excavación con dos decimales. Este precio unitario incluye lo que corresponda por: ubicación y delimitación de la zona de corte, proceso de excavación, corte con sierra de disco en los límites con pavimentos adyacentes, herramientas y mano de obra, corte, extracción y remoción del material, afine de las paredes; carga, acarreo y descarga a sitio propuesto por la contratista fuera de la zona de obra y autorizado por el Gobierno del Estado de Chiapas; limpieza de la superficie cortada, manual y con equipo,

equipo y operación del alumbrado nocturno; los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y descargas; tendido, acomodo y conformación del material en el sitio del tiro, equipo inactivo, equipo de topografía y todo lo relacionado con la correcta ejecución de este concepto. Incluye también el equipo y operación del alumbrado, así mismo, se considera peajes, combustibles, mantenimiento de los vehículos y maquinaria relacionada con este concepto; y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto a satisfacción de la Secretaría.

### **ESTIMACIÓN Y PAGO**

La estimación y pago de la compactación del terreno existente de la cama de los cortes bajo el pavimento, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

### **RECEPCIÓN DE LA OBRA**

Una vez concluida la compactación del material existente de la cama de los cortes, la Supervisión del Organismo, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

**E.P. 04.- COMPACTACIÓN DE LA CAMA DE CORTE AL 95% DE SU MASA VOLUMÉTRICA SECA MÁXIMA AASHTO ESTÁNDAR, HASTA UN ESPESOR DE 20 CM, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

Adecuación del material existente de la cama de corte previamente a la construcción de la estructura del pavimento, cuando el material es compactable.

**EQUIPO**

El equipo que se utilice para la adecuación de la capa de desplante del pavimento, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del Contratista su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación en todo el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si el equipo presenta deficiencias durante su uso y no produce los resultados esperados, la Supervisión de la Secretaría deberá inmediatamente indicar la suspensión de las actividades de estos equipos, y exigir al Contratista la corrección de las deficiencias; reemplazando equipos u operadores. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista.

**EJECUCIÓN**

La superficie descubierta por los cortes bajo el pavimento y/o donde lo indique la Supervisión de la Secretaría, se escarificará en un espesor mínimo de 20 cm, se homogeneizará el material, se renivelará y compactará con la humedad conveniente para alcanzar como mínimo el 95% de su Masa Volumétrica Seca Máxima determinada en la prueba AASHTO estándar. La compactación se efectuará de acuerdo a lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.01.009 vigente de la SCT, vigilando que la superficie compactada quede sensiblemente horizontal.

En caso de que esta superficie presente agrietamientos, el contratista lo comunicará a la Supervisión de la Secretaría quien indicará el tratamiento aplicable.

Es responsabilidad del contratista la conservación de esta capa hasta que haya sido recibida por la Supervisión de la Secretaría.

**CRITERIOS PARA LA ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Que los alineamientos, perfiles y secciones de la superficie terminada en la cama de corte cumplan con las tolerancias indicadas en la Norma N.CTR.CAR.1.01.009 vigente de la SCT.

Para la compactación se determinará el grado mediante calas ubicadas al azar, mediante un procedimiento basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1.02, "Criterios Estadísticos de Muestreo".

El número de calas a realizar se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$c = \frac{L}{50}$$

Donde:

c = Número de calas por realizar, aproximando a la unidad superior

L = Longitud del tramo construido en un día de trabajo, en metros

### MEDICIÓN

La medición se realizará en el sitio de la construcción, de acuerdo a lo estipulado en la cláusula E de la Norma N.LEG.3, Ejecución de Obras y a satisfacción de la Supervisión de la Secretaría, tomando como unidad de medición el metro cúbico (m<sup>3</sup>) de capa compactada al grado especificado en proyecto, el levantamiento se hará por métodos topográficos y el cálculo del volumen, se determinará por el método de las áreas extremas con aproximación de dos decimales redondeando el resultado a la unidad (1.0).

### BASE DE PAGO

La compactación pago por unidad de obra terminada del terreno existente de la cama de los cortes bajo el pavimento, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico (m<sup>3</sup>), con aproximación a la unidad. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F. de la Norma N.LEG.3 vigente, incluye lo que corresponda por: escarificación, homogeneización, humedad del material, compactación y extendido de material, pepena y eliminación de las partículas de tamaños mayores al máximo establecido, permisos de explotación de bancos de agua, extracción, carga, acarreo a cualquier distancia, aplicación e incorporación del agua necesaria para la compactación hasta obtener el grado indicado en proyecto, los tiempos de los vehículos empleados en el transporte del agua durante las cargas y descargas, operaciones para quitar el agua excedente al contenido de agua de compactación establecido en el proyecto, tendido, conformación, compactación, nivelación y afinamiento para dar el acabado superficial, así también, las operaciones necesarias para la conservación de la capa hasta que sea recibida por la Supervisión de la Secretaría y hasta que se coloque la capa siguiente, así mismo, se considerarán peajes, combustibles, mantenimiento de los vehículos y maquinaria relacionada con este concepto; y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto a satisfacción de la Secretaría.

**ESTIMACIÓN Y PAGO**

La estimación y pago de la compactación del terreno existente de la cama de los cortes bajo el pavimento, se efectuará de acuerdo a lo estipulado en la cláusula G de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras.

**RECEPCIÓN DE LA OBRA**

Una vez concluida la compactación del material existente de la cama de los cortes, la Supervisión de la Secretaría, lo aprobará y la recibirá conforme a lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3. Ejecución de Obras, aplicando en su caso las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

**EP 05.- SUMINISTRO, TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE CAPA DE SUBRASANTE AL 100 % DE LA PRUEBA AASHTO ESTÁNDAR.**

**DEFINICIÓN**

Capa conformada por material procedente de banco con el fin de obtener el nivel de subrasante que indique el proyecto.

**MATERIALES**

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR); %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación ; %	100 ± 2

**CONSTRUCCIÓN**

- Se construirá en la forma que se indica en el proyecto tendiéndose en capas, siguiendo lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.04.002/00.
- Deberá compactarse la capa hasta alcanzar el 100% de su peso volumétrico seco máximo, determinado en el laboratorio mediante la prueba AASHTO estándar.
- El alineamiento, perfil y sección de esta capa se sujetarán a las siguientes tolerancias.

Característica	Valores
Nivel de la superficie en cada punto, respecto al proyecto	± 3 cm
Pendiente transversal	± 0.5%

**MEDICIÓN**

La medición se realizará en el sitio de la construcción, de acuerdo a lo estipulado en la cláusula E de la Norma N.LEG.3, Ejecución de Obras y a satisfacción del Organismo, tomando como unidad de medición el metro cúbico ( $m^3$ ) de capa de subrasante compactada al grado especificado, el levantamiento se hará por métodos topográficos y el cálculo del volumen, se determinará por el método de las áreas extremas redondeando el resultado a la unidad (1.0), según lo estipulado en la tabla de alineamiento y niveles.

**BASE DE PAGO**

El pago por unidad de trabajo terminado incluye la adquisición de los materiales, transporte, maniobras, mezclado de ellos, extendido y compactación, suministro de agua, cargas y descargas, peajes, equipos y herramientas, mano de obra, y todo lo necesario para la correcta ejecución de este proyecto.

**E.P. 06.- SUMINISTRO, TENDIDO Y COLOCACIÓN DE LA BASE HIDRÁULICA, COMPACTADA AL 100 % DE LA PRUEBA AASHTO MODIFICADA, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

Es la capa, que forma parte de la estructura del pavimento, de grava triturada, bien graduada y bien compactada que se construirá sobre la capa de subrasante debidamente terminada, y con la geometría, dimensiones y características que señala el Proyecto, en los sitios que lo indique y/o donde lo ordene la supervisión.

**MATERIALES**

El material que se empleará en la construcción de la capa de base hidráulica, deberá estar constituido por agregados bien graduados (criterio SUCS), procedentes de los bancos de materiales propuestos en el proyecto por el contratista y aprobados por la supervisión, deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la norma vigente N.CMT.4.02.002 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).

El material empleado procederá de un banco de roca sana, totalmente triturado y deberá cumplir con lo siguiente:

☐ Tamaño máximo de la Partícula	38.1 mm
☐ Límite Líquido	25.0 % máximo
☐ Índice Plástico	6.0 % máximo
☐ Equivalente de arena	50.0 % mínimo
☐ Porcentaje de finos que pasa la malla No. 200	0.0 - 10.0
☐ C.B.R.	100 % mínimo
☐ Desgaste de Los Ángeles	30 % máximo

**EJECUCIÓN**

Una vez terminada debidamente la subrasante, se procederá a la construcción de la base hidráulica con el espesor que indique el proyecto, siguiendo lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.04.002

El mezclado se efectuará en una plataforma fuera del área de construcción, se extenderá y compactará al (100%), de su Masa Volumétrica Seca Máxima (MVSM) con respecto a la prueba AASHTO modificada, con la geometría, los espesores y las características que se indican en el proyecto. La compactación de la base se verificará de acuerdo con lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.04.002, vigente.

Para dar por terminada la construcción de la base se verificarán el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

En niveles..... + - 1.5 cm

En espesores..... + - 1.0 cm

### **MEDICIÓN**

La medición de la base se efectuará de acuerdo con lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.04.002. Se tomará como unidad el metro cúbico (m<sup>3</sup>) con dos decimales,

colocado y debidamente compactado. El volumen se calculará por el método del promedio de áreas extremas.

### **BASE DE PAGO**

La base por unidad de concepto de trabajo terminado se pagará a los precios fijados en el contrato para el metro cúbico (m<sup>3</sup>) colocado y compactado, según el grado de compactación indicado en el proyecto. Estos precios unitarios incluyen, además de lo indicado en la norma N.CTR.CAR.1.04.002. de la SCT, para el banco seleccionado por el Contratista, lo que corresponda a: liberación y/o regalías, desmonte, y despalme de bancos, extracción del material aprovechable y del desperdicio cualquiera que sea su clasificación, separación, recolección, carga y descarga del desperdicio en el sitio señalado; adquisición de los materiales, carga, acarreo y descarga de los materiales del banco a la planta de tratamiento; instalación y desmantelamiento de la planta de trituración, cribado y dosificación; alimentación, trituración, cribado y dosificación, carga en la planta, acarreo y descarga en el lugar de utilización o almacenamiento y los tiempos de vehículos empleados en los transportes durante las cargas y descargas, todas las operaciones para el mezclado tendido, conformación y compactación de la capa según niveles de proyecto; pago de regalías en la adquisición de agua, carga, acarreo cualquiera que sea su distancia, aplicación e incorporación de agua; compactación al 100 % de su

MVSM, el equipo y mano de obra en los controles topográficos y muestreos en el control de calidad y en general, todo lo necesario para su correcta ejecución a satisfacción de la supervisión.

