



BUAP

BENEMÉRITA **U**NIVERSIDAD **A**UTÓNOMA DE **P**UEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**"APLICACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
(BASE ESTABILIZADA), Y PAVIMENTOS
FLEXIBLES EN VIALIDADES DE ALTO
TRAFICO"**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

PRESENTA:

FEDERICO FLORIBERTO GOMEZ CLAUDIO

ASESOR DE TESIS:

M.I. RAÚL DAVID GONZÁLEZ PADILLA

Puebla, Pue.

Marzo de 2015



Oficio No. SP1342/2011

C. FEDERICO FLORIBERTO GÓMEZ CLAUDIO
Alumno de la maestría en Ingeniería en Construcción,
14 Generación, Facultad de Ingeniería BUAP.
Presente

El suscrito Mtro. Ignacio Morales Hernández, Director de esta Facultad, le autoriza realizar el tema denominado: “Aplicación de pavimentos rígidos (base estabilizada), y pavimentos flexibles en vialidades de alto tráfico”, como trabajo de Tesis.

Así mismo se nombra como Asesor del Tema de Tesis al Mtro. Raúl David González Padilla, correo rdgonpa@siu.buap.mx Tel. 2490809.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.


ATENTAMENTE

“PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR”

H. Puebla de Z. 15 de agosto de 2011

DR. JOSÉ IGNACIO MORALES HERNÁNDEZ



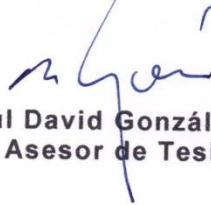
 C.C.P. Dr. Axel Rodríguez Batres. Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
C.C.P. Dr. Edgar Barona Díaz. Coordinador de la Maestría en Ingeniería en Construcción
C.C.P. Mtro. Raúl David González Padilla. Asesor de Tesis.
C.C.P. Archivo.

M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e

El suscrito M.I. Raúl David González Padilla, asesor del Tema de Tesis denominado "**Aplicación de pavimentos rígidos (Base estabilizada), y pavimentos flexibles en vialidades de alto tráfico**" que presenta la C. Federico Floriberto Gómez Claudio egresado de la Maestría en Ingeniería en Construcción, le informo que después de haber revisado la **tesis** correspondiente, no existe inconveniente en **autorizar la impresión** de la misma, cumpliendo con el formato establecido en el reglamento de titulación de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, por lo que se extiende la presente para los fines que convengan al interesado.

A T E N T A M E N T E

Puebla, Pue. a 9 de marzo de 2015



M.I. Raúl David González Padilla
Asesor de Tesis

ccp Mesa de Exámenes Profesionales
ccp Interesado
ccp Archivo

DEDICATORIAS:

A la Virgen de Guadalupe, por brindarme fuerza y salud para realizar este trabajo y dar otro pequeño gran paso, en el desarrollo de mi vida profesional, gracias Virgen de Guadalupe por tus inmensas bendiciones.

A mi familia, ya que con todo su cariño, amor y comprensión hicieron posible culminar un logro más en mi vida personal, también para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mi esposa y a mis hijos por su paciencia y comprensión, que prefirieron sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por su bondad y sacrificio que me inspiraron a ser mejor para ustedes, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de todos ustedes, gracias por estar siempre a mi lado.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

AGRADECIMIENTOS:

A la dirección de la Facultad de Ingeniería de la B.U.A.P. y a la Secretaria de Estudios de Posgrado, por todas las facilidades brindadas durante mi estancia en esta casa de estudios.

Al Maestro en Ingeniería Raúl David González Padilla asesor de tesis; que con su experiencia y valiosa guía durante el desarrollo de esta tesis, se logró culminar un pequeño paso; pero un gran salto hacia mi formación profesional.

A todos mis amigos, compañeros y maestros de la Maestría en Ingeniería en Construcción, que formaron parte de esta aventura y que siempre quedaran en mis recuerdos y a la Facultad de Ingeniería de la B.U.A.P. por ser la más importante dentro de mi formación profesional, siendo un lobo de corazón y por todo el apoyo recibido.

El hombre nunca sabe de lo que es capaz, hasta que lo intenta
Charles Dickens

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. El uso de los pavimentos en la República Mexicana.