**E.P. 07.- RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

El riego de impregnación se aplicará sobre la base para facilitar la adherencia de esta capa con la carpeta asfáltica

**MATERIALES**

El material asfáltico que se empleará en el riego de impregnación, será emulsión de rompimiento lento tipo EAI-60 ó ECI-60, y deberá cumplir con los requisitos que se señalan en la Norma N.CMT.4.05.001, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El contratista estudiara y presentara a la supervisión su proposición del tipo emulsión que pretende usar de acuerdo con las características de los agregados y la supervisión lo analizara y en su caso autorizara su uso.

**EJECUCIÓN**

En donde lo indique la supervisión, una vez terminada la compactación de la capa de base hidráulica, superficialmente seca y barrida se aplicará un riego de impregnación con emulsión asfáltica, en un rango de proporción entre 1.3 y 1.6 lt/m<sup>2</sup>, cantidad que podrá ser ajustada en la obra por la supervisión, sujetándose a lo indicado en la Norma N.CTR.CAR.1.04.004, debiendo el constructor garantizar la buena adherencia entre la base estabilizada y la base con el fin de evitar algún desplazamiento posterior de la misma.

Se sugiere dejar reposar el riego durante 48 hr para lograr una penetración de 4 mm como mínimo, así como realizar estos trabajos en las horas más calurosas del día, y cuando se formen charcos dicho exceso deberá retirarse barriéndolo con cepillos. Con ello también se busca evitar la filtración por capilaridad, que puede dañar la carpeta.

**MEDICIÓN**

La medición del riego de impregnación, por unidad de concepto de trabajo terminado, se hará en el depósito de la petrolizadora, el volumen se obtendrá mediante mediciones antes y después del riego o de la aplicación, con un dispositivo calibrado. Se tomará como unidad el litro (Lt), con dos decimales.

**BASE DE PAGO**

El riego de impregnación por unidad de concepto de trabajo terminado, se pagará al precio fijado en el contrato para el litro. Este precio unitario incluye lo que corresponda por valor de adquisición, limpieza del tanque en que transporte, arrastre en las plantas de producción de material en el lugar de destino; carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, descarga en el depósito; cargo por almacenamiento; carga del depósito al equipo de transporte y/o riego, protección a las estructuras o parte de ellas y precauciones para no mancharlas, aplicación de la emulsión, todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas y los tiempos de los vehículos empleados en el transporte y riego durante las cargas y las descargas; la mano de obra y equipo utilizado en los muestreos de control de calidad, picados y/o barridos y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto a satisfacción de la Supervisión.

**E.P. 08.- RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

El riego de la liga se aplicará sobre el riego de impregnación o sobre una capa asfáltica para facilitar la adherencia con capas asfálticas.

**MATERIALES**

El riego de liga debe cumplir con las especificaciones que se señalan en la Norma N.CTR.CAR.1.04.005 y con los requisitos que se indican enseguida.

Para la aplicación del riego de liga se usará una emulsión asfáltica de rompimiento rápido. Emulsión asfáltica ECR-65 o EAR-60, que deberá cumplir con la Norma N.CMT.4.05.001, y la supervisión lo analizará y en su caso autorizará su uso.

**EJECUCIÓN**

Antes de aplicar la emulsión asfáltica se deberá limpiar perfectamente la superficie, quitar polvo y material suelto

La emulsión se aplicará en un rango de proporción entre 0.5 y 0.8 lt/m<sup>2</sup> y/o lo indicado por la supervisión, por medio de petrolizadora aprobada por la supervisión, dotada del equipo de calentamiento que se requiera, bomba de presión, barra de riego con espreas regulables, tacómetro, aditamento para medición de volúmenes, termómetro y todo lo necesario para su correcta ejecución. La aplicación del producto asfáltico también podrá hacerse con otro equipo previamente aprobado por la supervisión.

Se tomarán las precauciones necesarias para no manchar las estructuras contiguas, para lo cual antes de aplicar el riego, se protegerán todas las partes que pudieran mancharse, con papel o cualquier otra forma que autorice la supervisión, para que al terminar el trabajo y una vez retirado el papel o el material con que se protegieron, se encuentren en las mismas condiciones de limpieza en que se hallaban.

Al aplicarse el riego de liga deberá tenerse especial cuidado para evitar que se traslape con un riego dado con anterioridad en un tramo contiguo, para tal efecto, se colocarán tiras de papel u otro material en el punto donde se inicie cada riego, de manera que el nuevo riego se empiece desde la tira de protección y al retirarse esta, quede la aplicación sin traslapes.

**MEDICIÓN**

La emulsión asfáltica, empleada en riego de liga, se medirá tomando como unidad el litro con dos decimales. La medición se hará en el dispositivo de la petrolizadora o del vehículo

por medio del cual se apliquen y que habrá sido previamente cubicado. El volumen se obtendrá mediante mediciones antes y después de la aplicación del riego, con un dispositivo calibrado. Se tomarán como base las cantidades de emulsión asfáltica fijadas en el proyecto, con las modificaciones autorizadas por la supervisión.

#### **BASE DE PAGO**

El riego de liga con emulsión asfáltica, por unidad de concepto de trabajo terminado, se pagará al precio fijado en el contrato para el litro de emulsión asfáltica. Este precio unitario incluye lo que corresponda por: Valor de adquisición, limpieza del tanque en que se transporte, arrastres en la planta de producción de la emulsión y en el lugar de destino; carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento fijado, descarga en este lugar, cargo por almacenamiento, acarreo del depósito al lugar de aplicación: Adquisición, carga, acarreo; todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas y los tiempos de los vehículos

empleados en los transportes durante las cargas y descargas, protección a las estructuras o partes de ellas, y precauciones para no mancharlas durante la construcción; y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto a satisfacción de la supervisión.

**E.P. 09.- CONSTRUCCIÓN DE BASE ASFÁLTICA EN PLANTA, EN CALIENTE, CON ASFALTO AC-20, COMPACTADA AL 95 % DE SU PESO VOLUMETRICO MARSHALL. INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES PÉTREOS Y ACARREOS, P.U.O.T.****DEFINICIÓN**

Las carpetas y bases de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactado de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas en planta estacionaria, utilizando cemento asfáltico AC-20. La base asfáltica se construirá en todo el ancho de la sección.

**MATERIALES****Material Pétreo**

El material pétreo deberá cumplir con lo siguiente:

Desgaste los Ángeles	30% Máximo
Equivalente de arena	50% Mínimo
Límite Líquido	25% Máximo
Índice Plástico	Inapreciable
Partículas lajeadas y alargadas	35% Máximo
Partículas trituradas con una cara	70% Mínimo
Partículas trituradas con dos caras	70% Mínimo
Adherencia con asfalto AC-20	Buena
Material deleznable	0%
Densidad	2.4 Mínimo

Cemento asfáltico.

Por su parte el cemento asfáltico deberá cumplir con la normativa vigente de la SCT.

Mezcla asfáltica.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con las siguientes especificaciones, conforme al método Marshall, para compactación a 75 golpes.

Característica		Valor
Estabilidad	Kg	700 min
Vacíos	%	3 – 8
Flujo	mm	2 – 4
VAM	%	12 min

Composición granulométrica para base asfáltica

Malla, mm	Porcentaje que pasa
37.5	100
25.0	90 – 100
19.0	76 – 100
4.75	24 – 70
0.425	4 – 10
0.075	0 – 6

## EJECUCIÓN

Una vez aplicado el riego de liga, se construirá una base asfáltica del ancho y espesor señalados en el proyecto, compactada al 95% de su peso volumétrico Marshall. Se utilizará para el tendido una extendedora que garantice una buena distribución y compactación inicial de la mezcla asfáltica y además que cuente con un sistema de sensores automáticos para el control de espesores y niveles. La base asfáltica se tenderá en dos capas y no se requerirá la aplicación de riegos de liga entre capas, si su construcción es inmediata. En el caso de iniciar lluvia, el tendido deberá suspenderse de inmediato, sin argumentar que se tiende bajo el riesgo del licitante. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de proceder a su compactación, deberá ser de  $121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , sin embargo, es conveniente que el Contratista determine mediante la curva Viscosidad – Temperatura, del material asfáltico utilizado, las temperaturas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla.

La superficie de rodamiento deberá tener una textura y acabado uniforme, sin cambios bruscos en las pendientes longitudinales y tendrá una permeabilidad de cero por ciento.

En la construcción de la carpeta asfáltica se seguirán los lineamientos, tolerancias y acabados establecidos en la norma NCTR – CAR . 1 . 04 . 006/00, de la SCT, como las siguientes:

Concepto	Tolerancia
Pendiente transversal	$\pm 0.25\%$
Índice de perfil en un tramo de 200 m, determinado con un perfilógrafo que cumpla con la ASTM E 1274, máximo	14 cm/km
Nivel de la superficie en cada punto nivelado, respecto al de proyecto	$\pm 1$ cm

## MEDICIÓN

La unidad de medición será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), para efectos de pago, se cuantificarán las unidades realmente ejecutadas en la obra, de acuerdo a las líneas de proyecto.

## BASE DE PAGO

Para el pago de este concepto por unidad de obra terminada, se incluirá la adquisición de los materiales, su acarreo, almacenamiento, maniobras, peajes, ensayos, herramientas y equipos, mano de obra, aplicación y todo lo necesario para la correcta aplicación de este concepto.

**E.P. 10.- CONSTRUCCIÓN DE CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO, ELABORADA CON CEMENTO ASFÁLTICO PG 82-22, TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO DE 19.05MM Y COMPACTADA AL 95 % DE SU PESO VOLUMETRICO MARSHALL. INCLUYE SUMINISTRO DE MATERIALES PÉTREOS Y ACARREOS, P.U.O.T.**

### DEFINICIÓN

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactado de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas en planta estacionaria utilizando cemento asfáltico PG 82-22.

### MATERIALES

Los materiales pétreos que sean empleados para la construcción de la carpeta, deberán cumplir con lo siguiente:

Material Pétreo.

El material pétreo deberá cumplir con lo siguiente:

Desgaste los Ángeles	30% Máximo
Equivalente de arena	50% Mínimo
Partículas alargadas	35% Máximo
Densidad	2.4 Mínimo
Pérdida de estabilidad por inmersión en agua	25% Máximo

La composición granulométrica deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Malla	Porcentaje que pasa
Malla 1" (25.0 mm)	100
Malla ¾" (19.0 mm)	90 - 100
Malla 1/2" (12.5 mm)	72 - 90
Malla 3/8" (9.5 mm)	60 - 76

Malla ¼" (6.3 mm)	44 - 57
Malla N° 4 (4.75 mm)	37 – 48
Malla N° 20 (0.85 mm)	12 – 19
Malla N° 60 (0.25 mm)	6 -11
Malla N° 200 (0.75 mm)	2 – 5

#### Mezcla asfáltica.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con las siguientes especificaciones, conforme al método Marshall, para compactación a 75 golpes

Estabilidad, kg	900 mínimo
Vacíos, %	3 - 5
Flujo, mm	2.0 - 3.5
VAM, %	13 mínimo

#### EJECUCIÓN

Se aplicará un riego de liga con emulsión asfáltica del tipo ECR-65 que cumpla con lo indicado en la E.P.-10, en toda la superficie de la calzada de 12.00 m de ancho para los tramos de ampliación o de nuevo trazo, de acuerdo con lo indicado en la norma N.CTR.CAR.1.04.005/00 riego de liga, a razón de 0.5 lt/m<sup>2</sup> dosificación que deberá verificarse en campo, inmediatamente después se procederá a tender la carpeta de concreto asfáltico con un espesor compacto de 5.0 cm y compactada al 95% de su Masa Volumétrica (M.V.), determinada por la prueba Marshall. Dicha mezcla será elaborada en planta y en caliente con los materiales pétreos triturados totalmente y cribados a tamaño máximo de ¾" a finos, con una dosificación aproximada de 140 kg/m<sup>3</sup> de cemento asfáltico PG 82-22, cuya dosificación definitiva deberá ser determinada mediante el diseño por el método Marshall.

La mezcla asfáltica deberá cumplir con los requisitos de calidad que se indican en las Tablas 1 y 2 del inciso D.1.1.1 de la Norma N.CMT.4.05.003/08 para la intensidad de tráfico mayor de un millón de ejes equivalentes, su ejecución deberá seguir en lo que corresponda de los lineamientos indicados en la Norma N.CTR.CAR.1.04.006.

Las temperaturas de tendido y compactación las determinará la Empresa constructora, mediante la gráfica Viscosidad-Temperatura, de cemento asfáltico PG 76-22, y con las recomendaciones del proveedor.

Deberá construirse un tramo de prueba de 400 m, para ajustar los procedimientos de construcción y control.

Para la realización de este trabajo, se deberá contar con el control topográfico (antes y después del tendido de la carpeta), mediante la utilización de “estación total y nivel automático”.

La carpeta terminada deberá cumplir con los valores de índice de perfil y coeficiente de fricción, (14 cm/km como máximo en índice de perfil y valores con un rango de 0.60 a 0.80, para un coeficiente de fricción aceptable), como lo indica la Norma N.CTR.CAR.1.04.006 vigente de la SCT, sometiéndose a las bonificaciones y sanciones establecidas.

Se deberá tener en cuenta las limitaciones en la ejecución de los trabajos por los aspectos climáticos de lluvia y temperatura.

### **MEDICIÓN**

La unidad de medición será el metro cúbico (m<sup>3</sup>) de capa compactada con dos decimales para efectos de pago, se cuantificarán las unidades realmente ejecutadas en la obra, de acuerdo a las líneas de proyecto.

### **BASE DE PAGO**

El pago será por unidad de obra terminada al precio fijado en el contrato. Este precio unitario incluye; adquisición o producción del agregado pétreo, transporte del agregado, la elaboración del concreto asfáltico en caliente en planta, así como los materiales, la mano de obra y/o equipo y herramienta menor necesaria para la carga a los vehículos de transporte y descarga en la forma requerida para su tendido y colocación, el acarreo desde la planta al lugar de su colocación, así como la maquinaria necesaria para la correcta ejecución del trabajo, el tendido uniforme de los materiales a las temperaturas adecuadas, compactado de la carpeta hasta obtener un espesor mínimo de acuerdo a proyecto y/o especificaciones en el material compactado, reparación de juntas de construcción longitudinales y transversales, afine de carpeta terminada, los recortes de las cuñas necesarias, protección a las estructuras o partes de ellas que lo requieran; la limpieza parcial y/o total del área de trabajo que sean necesarios, incluyéndose los acarreos tanto horizontales como verticales que sean necesarios, hasta el sitio para la carga a los camiones, el peaje por casetas, la carga de los materiales producto de las limpiezas, sobrantes y/o desperdicios, así mismo deberá incluir el cargo por equipo para las cargas; los tiempos de los vehículos de transporte durante las cargas y las descargas durante el acarreo de ida y vuelta, los tiempos de espera y el tiempo por equipos inactivos, los acarreos internos y externos para el retiro del material producto de la limpieza, sobrantes y/o desperdicios, hasta el banco de tiro; las pruebas de laboratorio que sean necesarias en cuanto a su tipo, periodicidad y cantidad conforme al proyecto.

**E.P. 11.- CONSTRUCCIÓN DE GUARNICIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.****DEFINICIÓN**

La guarnición se construirá para reponer la existente, debido al deterioro que conserva, así mismo, solo se reparará la guarnición dentro del área del pavimento flexible que se rehabilitará.

**MATERIALES**

Se utilizará concreto hidráulico simple, con  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  a 28 días, premezclado con revenimiento de 10 cm. y cemento Portland ordinario.

Los materiales que se utilicen en la construcción de guarniciones, cumplirán con lo establecido en las Normas aplicables de acuerdo a lo indicado en la norma N. CTR CAR. 1. 02. 010, Construcción de Guarniciones y Banquetas de la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Norma N. CTR CAR. 1. 02. 010, Construcción de Guarniciones y Banquetas, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el Contratista de Obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al Contratista de Obra.

**EJECUCIÓN**

Se reconstruirá la guarnición que se encuentre en malas condiciones, así mismo, la Secretaría, evaluará si requiere o no la rehabilitación de otros tramos.

El equipo, transporte y almacenamiento, así como lo relativo a la ejecución, estarán de acuerdo con la Norma N. CTR CAR. 1. 02. 010, Construcción de Guarniciones y Banquetas, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, atendiendo lo siguiente: Las guarniciones de concreto hidráulico tendrán la resistencia, dimensiones y características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. Las guarniciones coladas en el lugar atenderán lo indicado en la Norma N. CTR CAR. 1. 02. 003, Concreto Hidráulico, cuando el proyecto o la Secretaría establezca que las guarniciones deban ser reforzadas con acero, se considerará la señalado en la Norma N. CTR CAR. 1. 02. 0006, Estructuras de Concreto Reforzado. Cuando las guarniciones sean coladas en el lugar utilizando

procedimientos manuales, se utilizarán moldes rígidos colocados sobre la superficie de desplate, con la suficiente rigidez para que no se deformen durante las operaciones de vaciado y vibrado del concreto, ajustados perfectamente para evitar escurrimientos de lechada debido a las juntas.

### **MEDICIÓN**

La construcción de la guarnición de concreto, por unidad de obra terminada, se medirán tomando como unidad el metro cúbico ( $m^3$ ) de guarnición con dos decimales, como base se tomará las cantidades que fije el proyecto, haciendo las modificaciones necesarias por los cambios autorizados por la Secretaría, no se medirá el concreto que no cumpla con lo estipulado, no se medirán los acarrees del cemento, puzolanas, cloruro de calcio, aditivos, ni de los materiales para curado. El volumen se calculará por el método del promedio de áreas extremas, sin considerar tolerancias.

### **BASE DE PAGO**

La guarnición de concreto premezclado de resistencia normal de  $200\text{kg}/\text{cm}^2$ , por unidad de obra terminada, se pagarán al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de guarnición colada en el lugar. Se verificarán los alineamientos, posiciones, niveles, dimensiones, forma y acabado de los elementos estructurales, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría. Estos precios incluyen lo que corresponda por: el concreto hidráulico será premezclado y de resistencia normal con  $f'c=200\text{kg}/\text{cm}^2$ , los permisos de explotación de bancos; desmonte y despalle de bancos; extracción o adquisición de los agregados fino y grueso; los acarrees que sean necesarios; trituración y/o cribado y/o lavado de los agregados fino y grueso; adquisición, transporte y aplicación del cemento, agua aditivos, puzolanas, cloruro de calcio y agentes inclusores de aire, al lugar de la obra; cargas y descargas, almacenamientos y movimientos en la obra, de todos los materiales; parte proporcional del costo de la madera, herraje y/o acero u otros materiales para obra falsa y moldes; transporte de éstos materiales a la obra; acabados, aditivos, mano de obra y equipo de alumbrado en jornadas nocturnas, limpieza de la obra y, en general, todo lo necesario para la correcta ejecución; y los tiempos de los vehículos empleados en los transportes durante las cargas y las descargas, y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto, excavaciones necesarias para la geometría de la guarnición, limpieza, suministro y colocación de cimbra, descimbrado, colado, vibrado, curado con aditivos, acero de refuerzo, y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

## 6.5.-Catálogo de conceptos, volúmenes y costos estimados

A continuación, se presenta el catálogo con los conceptos que se estiman necesarios para la modernización del pavimento.

Carretera: Libramiento norte de Tuxtla Gutiérrez, Chis.  
Tramo: Libramiento norte.  
Subtramo: del km 0+000 al km 7+200.  
Origen: Local, Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Ancho de corona de 10.50 m

Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe
Desinstalación, demolición y renivelación de brocales de pozos de visita, por unidad de obra terminada.	pza	22	\$ 4,560.00	\$ 100,320.00
Demolición y retiro de guarnición de concreto hidráulico, por unidad de obra terminada.	m	12,970	\$ 28.50	\$ 369,645.00
Corte y excavación del pavimento existente hasta la profundidad indicada en proyecto, para alojar la estructura del pavimento nuevo, por unidad de obra terminada.	m3	124,416	\$ 120.00	\$ 14,929,920.00
Compactación de la cama de corte al 95% de su Masa Volumétrica Seca Máxima AASHTO estándar, hasta una profundidad de 20cm, por unidad de obra terminada.	m2	174,240	\$ 320.00	\$ 55,756,800.00
Suministro, tendido y conformación de capa subrasante compactada al 100% de su Masa Volumétrica Seca Máxima AASHTO estándar, por unidad de obra terminada.	m3	51,840	\$ 225.00	\$ 11,664,000.00
Suministro, tendido y conformación de capa base hidráulica compactada al 100% de su Masa Volumétrica Seca Máxima modificada, por unidad de obra terminada.	m3	34,560	\$ 398.00	\$ 13,754,880.00
Suministro y aplicación de riego de impregnación con emulsión asfáltica ECI-60, a razón de 1.2 l/m <sup>2</sup> , por unidad de obra terminada.	litro	207,360	\$ 15.00	\$ 3,110,400.00
Suministro y aplicación de riego de liga con emulsión asfáltica ECR-65, a razón de 0.6 l/m <sup>2</sup> , por unidad de obra terminada.	litro	207,360	\$ 13.00	\$ 2,695,680.00
Suministro, tendido y conformación de capa base asfáltica con tamaño máximo de agregado de 1 ½", mezcla asfáltica en caliente, compactada al 95% de su Masa Volumétrica Marshall, por unidad de obra terminada.	m3	20,736	\$ 2,250.00	\$ 46,656,000.00
Suministro, tendido y conformación de carpeta asfáltica con tamaño máximo del agregado de ¾", mezcla asfáltica en caliente, compactada al 95% de su Masa Volumétrica Marshall, pago por unidad de obra terminada.	m3	17,280	\$ 2,980.00	\$ 51,494,400.00
Construcción de guarnición de concreto hidráulico, por unidad de obra terminada.	m	13,840	\$ 126.00	\$ 1,743,840.00
			\$	202,275,885.00

## Capítulo 7.-Proyectos complementarios

### 7.1.-Información sobre Proyecto geométrico

El proyecto geométrico de un camino está basado en ciertas características físicas del individuo como usuario del camino, de los vehículos y del camino mismo.