1.1 Situación actual de los pavimentos en México

1.2 Tipos de pavimentos en México

1.3 Pavimentos empleados en Chiapas, México

CAPÍTULO 2. Determinación de la zona de estudio

2.1 Antecedentes y geología regional

2.2 Infraestructura

CAPÍTULO 3. Análisis de los pavimentos

3.1 Estado actual de los pavimentos

3.2 Causas del deterioro de los pavimentos

3.3 Análisis de los pavimentos existentes

CAPÍTULO 4. Propuesta y comparación del diseño de pavimentos, rígidos y flexibles

4.1 Comparación de pavimentos rígidos y flexibles

4.2 Propuesta del tipo de pavimento

4.3 Beneficios y alternativas

4.4 Conclusiones

Referencias Bibliográficas

Anexos

CAPÍTULO 1

EL USO DE LOS PAVIMENTOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA

1.1 Situación actual de los pavimentos en México.

La extensión total de carreteras en la República Mexicana es del orden de 333, 247 km aproximadamente, las cuales se dividen en: carreteras de la red federal, tanto de cuota, como libre, redes estatales de cuota y libres; red de caminos rurales; y finalmente el conjunto de brechas mejoradas. El conjunto de la red de carreteras soporta la mayor parte del flujo de transporte de pasajeros y del movimiento de carga por vía terrestre.

La evolución en la construcción de carreteras ha ido decreciendo, al pasar de un ritmo acelerado en la construcción en los años de 1950 y 1970, a un ritmo bastante inferior a partir de los años de 1980 y 1990. En total se pueden considerar 14 corredores carreteros que comunican a las principales zonas de producción industrial y agropecuaria (ver tabla 1.1), así como a las más importantes localidades urbanas y centros turísticos. Los ejes o vialidades registran volúmenes diarios por arriba de los dos mil y treinta mil vehículos (ver figura 1.1.).

A finales del año 2002, se publicó en el Diario Oficial de la Federación las disposiciones del proyecto de reforma de la norma de peso y dimensiones máximas, en el que se contempla un peso bruto vehicular máximo autorizado de 69,500 kg, en la combinación vehicular T3–S2–R4, que puede incrementarse 1.5 toneladas por cada eje motriz y 1.0 tonelada por cada eje de carga, cuando todos los ejes excepto el direccional cuenten con una suspensión neumática, para un peso bruto total de 78,500 kg, estos niveles de carga se encuentran muy por arriba de los usados en el diseño original de los pavimentos, y constituyen uno de los factores más importantes en el análisis de proyecto de conservación de las carreteras.

Con base a lo anterior se deduce, que la situación actual de los pavimentos en México rebasan muy por encima a las normas aplicables vigentes para el diseño y construcción de vialidades, así como las cargas de proyecto y las dimensiones de los vehículos, los cuales originan que los pavimentos se deterioren a corto plazo.

CORREDORES CARRETEROS	
1	México – Nogales con ramal a Tijuana
2	México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras
3	Querétaro – Ciudad Juárez
4	Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros
5	Puebla - Progreso
6	Mazatlán - Matamoros
7	Puebla – Oaxaca – Ciudad Hidalgo
8	Manzanillo – Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo
9	Transistmico
10	Acapulco - Tuxpán
11	Acapulco - Veracruz
12	Altiplano
13	Transpeninsular de Baja California
14	Peninsular de Yucatán

Tabla No. 1.1 Fuente: Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006

1.2 Tipos de pavimentos en México

En la actualidad existen diversos tipos de pavimentos en toda la extensión de la República Mexicana, dentro de los cuales se tiene a los pavimentos rígidos, pavimentos flexibles y pavimentos articulados.

En este orden consideraremos principalmente a los pavimentos rígidos y flexibles que son empleados actualmente en la construcción de vialidades, dentro de los cuales se aludirá como pavimento rígido a la denominada,

autopista México – Acapulco, que en su mayoría está construida con base



Figura 1.1 Fuente: Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006

estabilizada y cemento portland, contando además con una capa de rodadura de carpeta asfáltica, así como losas de concreto hidráulico en algunos subtramos, debemos tener en cuenta que en todo el recorrido por esta vía, y sus zonas aledañas las precipitaciones son normales y solo en temporada de huracanes se incrementa en poco su precipitación pluvial, así como la poca afluencia de vehículos automotores de los denominados T3– S2¹, por lo que su deterioro en cuanto a la estructura del pavimento es muy poca, pero que el gobierno federal a través del organismo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), la mantiene en buen estado por ser una rúa de índole turístico.