En sus orígenes, la normativa para el proyecto geométrico de carreteras a nivel mundial, se generó a partir de suposiciones empíricas y pruebas de campo acerca del comportamiento vehicular para los vehículos y las condiciones prevalecientes en ese momento. Sin embargo, al paso de los años se han alcanzado mayores conocimientos y las condiciones de la operación carretera han variado significativamente.

#### 7.1.1.-Estándar de proyecto

Se entiende por estándar de proyecto, el nivel de calidad geométrico al cual se construye una carretera. Su selección se efectúa durante la etapa de planeación. Entre mayor es el estándar geométrico, mejor es la seguridad vial. El mayor estándar geométrico para una carretera corresponde a las autopistas. Algunos de los factores específicos más importantes a considerar en la selección del estándar geométrico son: la clasificación funcional de la carretera, el volumen de tránsito al final del horizonte o período económico de la misma (20 años), el tipo de terreno y la velocidad de proyecto. Aunque también deben influir consideraciones de capacidad, eficiencia económica, seguridad e impacto ambiental.

#### 7.1.2.-Control de acceso

Se refiere al ingreso del tránsito a una carretera, proveniente de otras, incluyendo intersecciones, vías públicas, privadas y retornos. En una carretera, éste puede ser total, parcial o inexistente.

Es el factor que más influye por sí mismo en la seguridad de una carretera. El índice de accidentes aumenta rápidamente con la densidad de los accesos. En la mayoría de las carreteras, por supuesto, no es posible o significativo eliminar el acceso, aunque los efectos negativos pueden ser moderados al reducir el conflicto en los puntos de acceso.

#### 7.1.3.-Clasificación de las carreteras

Las normativas mundiales de vanguardia anteponen una clasificación funcional a cualquier otra, con el fin de definir en primer lugar la función deseada para la vía en el contexto de la red nacional de carreteras. En ese sentido, se propone la siguiente clasificación funcional de las carreteras mexicanas para fines de proyecto geométrico:

Troncales o primarias. Son parte de corredores de transporte que unen centros de población importantes, generalmente de más de cincuenta mil (50,000) habitantes, cuyas actividades generan o atraen viajes de largo itinerario. A su vez, se subdividen en:

- Autopistas (AP). Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, control total de acceso, dos (2) o más carriles por sentido de circulación y velocidad de proyecto en el rango de ochenta (80) km/h a ciento diez (110) km/h. Sus TDPA's son mayores a cinco mil (5,000) vehículos.
- Vías rápidas (VR). Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, y velocidad de proyecto en el rango de ochenta (80) km/h a ciento diez (110) km/h; y que en relación con uno o varios de los demás elementos (control de acceso, número de carriles por sentido, etc) no cumple con los estándares de las autopistas. Sus TDPA's van de tres mil (3,000) a cinco mil (5,000) vehículos.

Arterias o secundarias. Son vías que unen poblaciones medianas o pequeñas con los nodos de la red troncal, que aportan gran proporción de los viajes de mediano y corto itinerario. Tienen un sólo cuerpo, control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de setenta (70) km/h a ciento diez (110) km/h. Sus TDPA's van de mil quinientos (1,500) a tres mil (3,000) vehículos.

Alimentadoras. Son aquéllas utilizadas por viajes de muy corto itinerario. Se subdividen en:

- Colectoras (C). Carreteras de un sólo cuerpo, control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de sesenta (60) km/h a cien (100) km/h. Sus TDPA's van de quinientos (500) a mil quinientos (1,500) vehículos.
- Locales (L). Carreteras de un sólo cuerpo, sin control de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de cincuenta Resumen ejecutivo XIII (50) km/h a ochenta (80) km/h. Sus TDPA's van de cien (100) a quinientos (500) vehículos.
- Brechas (Br). Carreteras de un sólo cuerpo, sin control de acceso, un carril de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de treinta (30) km/h a setenta (70) km/h. Sus TDPA's son menores a cien (100) vehículos.

La clasificación anterior tiene además la ventaja de que sus tres grandes categorías (troncales, arterias y alimentadoras) pueden homologarse con las tres categorías (primarias, secundarias y alimentadoras) de una propuesta reciente de clasificación de caminos y puentes para el Reglamento de Pesos y Dimensiones.

#### 7.1.4.-Tipo de terreno

Es un factor que puede influir significativamente en las características geométricas de una carretera. La mayoría de las normativas incluyendo la mexicana, consideran tres tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. Las normativas más avanzadas los definen en términos de las pendientes y las posibilidades de los vehículos pesados de circular por ellas.

### 7.1.5.-Velocidad de proyecto

Es la mínima velocidad a lo largo de un tramo para la que quedarán preparados los segmentos diseñados con los estándares más restrictivos permitidos para esa velocidad (radio mínimo de curvatura, pendiente máxima, etcétera). En otras palabras, la velocidad de proyecto es una elección, la cual deberá ser congruente con el tipo de carretera, y sirve para determinar los diferentes elementos de diseño geométrico de la carretera. La normativa mexicana más reciente permite rangos de velocidad de proyecto muy amplios para cada tipo de carretera. Las normativas más avanzadas consideran rangos más reducidos para cada categoría, con el fin de evitar variaciones muy fuertes de velocidad de proyecto a lo largo de una carretera, las cuales suelen ser fuente importante de accidentes. Por esa razón, en la clasificación funcional de carreteras propuesta, se consideran los siguientes rangos de velocidad de proyecto más reducidos:

- de 80 a 110 km/h para autopistas,
- de 80 a 110 km/h para vías rápidas,
- de 70 a 110 km/h para arterias,
- de 60 a 100 km/h para colectoras,
- de 50 a 80 km/h para locales, y
- de 30 a 70 km/h para brechas.

### 7.1.6.-Confiabilidad

Algunos estudios recientes sugieren incorporar el concepto de confiabilidad en el proyecto geométrico de los elementos de una carretera, definida como la diferencia de la unidad menos la probabilidad de que un conductor exceda la velocidad ofrecida por los elementos de la carretera. En este trabajo se adopta la sugerencia anterior, con el fin de compatibilizar la velocidad de proyecto seleccionada para una carretera, con los deseos en ese sentido de los usuarios que circularán por ella, pues se ha observado que la incongruencia entre los dos aspectos anteriores suele ser fuente de accidentes.

### 7.1.7.-Vehículos de proyecto

La tabla 7.1.7.1 muestra las características representativas para los vehículos circulantes por las carreteras nacionales, a partir de una serie de mediciones de dimensiones realizadas. Con el fin de ilustrar la magnitud de la modificación introducida en cuanto al espacio requerido con los vehículos de proyecto recomendados, cabe señalar que el radio de giro mínimo del más grande de estos últimos (DE-2970) es 15% superior al radio de giro mínimo del mayor en el anteproyecto de actualización de la normativa mexicana de 1992 (DE-2520).

**Propuesta de vehículos de proyecto.**

CARACTERÍSTICAS	VEHÍCULO DE PROYECTO							
	DE-335	DE-620	DE-750	DE-760	DE-1890	DE-1980	DE-2545	DE-2970
Longitud total del vehículo (L), cm	580	1200	1360	1209	2088	2241	2740	3166
Distancia entre ejes extremos del vehículo (DE), cm	335	620	749	762	1890	1982	2545	2971
Vuelo delantero (VD), cm	92	236	240	127	122	122	119	119
Vuelo Trasero (VT), cm	153	344	371	320	76	137	76	76
Ancho total del vehículo (A), cm	214	255	260	244	259	259	259	259
Entrevía del vehículo (EV), cm	183	230	230	244	244	244	244	244
Longitud del remolque (Lr), cm	-	-	-	-	1463	1615	1006	1219
Altura total del vehículo (Ht), cm	167	354	380	410	410	410	410	410
Altura de los ojos del conductor (Hc), cm	107	212	232	250	250	250	250	250
Altura de los faros delanteros (Hf), cm	61	81	110	112	112	112	112	112
Altura de las luces posteriores (Hi), cm	61	154	140	100	100	100	100	100
Angulo de la desviación del haz de los faros	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°	1°
Radio de giro mínimo, cm	732	1267	1359	1572	1372	1372	1372	1572
Relación Peso/Potencia, kg/HP	15	180	210	210	210	210	210	210
Vehículos representados por el proyecto	Vehículos ligeros	Autobuses		Camión unitario de carga	Combinación de tractor con semirremolque		Combinación de tractor con dos remolques	

*Tabla 7.1.7.1.- Propuesta de vehículos de proyecto.*

## 7.1.8.-Distancias de visibilidad

### 7.1.8.1.-De parada

La gran diferencia en el cálculo de la distancia de visibilidad de parada entre la normativa mexicana más reciente y la de países más adelantados reside en que en la primera dicha distancia se calcula para la velocidad de marcha (asumiéndose que en promedio es 0.875 de la velocidad de proyecto), en tanto que en las de vanguardia se estima para la velocidad de proyecto. Además, se propone actualizar la altura del ojo del conductor a 1.08 m considerando la altura de los vehículos actuales, así como la altura del objeto a 0.60 m, la cual prácticamente corresponde a la altura de las luces traseras o de los faros de los vehículos ligeros (automóviles, camionetas, etc).

### 7.1.8.2.-De rebase

La gran diferencia en el cálculo de esta distancia de visibilidad entre la normativa mexicana y la de países más desarrollados reside en que en la primera, dicha distancia se calcula como 4.5 veces la velocidad de proyecto, en tanto en las más avanzadas se determina a partir del modelo de maniobra de rebase de la AASHTO, resultando casi siete veces la velocidad de proyecto.

En México no se utiliza el modelo de la AASHTO porque los conductores nacionales efectúan sus maniobras de rebase en forma poco conservadora. En aras de la seguridad operativa, así como de los costos de operación de los flujos vehiculares, se sugiere actualizar las distancias de visibilidad de rebase a los valores obtenidos con el modelo de la AASHTO.

También se valora como pertinente la sugerencia en las normativas más avanzadas sobre proporcionar visibilidad de rebase, preferentemente en el cuarenta por ciento (40%) de la longitud

de cada sentido de circulación, y lo más uniformemente repartido posible. Igualmente, se plantea actualizar las alturas del ojo del conductor y del objeto a 1.08 m, considerando la altura de los vehículos modernos.

#### *Carriles de rebase.*

Las limitaciones de rebasar en carreteras de dos carriles, con la presencia de vehículos lentos, pueden generar congestionamiento y accidentes en el rebase. En estas circunstancias, los carriles de rebase pueden mejorar las operaciones (ayudando a disolver los pelotones y disminuyendo los retrasos). Su ubicación juiciosa en alrededor de 10% de la longitud carretera, puede proporcionar la mayoría de los beneficios de la duplicación del cuerpo existente.

#### 7.1.8.3.-En curvas horizontales

Debe verificarse que se cuente con una distancia libre de obstáculos mínima  $m$  del eje del carril interior a obstáculos en el interior de curvas horizontales, para dar la distancia de visibilidad de parada o de rebase, según se desee satisfacer una u otra en la curva. El valor de  $m$  depende del grado de curvatura, pero también de la distancia de visibilidad (sea de parada o de rebase), por lo cual, al actualizarse las distancias mexicanas de visibilidad, también deben reformarse los correspondientes valores de  $m$ , tanto para parada como para rebase. La remoción de vegetación u otros obstáculos en el interior de curvas horizontales, es rentable como medida para mejorar la visibilidad en todos los tipos de carreteras.

#### 7.1.8.4.-En curvas verticales

Para las curvas verticales en cresta, el criterio debe ser que  $K$  sea suficientemente grande, como para permitir que el conductor vea el objeto de 0.60 m de altura sin interferencia de la superficie del pavimento, siendo la altura del ojo del conductor de 1.08 m. En el caso de las curvas verticales en columpio, el criterio debe ser que  $K$  permita que el conductor, para la condición de visibilidad nocturna, vea la superficie del pavimento al ser iluminada por los faros delanteros del vehículo, asumiéndose una altura para los faros de 0.60 m, una altura del objeto de 0 m y un ángulo de divergencia del cono luminoso de los faros de  $1^\circ$ .

#### 7.1.8.5.-De encuentro

Esta distancia de visibilidad, que es igual a dos veces la distancia de visibilidad de parada, se utiliza en el proyecto de carreteras Tipo E de un sólo carril (brechas, de la clasificación funcional), con el fin de que dos conductores que se encuentran al circular en sentidos opuestos detengan sus vehículos con seguridad y puedan realizar la maniobra necesaria para que ambos continúen su viaje. Por lo anterior, todas las recomendaciones de actualización para las distancias de visibilidad de parada son aplicables a esta distancia de visibilidad, resultando en un incremento máximo del 14% en ella, para una velocidad de proyecto máxima en brechas de 70 km/h.

#### 7.1.8.6.-De decisión

Esta distancia de visibilidad es la distancia mínima necesaria para que un conductor, circulando a la velocidad de proyecto, pueda maniobrar con anticipación ante la presencia de una situación cuya complejidad demanda tiempos de percepción-reacción  $t$  más grandes que los requeridos usualmente. Se calcula y se mide utilizando los mismos criterios que la distancia de visibilidad de parada (altura del ojo del conductor de 1.08 m y altura del objeto de 0.60 m). La distancia de visibilidad de decisión considera cinco diferentes grados de complejidad de maniobra:

- Parada en zona rural,  $t=3.0$  s
- Parada en zona urbana,  $t=9.1$  s
- Cambio de velocidad, trayecto o dirección en zona rural;  $t$  varía entre 10.2 y 11.2 s
- Cambio de velocidad, trayecto o dirección en zona suburbana;  $t$  varía entre 12.1 y 12.9 s
- Cambio de velocidad, trayecto o dirección en zona urbana;  $t$  varía entre 14.0 y 14.5 s

Se sugiere incluir esta distancia de visibilidad, ya que actualmente no se considera en la normativa mexicana.

#### 7.1.8.7.-En intersecciones a nivel

Una intersección debe disponer de suficiente distancia de visibilidad para que el conductor perciba los conflictos potenciales y lleve a cabo las acciones necesarias para maniobrar en la intersección con seguridad. Los criterios de distancia de visibilidad son aplicables a los vehículos que se aproximan a la intersección y a los que arrancan desde una posición de parada en la intersección.

A lo largo de los accesos de una intersección deben existir áreas libres de obstrucciones que permitan al conductor ver a los vehículos potencialmente conflictivos que se aproximan. Estas áreas específicas se conocen como triángulos de visibilidad.

En el caso de las intersecciones sin control del tránsito, los catetos de los triángulos de visibilidad de llegada deben ser iguales a la distancia recorrida durante el tiempo de percepción-reacción del conductor, más un tiempo adicional para proceder a frenar o acelerar, según se requiera, a la velocidad de proyecto del acceso correspondiente. En la normativa mexicana vigente se utiliza un tiempo de percepción-reacción de 2 s y un tiempo adicional para frenar o acelerar de 1 s, dando un tiempo total de cálculo de 3 s; en tanto que en las normativas más avanzadas los catetos se determinan para un mayor tiempo total equivalente, del orden de 4 s, por razones de seguridad. Aduciendo a las mismas razones, se propone actualizar las longitudes de los catetos, adoptando el criterio de los 4 s, con lo cual dichas longitudes se verán incrementadas en 33% con respecto a sus valores en la normativa vigente.

### 7.1.9.-Alineamiento horizontal

Las únicas actualizaciones pertinentes son las que se derivan de los menores rangos de velocidad de proyecto, y los nuevos vehículos de proyecto recomendados para cada tipo de carretera de la clasificación funcional. Los elementos anteriores definen las ampliaciones, las sobreelevaciones, y la longitud y tipo de las transiciones (mixta o espiral) de las curvas horizontales, siendo las ampliaciones las que experimentan las mayores modificaciones, derivadas básicamente de las mayores distancias entre huellas externas de los vehículos de proyecto recomendados para cada tipo de carretera. Las especificaciones para las espirales de transición entre la normativa mexicana vigente y las más avanzadas son equiparables, por lo cual se considera que no se requieren actualizaciones en este sentido.

### 7.1.10.-Alineamiento vertical

#### 7.1.10.1.-Pendientes

Los valores de pendiente gobernadora y pendiente máxima, establecidos para diferentes combinaciones de tipo de carretera, tipo de terreno y rango de velocidades de proyecto, son muy similares entre la normativa mexicana vigente y las más adelantadas. La especificación mexicana de pendiente mínima también es similar a la de las normativas de vanguardia.

#### 7.1.10.2.-Rampas de escape para camiones

Son instalaciones de seguridad específicamente para vehículos pesados, con el fin de reducir el riesgo de camiones fuera de control en pendientes descendentes. Tienen por objeto segregarse de la corriente de tránsito a los vehículos fuera de control por sobrecalentamiento, falla de los frenos o fallas mecánicas, deteniéndolos con seguridad en lugares apropiados fuera de la carretera. Funcionan por gravedad o mediante algún material que incrementa la fricción de rodado de las llantas del camión. Las hay seis tipos: I) montículo de arena; II) rampa de gravedad; III) cama de fricción con pendiente ascendente; IV) cama de fricción horizontal; V) cama de fricción con pendiente descendente; y VI) cama de fricción en las zonas laterales.

#### 7.1.11.-Combinación de los alineamientos horizontal y vertical

El riesgo crece cuando las expectativas de los conductores son violentadas por elementos aislados o inesperados de bajo estándar (p. ej, intersecciones aisladas con un alto flujo vehicular; curvas cerradas precedidas por largas tangentes; curvas contiguas en el mismo sentido, donde la primera es de radio elevado y la segunda mucho más cerrada). La presencia simultánea o cercana entre sí de dos o más de esos elementos (pendientes, curvas, intersecciones o estructuras) magnifica el

riesgo (p. ej, curvas de radio menores de 500 m junto con pendientes mayores de 4%, curva horizontal después de una curva vertical en cresta).

#### 7.1.12.-Sección transversal

Los aspectos comparativos más relevantes entre la normativa mexicana vigente y las más avanzadas en relación con la corona y sus elementos (calzada, anchos de carril, acotamientos y mediana), son:

- Cuando se requieren dos o más carriles por sentido, se recomiendan calzadas separadas para cada sentido. No se aconseja tener los carriles de los dos sentidos en una sola calzada.
- El ancho de carril más conveniente para los caminos más importantes es de 3.6 m. Anchos de menos de 3 m contribuyen a accidentes de múltiples vehículos.
- No es recomendable proporcionar espacio para tres carriles y sólo pintar dos. Es más aconsejable en términos de seguridad, calidad de servicio y costo, instalar terceros carriles de rebase para una u otra dirección (p. ej, en 10% de la longitud de la carretera)
- Un ancho de acotamiento de 2.5 m a cada lado, para las carreteras más importantes de dos carriles (vías rápidas y arterias de la clasificación funcional), especificando un ancho mínimo de 1 m a cada lado para todos los caminos de menor importancia. En el caso de las autopistas, un acotamiento exterior mínimo de 3.00 m y otro interior mínimo de 1.50 m.

Es necesario contar con un buen drenaje superficial, ya que una película o capa de agua de 6 mm puede generar hidroplaneo al reducir el coeficiente de fricción a cerca de cero, haciendo virtualmente imposible las operaciones de frenado, así como dar vuelta. Por lo anterior, se sugiere:

- Una pendiente transversal mínima de 2% en carreteras de altas especificaciones, y de 3% o más en carreteras menos importantes.
- Incrementar la pendiente transversal mínima hasta 2.5% en carreteras de altas especificaciones para condiciones pluviométricas severas o donde la distancia de drenaje superficial es más larga que el ancho de un carril.
- Proporcionar en carreteras de calzadas separadas, la misma inclinación transversal mínima hacia un sólo lado.

Son también pertinentes las alternativas de drenaje transversal en carreteras de calzadas separadas en la normativa estadounidense, así como los valores de pendiente transversal recomendados por esta regulación dependiendo del tipo de superficie (incluyendo el de los acotamientos).

Los puentes, estructuras y alcantarillas pueden ser significativos en términos de su efecto en accidentes por salidas del camino. En puentes nuevos se recomienda que sea 1.8 m más amplio que el ancho de circulación (o dos acotamientos de 0.9 m). En carreteras muy transitadas, el ancho del puente debe incluir los anchos totales de acotamiento.

Los pasos superiores requieren pilas diseñadas para impacto. No debe haber pilas en los bordes de la carretera. Es conveniente que las pilas y los soportes extremos del puente estén lejos de los carriles de circulación.

Los puentes tienen que contar con barandillas longitudinales diseñadas para no experimentar deflexión significativa ante impactos; además de una transición de rigidez de la barrera adyacente hacia el poste inicial (final) del puente.

## 7.2.-Información sobre Proyecto de señalamiento

El señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas se integra mediante marcas en el pavimento y en las estructuras adyacentes; tableros con símbolos, pictogramas y leyendas, así como otros elementos, constituyendo un sistema que tiene por objeto delinear las características geométricas de esas vías públicas; denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía; prevenir sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza; regular el tránsito señalando la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen su uso; guiar oportunamente a los usuarios a lo largo de sus itinerarios indicando los nombres y ubicaciones de las poblaciones, los lugares de interés y las distancias en kilómetros, e informando sobre la existencia de servicios o de lugares de interés turístico o recreativo, transmitiéndoles indicaciones relacionadas con su seguridad y con la protección de las vías de comunicación, para regular y canalizar correctamente el tránsito de vehículos y peatones, por lo que, con el propósito de facilitar que los usuarios comprendan esas indicaciones, dicho sistema debe ser uniforme en todo el territorio nacional, para disminuir la ocurrencia de accidentes.

### Señalamiento

Conjunto integrado de marcas y señales que indican la geometría de las carreteras y vialidades urbanas, así como sus bifurcaciones, cruceros y pasos a nivel; previenen sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza; regulan el tránsito indicando las limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de esas vías públicas; denotan los elementos estructurales que están instalados dentro del derecho de vía y sirven de guía a los usuarios a lo largo de sus itinerarios. Se clasifican en:

- Señalamiento horizontal
- Señalamiento vertical

## 7.2.1.-Señalamiento horizontal

Es el conjunto de marcas que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas, y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos.

Clasificación	Nombre
<b>M-1</b>	<b>Raya separadora de sentidos de circulación</b>
M-1.1	Raya continua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m y ciclovías)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m y ciclovías)
M-1.3	Raya continua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.6	Raya continua doble
<b>M-2</b>	<b>Raya separadora de carriles</b>
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
<b>M-3</b>	<b>Raya en la orilla del arroyo vial</b>
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
<b>M-4</b>	<b>Raya guía en zonas de transición</b>
<b>M-5</b>	<b>Rayas canalizadoras</b>
<b>M-6</b>	<b>Raya de alto</b>
<b>M-7</b>	<b>Rayas para cruce de peatones o de ciclistas</b>
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías primarias
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en vías secundarias y ciclovías
<b>M-8</b>	<b>Marcas para cruce de ferrocarril</b>
<b>M-9</b>	<b>Rayas con espaciamiento logarítmico</b>
<b>M-10</b>	<b>Marcas para estacionamiento</b>
<b>M-11</b>	<b>Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles</b>
M-11.1	Flechas, letras y números
M-11.2	Para delimitar un carril en contrasentido
M-11.3	Para delimitar un carril exclusivo
M-11.4	Para establecer lugares de parada
<b>M-12</b>	<b>Marcas en guarniciones</b>
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-12.2	Para delinear guarniciones
<b>M-13</b>	<b>Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura</b>
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
<b>M-14</b>	<b>Raya para frenado de emergencia</b>
<b>M-15</b>	<b>Marca para identificar ciclovías</b>
<b>M-16</b>	<b>Marcas temporales</b>
<b>DH-1</b>	<b>Botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento</b>
<b>DH-2</b>	<b>Botones reflejantes sobre estructuras</b>
<b>DH-3</b>	<b>Botones</b>
<b>RV</b>	<b>Reductores de velocidad</b>

Tabla 7.2.1.1.- Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal.

### 7.2.2.-Señalamiento vertical

Es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos. Según su propósito, las señales son:

**Preventivas:** cuando tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza.

**Restrictivas:** cuando tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad,

**Informativas:** cuando tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por carreteras y vialidades urbanas, e informarles sobre nombres y ubicación de las poblaciones y de dichas vialidades, lugares de interés, las distancias en kilómetros y ciertas recomendaciones que conviene observar.

**Turísticas y de servicios:** cuando tienen por objeto informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo.

**Diversas:** cuando tienen por objeto encauzar y prevenir a los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas, pudiendo ser dispositivos diversos que tienen por propósito indicar la existencia de objetos dentro del derecho de vía y bifurcaciones en la carretera o vialidad urbana, delinear sus características geométricas, así como advertir sobre la existencia de curvas cerradas, entre otras funciones.

Clasificación	Tipos de señales
SP	Señales preventivas
SR	Señales restrictivas
SI	Señales informativas
SII	Señales informativas de identificación <input type="checkbox"/> De nomenclatura <input type="checkbox"/> De ruta <input type="checkbox"/> De distancia en kilómetros
SID	Señales informativas de destino <input type="checkbox"/> Previas <input type="checkbox"/> Diagramáticas <input type="checkbox"/> Decisivas <input type="checkbox"/> Confirmativas
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
STS	Señales turísticas y de servicios
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
OD	Señales diversas
OD-5	Indicadores de obstáculos

OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas
OD-13	Señales de mensaje cambiabile

*Tabla 7.2.2.1. - Clasificación funcional del señalamiento vertical.*

### 7.3.- Información sobre Proyecto de obras de drenaje

Una de las principales causas de deterioro del pavimento es el agua sin control que procede de la precipitación, especialmente en zonas donde ésta es abundante, así como el agua subterránea procedente del subsuelo. Los daños que ocasionan a la estructura del pavimento son la disminución de su resistencia, la plasticidad de los suelos, la erosión de los taludes, así como la disolución de las partículas que son más susceptibles a la acción de la humedad. Uno de los fenómenos adicionales a los efectos antes enunciados es el denominado hidropilaje, el cual consiste en la disminución de la adherencia del neumático con la superficie de rodamiento, ocasionando mayores probabilidades de que ocurran accidentes en estas zonas del camino. El efecto final del agua que escurre sobre los taludes de los cortes y terraplenes y que después desagua en las partes más bajas o en cañadas, para luego almacenarse en los terraplenes, que funcionan como verdaderos diques en el camino de estos escurrimientos, es la presencia de agua en exceso que ocasiona la saturación de las capas de camino, con la consecuente disminución de la resistencia al esfuerzo cortante de estos materiales y por ende, la presencia de asentamientos, a no ser que se construyan alcantarillas que eliminen el agua de estos escurrimientos eficazmente. En cuanto al agua que se infiltra en el terreno en las zonas de cortes, ésta presenta la tendencia a brotar de los mismos cortes que se realizan para dar continuidad al camino, también tiene como consecuencia el riesgo de inestabilidad de dichos cortes y de falla en los pavimentos.

Como puede observarse, el procurar un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanente y naturalmente drenados. Sin embargo, debido a la necesidad del alineamiento determinado, el camino puede atravesar suelos variados, permeables unos e impermeables otros, obligando a ello a la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas. La experiencia en el análisis y estudio de muchos caminos en mal estado ha enseñado que el drenaje inadecuado es el principal responsable del daño que ha sufrido.

A la hora de proyectarse una carretera deben tenerse presentes una serie de elementos que influyen directamente en escoger el sistema más adecuado, así como en su posterior funcionamiento, siendo los más importantes:

Factores topográficos: los cuales se refieren a la configuración del terreno, es decir a la ubicación del camino respecto al nivel del terreno natural, pudiendo obtenerse secciones transversales en terraplén, corte o balcón, también se refieren a la forma o tipo del relieve existente, clasificándose ésta normalmente en terreno plano, lomerío o montañoso, tomando en cuenta la disposición de su pendiente transversal con respecto a la carretera.

Factores hidrológicos: hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como la presencia, nivel y gasto de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores del pavimento.

Factores geotécnicos: son aquellos que se refieren a la naturaleza y características de los suelos existentes en el sitio donde se construirá el camino y que condiciona la rapidez con que el agua puede escurrir hasta el camino, así como se presentarán o no escurrimientos que provoquen la erosión excesiva del terreno. Estos factores también determinan la capacidad que tendrá el agua de almacenarse en el terraplén y producir una variación importante en la resistencia de los materiales ante la presencia del agua. Entre los factores geotécnicos más importantes se encuentra la permeabilidad, homogeneidad, estratificación, compacidad, plasticidad, y resistencia al corte, así como la presencia o no de vegetación que facilite o impida el escurrimiento del agua.

El diseño de los sistemas de drenaje deberá tomar en cuenta cada uno de los factores anteriores, y deberá tratar de conseguir lo siguiente:

- 1.- desaguar de manera eficiente y rápida el agua que escurre sobre la corona del camino y los taludes del terraplén, con la finalidad de evitar la inundación de los tramos más bajos del camino.
- 2.- alejar del pavimento el agua freática, así como los posibles acuíferos existentes, empleando para ello sistemas de subdrenaje.
- 3.- tomar en cuenta especialmente los cauces naturales tales como los barrancos o cañadas o partes muy bajas, diseñando obras que no varíen su sección hidráulica para periodos de retorno óptimos ya que las avenidas son la causa principal de destrucción de las obras mayores de drenaje.
- 4.- no suponer un peligro adicional para la seguridad del conductor, empleando para ello taludes suaves y redondeando las aristas mediante bordes curvos, evitando así posibles accidentes adicionales.
- 5.- proteger el ambiente, evitando que se produzca el menor daño posible a la vegetación, a la fauna y en general al entorno existente alrededor del camino.

Todos los puntos anteriores están como siempre ligados a la economía de la obra, por lo que la solución adoptada debe tener en cuenta el costo inicial de construcción e implantación del sistema de drenaje, así como también los costos de reparación y mantenimiento de la infraestructura de drenaje a lo largo de la vida útil del camino.

### 7.3.1.-Sistemas de drenaje

Se define como sistema de drenaje de una carretera como el dispositivo específicamente diseñado para la recepción y evacuación de las aguas que pueden afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera. Dentro de esta amplia definición se distinguen tipos de instalaciones encaminadas a cumplir tales fines, agrupadas en función del tipo de aguas que pretenden alejar o evacuar, o de la disposición geométrica con respecto al eje del camino.

#### 7.3.1.1.-Drenaje superficial

Se denomina así al conjunto de obras destinadas a la recolección de las aguas pluviales o del deshielo, su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática del terreno, dividiéndose en dos grupos:

1. Drenaje longitudinal: consiste en canalizar el agua que escurre sobre la corona y los taludes de las terracerías paralelamente al eje del camino, devolviéndola a sus cauces naturales a través de elementos como las cunetas, contracunetas, lavaderos, guarniciones, canalizaciones, bombeo transversal de la corona del camino, caracterizándose porque su eje principal es sensiblemente paralelo al de la carretera.
2. Drenaje transversal: permite el paso del agua a través de los cauces naturales bloqueados por el terraplén de los caminos, de forma que no se produzcan deterioros en éstos. Comprende pequeñas y grandes obras de paso, como alcantarillas, puentes, vados y sifones.

Con relación al drenaje superficial se deberá tomar en cuenta los aspectos de reducir al mínimo el agua que escurre sobre el camino, mediante la captación de la misma, así como la forma de dar rápida salida al agua que inevitablemente se infiltre en la carretera.

#### 7.3.1.2.-Subdrenaje

Su misión es impedir el acceso del agua a las capas superiores de la carretera, por lo que se debe controlar el nivel freático del terreno y los posibles acuíferos y corrientes subterráneas existentes, empleando los diversos tipos de subdrenajes longitudinales en zanjas, capas permeables, subdrenes transversales y trincheras estabilizadoras.

El agua existente en el interior de las masas de suelo que conforman los cortes, terracerías y pavimentos de una carretera influye considerablemente en la estabilidad de los mismos, por lo que ha sido necesario el desarrollo de estos métodos para controlarlos con el objeto de reducir al mínimo los efectos perjudiciales del agua.

Las condiciones más críticas se presentan cuando el suelo que constituye las terracerías del camino, el suelo de cimentación y el terreno natural alrededor del camino, presenta problemas de

permeabilidad, resistencia y deformabilidad, aunado a una alta precipitación pluvial con tiempos de concentración muy cortos.

El diseño de un sistema adecuado de subdrenaje en carreteras no puede seguir normas fijas predeterminadas y se apoya más en la práctica, experiencia y aun en instinto, que en estudios amplios y detallados; naturalmente que lo anterior no excluye la conveniencia de realizar tales estudios cuando se vean realmente necesarios y haya posibilidad de practicarlos. De todo este se deduce la necesidad de no considerar como definitivo ningún proyecto de subdrenaje efectuado por completo que pueda parecer a primera vista. La construcción de la carretera y su funcionamiento posterior deberán observarse al detalle, a fin de completar el sistema en todos aquellos lugares en que se manifieste la necesidad de ellos.

Es práctica habitual combinar ambos sistemas para conseguir un total y eficiente evacuación de las aguas, aunque en ocasiones, en zonas muy secas o con suelos impermeables, sólo es necesario emplear dispositivos de drenaje superficial.

#### 7.3.1.3.-Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal deberá proyectarse como una red o conjunto de redes que recoja el agua de escurrimientos superficiales procedentes de la plataforma de la carretera y de los márgenes que vierten hacia ella y la conduzca hasta un punto de desagüe, restituyéndolas a su cauce natural, es decir, actúa a modo de *by-pass*, ofreciendo al agua un camino alternativo para que no interfiera con la carretera. El sistema de drenaje longitudinal lo integran tres tipos de dispositivos funcionales:

- Elementos de canalización, es decir aquellos utilizados para recoger las aguas pluviales.
- Elementos de desagüe: alivian el gasto de los anteriores facilitando las salidas de las aguas.
- Elementos de evacuación: son aquellos que conducen las aguas hasta su evacuación en un cauce natural.

#### 7.3.2.-Elementos de canalización

##### 7.3.2.1.-Cuneta

La cuneta se puede definir como aquella obra de drenaje situada en el extremo de la calzada y que escurre paralelo a la misma, y cuyas principales funciones son las siguientes:

- Recibir y canalizar las aguas pluviales procedentes de la propia calzada y del escurrimiento superficial de los cortes adyacentes.
- En determinados casos, recoger las aguas infiltradas en las terracerías y en el terreno natural adyacente al camino.
- Servir como zona de almacenaje de nieve, en caso de estar en zona fría.

- Ayudar a controlar el nivel freático del terreno, en combinación con otros elementos de drenaje.

También es importante que la geometría de las cunetas no suponga un peligro añadido para los vehículos que eventualmente se salgan de la calzada.

La cuneta debe de ir revestida de algún material impermeable y resistente a la acción del agua corriente, para evitar filtraciones hacia los materiales que formen el pavimento o el terreno de cimentación; los materiales más utilizados para este fin han sido el concreto, la mampostería, el suelo-cemento, etc. La sección conveniente para una cuneta depende de la precipitación de la zona, de la longitud del corte y de la pendiente que pueda proyectarse; este punto debe verificarse cuidadosamente en cada caso, llegando cuando sea necesario a la construcción de cunetas de sección variable a lo largo de la longitud cubierta. Solo en el caso de cortes practicados en roca sana se podrá dejar sin revestimiento a una cuneta. A veces es frecuente que en países con recursos limitados transcurra un lapso considerable, entre la construcción de las terracerías para una carretera y su pavimentación definitiva. En este caso la cuneta plantea un problema especial, pues no puede construirse en definitiva antes de la pavimentación, por hacer cambiar ésta los niveles de la corona del camino. Frecuentemente la solución dada por los técnicos a este problema es no construir cuneta alguna durante este lapso, con la consecuencia que la sección del corte sufre deterioro por la acción del agua, requiriendo muy frecuentemente una verdadera reconstrucción en el momento de construir el pavimento. En estos casos la experiencia ha demostrado que es más económico construir cunetas provisionales (revestidas de suelo-cemento por ejemplo) para proteger la terracería de la carretera en el tramo de corte durante el tiempo que esté sin pavimento.

#### 7.3.2.2.-Contracuneta

Las contracunetas consisten en zanjas pequeñas que se construyen con su eje paralelo al borde superior del corte, y que tienen el propósito de captar el agua que escurre superficialmente del terreno para evitar que llegue al talud del camino y lo erosione. Estos elementos no deben de ser contruidos de manera muy profunda, pudiendo construirse combinando su sección en zanja con una sección en bordillo para reducir los volúmenes excavados. En ocasiones se construyen sin revestir cuando la pendiente longitudinal no es la suficiente para procurar la salida rápida del agua que se capta en las mismas, propiciando la infiltración del agua en el cuerpo del talud del corte, con el consecuente riesgo de inestabilidad. La superficie potencial de falla del talud se origina en el fondo de la contracuneta, presentándose frecuentemente en las zonas superiores del talud esfuerzos de tensión, combinándose ambos factores para la creación de grietas, provocando fallas de talud por deslizamiento con su punto más alto localizado en el fondo de las contracunetas, especialmente cuando el material del corte es arcilloso y muy susceptible a los cambios volumétricos por la variación de humedad por lo cual se recomienda revestir estos elementos y construirlos con la pendiente necesaria para drenar rápidamente el agua captada.

Una precaución complementaria al correcto funcionamiento de las contracunetas es el sellado de grietas que puedan formarse en la zona del coronamiento del corte como consecuencia de la

aparición de esfuerzos de tensión. Los materiales más usados para el recubrimiento de contracunetas son el concreto, convencional o de tipo especial, la mampostería, el suelo cemento, etc. Los remates de las contracunetas a ambos lados de los cortes, deben de estar provistos de lavaderos para neutralizar el mayor poder erosivo del agua provocado por el aumento de la pendiente. Una zona crítica en estas estructuras suele ser la unión entre una contracuneta y el correspondiente lavadero, pues en ella existe el riesgo de que el agua se introduzca bajo el lavadero, erosionando y disminuyendo su sustentación, con riesgo de falla; para evitar este peligro es recomendable que esa zona de unión sea amplia y sin quiebres, y que el lavadero tenga un dentellón de entrada para pequeña profundidad.

En aquellos casos en el que el camino sigue la misma dirección que la pendiente del terreno, las contracunetas son innecesarias porque el agua correrá paralelamente al camino y escurrirá hacia afuera de éste hacia las zonas bajas. Aunque el uso de las contracunetas se encuentra indicado principalmente para terrenos en lomerío o montañosos, se debe observar en cada caso el origen geológico del material del corte, para evitar hacer contracunetas donde resulten más perjudiciales que útiles. El área hidráulica de las contracunetas se debe calcular igual que el de las cunetas, y su sección transversal es normalmente de forma trapezoidal, de 50 cm de plantilla y taludes de 1:1 cuando los materiales son suficientemente compactos, pudiendo construirse inclusive con paredes verticales, cuando las características del material así lo permitan, siendo importante diseñar su tamaño y forma de acuerdo con los requerimientos hidráulicos y las condiciones del terreno. Es recomendable que las contracunetas se coloquen a una distancia aproximada de cinco metros del talud de corte.

#### 7.3.2.3.-Pendiente transversal del camino

Se denomina pendiente transversal o bombeo, a la pendiente de la sección transversal del mismo, y que tiene como fin principal el drenar hacia los lados el agua que cae en el camino mismo. El ingeniero debe definir el bombeo con base en la clase de superficie, facilidad de circulación de los vehículos y aspecto del camino. En México es común emplear un bombeo de 2% para carreteras de pavimento flexible, y de 1.5% para las de pavimento rígido.

#### 7.3.2.4.-Bordillos

Se denomina bordillo a los pequeños parapetos que se construyen en las orillas de la corona de los terraplenes para evitar que el agua escurra por los taludes ocasionando su erosión; siendo especialmente útiles en terraplenes construidos con materiales arenosos o areno-limosos. Los principales materiales con los que se acostumbra construir los bordillos son el suelo-cemento o concreto hidráulico. En los extremos de los terraplenes se interrumpen y las aguas se canalizan hacia los lavaderos que las eliminan sin peligro. Los bordillos tienen una utilidad que suelen justificar ampliamente su costo y deben también recomendarse en caminos aún no pavimentados, como estructuras de drenaje provisional. La función de los bordillos y lavaderos es evitar la erosión de los

taludes en los terraplenes recién construidos, una vez que la vegetación ha crecido en ellos es conveniente su retiro.

#### 7.3.2.5.-Lavaderos

Es el elemento encargado de eliminar el agua canalizada por los bordillos, cunetas y contracunetas. Deben tener una sección holgada que evite derrames, así como una descarga apropiada que anule los efectos de erosión regresiva en su pie, que han causado tantas fallas a estas obras complementarias de drenaje. En terraplenes muy altos pueden convenir colocarlos longitudinalmente y transversalmente para captar y eliminar las aguas que caen directamente sobre los taludes, formando así una verdadera retícula canalizadora en la superficie de los mismos. Cuando se construyen en territorios inclinados, es necesario anclarlos con dentellones para evitar que resbalen. Las dimensiones y formas de los lavaderos quedan a criterio del ingeniero.

#### 7.3.3.-Elementos de evacuación

Estos elementos están compuestos por aquellos destinados a conducir las aguas desde el punto de desagüe hasta la zona donde serán definitivamente evacuados, bien sea reintegrándose a un cauce o penetrando en un cauce artificial o una red de alcantarillado. Básicamente se distinguen tres tipos elementos cuyas funciones son consecutivas y complementarias: las cañerías, los registros y los colectores.

Las cañerías son elementos encargados de canalizar las aguas desde el correspondiente elemento de desagüe (sumidero o imbornal) hasta el sistema de canalización definitivo. Suelen construirse con piezas prefabricadas cerámicas o de concreto en forma de artesa, solapándose unas con otras. También se emplean tubos de pequeños diámetros, o si el terreno lo permite se excavan en el mismo pequeños canales.

Los registros, por su parte, son obras que se encargan de recibir a las cañerías y enlazarlas con el colector general, además facilitan la inspección y conservación de los dispositivos de desagüe subterráneos, permitiendo su fácil limpieza y mantenimiento. Suelen colocarse regularmente a distancia no mayores de 50 m, así como también en puntos críticos tales como confluencias de tubos, sumideros, drenes subterráneos, etc.

Los colectores por su parte suelen ser grandes tubos que reciben las aguas recogidas por todos los sumideros y canalizadas por las cañerías. Suelen estar hechos por materiales resistentes y durables (concreto, PAD o acero) y se les exigen ciertas características que aseguren su resistencia a las presiones de trabajo y a las cargas exteriores, así como una relativa estanqueidad.

### 7.3.3.1.-Drenaje transversal

Considerando que la presencia de una carretera interrumpe la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (laderas, cauces, arroyos, etc.), debe procurarse un sistema que restituya dicha continuidad, permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que afecten lo menos posible la circulación de agua a través de la citada red. Además, las obras de drenaje transversal también se aprovechan para desaguar el escurrimiento recogido por la corona y sus márgenes, canalizado a través de las cunetas.

Pueden distinguirse dos grandes tipos de obras de drenaje transversal, las primeras son las pequeñas obras de paso, las cuales son obras de reducido tamaño. El segundo tipo de obra de drenaje transversal son las grandes obras de paso, las cuales se realizan para salvar grandes claros y desniveles, principalmente puentes y viaductos. Este tipo de obras están relacionadas con causas y gastos más importantes, por lo que su sección no resulta determinante para el desagüe del cauce, sin embargo, plantea problemas de elevación de los escurrimientos de agua sobre la carretera o de socavación en los apoyos de las pilas.

Al proyectar obras de drenaje transversales deberán tomarse en cuenta los siguientes criterios de diseño:

1. Afectar lo menos posible la circulación del agua por el cauce natural, sin provocar excesivas sobreelevaciones del nivel de agua, ni aumentos de velocidad, causantes de la erosión aguas abajo.
2. Se debe considerar la posibilidad de construir o distribuir la anchura del cauce entre varios claros o conductos, siendo preferible una única obra antes que varias más pequeñas, ya que existe un mayor riesgo de obstrucción, al ser los claros más pequeños.
3. Las obras pequeñas de paso deben proyectarse tratando de seguir el cauce natural del agua, salvo que la longitud del conducto resulte excesiva, en cuyo caso podría modificarse ligeramente, siempre y cuando no se produzcan cambios bruscos que afecten el rendimiento de la propia obra de desagüe.
4. Las canalizaciones de entrada deben dimensionarse de forma que no favorezcan la formación de turbulencias o provoquen depósitos de material, permitiendo que el agua entre en el conducto de la forma más limpia posible.
5. No es posible dimensionar estrictamente los diámetros de los tubos; sino que se requiere sobredimensionarlos para así prever posibles reducciones de sección ocasionadas por depósito o acumulación de material producto del arrastre de vegetación o de otros elementos. En este sentido, por ejemplo, se debe considerar que la anchura efectiva de un conducto circular es igual al 60% de su diámetro nominal.

### 7.3.3.2.-Alcantarillas

Las obras de cruce tienen como finalidad principal, permitir el paso del agua que, por no poder desviarse, en otra forma, tiene que cruzar necesariamente, de un lado a otro del camino. En estas obras de cruce están comprendidos los puentes y las alcantarillas. La diferencia fundamental entre los puentes y las alcantarillas es que éstas últimas llevan encima un colchón de tierra y los puentes no presentan este relleno. Una alcantarilla consta de dos partes: el cañón y los muros de cabeza. El cañón forma el canal de la alcantarilla y es la parte principal de la estructura, por su parte, los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal. Sin embargo, si se alarga el cañón, los muros de cabeza se pueden omitir. Según la forma del cañón, las alcantarillas se dividen en alcantarillas de tubo, de cajón y de bóveda, entre otros.

En la construcción de un camino, aún en aquellos casos en los que los fondos estén limitados, deben siempre llevarse a cabo todas las estructuras necesarias, con el objetivo de proteger el camino, estableciendo un sistema razonable de drenaje de una vez por todas, ya que una estructura mal localizada puede ocasionar posteriormente problemas costosos. Además, siendo el costo del alcantarillado alrededor del 5% del costo del camino, aproximadamente, se puede observar que el costo del camino no incrementa de forma considerable si se proyecta el sistema de drenaje en forma adecuada.

El cálculo del área hidráulica de las alcantarillas es semejante al que se presenta en puentes, es decir, se trata de permitir el paso del máximo gasto de agua que haya en cada caso, haciéndolo de tal manera que no existan deterioros en el camino ni en la estructura misma.

En México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y otras dependencias son las encargadas de proyectar y construir diversas obras hidráulicas relacionadas con el drenaje transversal de las vías terrestres, tales como puentes, vados, obras menores, etc., habiéndose tomado el convencionalismo de nombrar obra menor a la que mide 6 metros o menos de claro, de acuerdo con los criterios de la mencionada dependencia.

La sección tipo de la alcantarilla puede basarse en el tipo de suelo de cimentación, las dimensiones de la misma y requisitos de la topografía, y de la economía relativa de los diferentes tipos posibles y adecuados de estructura. A su vez, dependiendo de su forma y material, las alcantarillas pueden clasificarse en:

Alcantarillas de tubo: construidas de concreto reforzado o lámina corrugada.

Alcantarillas de cajón: construidas de concreto reforzado.

Alcantarillas de bóveda: construidas de mampostería o de concreto simple.

Alcantarillas de losa: construidas principalmente de concreto reforzado.

### 7.3.3.3.-Vados

En los casos donde se encuentran pocas lluvias y escurrimiento de agua, de tal manera que no amerite la construcción de una alcantarilla, lo que se hace es construir un vado, es decir, se pavimenta el camino con concreto en forma tal que no sea afectado por el paso eventual de un escurrimiento, y en lugares bien visibles se indica el tirante de agua para que los conductores de vehículos sepan si pueden o no cruzar esa parte del camino. Los vados se emplean mucho en caminos rurales cuando los arroyos no llevan mucha agua.

Una correcta construcción de un vado debe comprender lo siguiente:

1. La superficie de rodamiento no se debe erosionar al pasar el agua.
2. Debe evitarse la erosión y socavación aguas arriba y aguas abajo.
3. Debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes turbulentos.
4. Debe tener señales visibles que indiquen cuando no es posible pasar de un lado a otro a causa del tirante de agua.

## Capítulo 8.-Conclusiones

### 8.1.-Conclusiones y recomendaciones

Además del diseño de la estructura del pavimento, el proyecto deberá contener otros aspectos que lo individualicen. Los aspectos antes citados son los siguientes, a manera enunciativa, pero no limitativa.

- Especificaciones de calidad, características y tipo de los materiales y productos utilizados. Las especificaciones deberán tener en cuenta los conceptos fundamentales que permitan cumplir con los atributos propios de los pavimentos. Deberán tener un carácter dinámico, pudiendo adecuarse a los cambios tecnológicos y a las necesidades prácticas detectadas mediante la evaluación periódica de los pavimentos y el seguimiento de su comportamiento.
- Bancos de materiales. Se deberá establecer el tratamiento adecuado para la utilización de los materiales, incluyendo el caso de los materiales reciclados. Deberá vigilarse que los bancos propuestos dispongan de materiales con la calidad y volumen necesarios.
- Principales lineamientos constructivos. Se deben establecer los aspectos mínimos que deberán cumplirse, sin que ello limite al contratista de usar o proponer procedimientos que igualen o mejoren el nivel de calidad que se desea obtener, y sin liberarlo de su participación en la obra como el principal responsable de la calidad. Se indicará el tratamiento, manejo y utilización de los materiales de terracerías y de la superficie de apoyo del pavimento, espesores de las capas y grado de compactación, acabados, tolerancias, aspectos relevantes del control de calidad durante la ejecución de la obra, condiciones para la apertura al tránsito, sanciones y bonificaciones al contratista, etcétera. En casos especiales se indicará la conveniencia o necesidad de efectuar tramos de prueba.
- El proyecto contendrá además los planos y gráficas necesarias para su mejor comprensión, y mostrará los detalles que presenten las relaciones de los pavimentos con los diferentes elementos de la carretera.
- El proyecto debe incluir también las recomendaciones para el control de calidad durante la construcción, las limitaciones para la ejecución de los trabajos y finalmente la estrategia de mantenimiento para que el pavimento cumpla con sus funciones en el ciclo de vida previsto.

Por otra parte, como información adicional y complementario de lo antes escrito, se menciona que el proyectista debe tomar una serie de conceptos importantes para la realización del proyecto de un pavimento, los cuales se mencionan a continuación:

- El proyecto debe proponer un pavimento que proporcione las condiciones más económicas posibles, tomando en cuenta los costos de construcción, conservación y de operación.
- Deberá ser un pavimento que proporcione las máximas condiciones de seguridad y comodidad para el usuario, así como la adecuada capacidad estructural para soportar las cargas impuestas por el tránsito.
- Deberá presentar condiciones mínimas de deterioro físico producido por el tránsito y los factores ambientales.
- El pavimento deberá operar bajo mínimos niveles de ruido y tener una buena apariencia.

Algunos de estos aspectos pueden conducir a situaciones de conflicto, por lo que el proyectista debe definir y jerarquizar los objetivos, con base en la importancia del proyecto. Por lo anterior, este profesional deberá considerar en su análisis todas las estrategias o alternativas posibles, valorándolas desde los puntos de vista de sus requerimientos de conservación, predicción de su comportamiento, costos y beneficios asociados, y deberá juzgar también la cantidad y calidad de la información necesaria para la ejecución del proyecto. También será necesario que considere las limitaciones que en cada caso configuren un conjunto de restricciones, como la disponibilidad de recursos económicos, plazos de construcción, disponibilidad de materiales, capacidad de los contratistas en cuanto a equipo y experiencia.

Por otra parte, es importante aclarar que, para definir el tipo de pavimento de este proyecto, se tomaron en cuenta varias condiciones, entre las más importantes destacan el corto presupuesto con el que contaba el estado de Chiapas y la rapidez o el poco tiempo con el que se contaba para la ejecución de la obra.

## Bibliografía

- [1] R. F. Baker, Handbook of highway engineering, New York: Van Nostrand Reinhold, 1975.
- [2] M. Zárate Aquino, Diseño de pavimentos flexibles, segunda parte, D.F.: Asociación Mexicana del Asfalto, A.C., 2011.
- [3] M. Zárate Aquino, Diseño de pavimentos flexibles, primera parte, D.F.: Asociación Mexicana del Asfalto, A.C., 2011.
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide For Design Of Pavement Structures, Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
- [5] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, Mecánica de Suelos I, D.F.: Limusa, S.A. de C.V., 2007.
- [6] Instituto Mexicano del Transporte, «Normativa para la infraestructura del transporte,» IMT-SCT, [En línea]. Available: <http://normas.imt.mx/>.
- [7] M. Zárate Aquino, A. Salazar Rodríguez y J. A. Tena Colunga, Pavimentos de concreto para carreteras, México, D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2002.
- [8] UNESCO, Low cost roads, London: Butter Worths, 1967.