Otra vialidad importante como lo es la autopista México – Veracruz y toda la zona del sureste mexicano, la cual es una autopista que también en su mayoría se encuentra construida con pavimentos rígidos y flexibles; la cual en subtramos cuenta con base estabilizada con cemento portland, y subtramos

¹ Diario Oficial de la Federación Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-1995

construidos con pavimento flexible (subbase, base y carpeta asfáltica); en la actualidad (año 2011), del subtramo del entronque de Tepeaca – Acatzingo, esta se encuentra construida a base de losas de concreto hidráulico en ambos cuerpos (A y B) (ver figuras 1.2.2 y 1.2.3), tratando de que esta rúa se encuentre en buen estado, sin embargo la vialidad en el resto de su recorrido hasta llegar al Sureste Mexicano, se encuentra en malas condiciones, por ser una zona de precipitaciones pluviales extraordinarias en casi la mayoría de las estaciones del año, a diferencia de la autopista México – Acapulco, en esta vialidad transitan vehículos automotores que rebasan por encima la carga máxima permitida, por la normatividad vigente lo que hace que los pavimentos se deterioren en un corto plazo, ya que aparte de ser una vía turística, es una vía de transporte de productos agrícolas que satisfacen la demanda de la zona de Veracruz y de todo el Sureste Mexicano, es por ello la gran cantidad de vehículos pesados que circulan por esta vialidad.

De ahí se deriva el deterioro del pavimento empleado en esta vía tan importante como lo es, la autopista México – Veracruz y toda la zona del Sureste Mexicano.

1.3 Pavimentos empleados en Chiapas, México

Ampliando la red de vialidades en relación a la autopista México – Veracruz, en la desviación del entronque de la autopista la Tinaja – Coatzacoalcos en el estado de Veracruz, misma que también en su mayoría se encuentra construida con pavimentos rígidos y flexibles; es decir en subtramos se cuenta con base estabilizada con cemento portland y en algunos subtramos se tiene la estructura del pavimento tradicional, así como también se cuenta con una capa de rodadura de carpeta asfáltica y una capa de 25 mm de las denominadas microcarpetas, cuya finalidad principal es permitir que el agua proveniente de la lluvia o de los escurrimientos directos de los cortes aledaños, sea desplazada por las llantas de los vehículos, ocupando los vacíos de la capa de rodadura, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie

de rodadura, minimizándose el fenómeno del acuaplaneo, y se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes y se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal.

Continuando hacia el sureste mexicano del tramo que comprende de Coatzacoalcos – Tuxtla Gutiérrez en los estados de Veracruz y Chiapas respectivamente, esta parte de la autopista a través del organismo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, hace el esfuerzo constante por mantener esta rúa en buen estado, ya que es un motor detonante para el transporte de productos agrícolas, además de tener un gran auge turístico por contar con zonas naturales sumamente atractivas para el turismo nacional e internacional, así como de ser una de las rutas más directas y cercanas hacia todo el Sureste Mexicano, también hacia la frontera entre México y Guatemala es por ello que se procede básicamente al análisis de estos pavimentos, ya que aunque el organismo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos ha invertido en proyectos de mejoramiento para que esta rúa sea de fácil transitividad, es afectada por unos de los peores enemigos que es la humedad, el clima y la sobrecarga desmedida de vehículos automotores que exceden en mayor medida tanto en dimensiones como en pesos máximos permitidos por la normatividad vigente lo que hace que estos pavimentos se deterioren con suma facilidad impidiendo el libre acceso por esta rúa de gran importancia.

Se realizará un análisis detallado de esta zona, para determinar las posibles causas del deterioro de la estructura del pavimento en la ejecución de la misma, y hacer una comparativa entre ambos tipos de pavimentos y dar una posible alternativa que sea viable para el mejoramiento de este camino directo hacia el sureste mexicano.



Figura 1.2.2.- Subtramo en reparación México – Veracruz



Figura 1.2.3.- Subtramo en reparación México – Veracruz

CAPÍTULO 2

DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 Antecedentes y Geología Regional

El ambiente natural en Chiapas es extremadamente diverso debido a tres factores principales: su accidentada topografía, su consecuente diversidad climática, y el ser punto de convergencia de dos regiones biogeográficas: (la región neartica y la región neotropical).

El territorio chiapaneco es una enorme placa de roca caliza fragmentada en diferentes puntos, fallada y plegada, por lo que su topografía es compleja. Su fisonomía la determinan dos grandes cadenas montañosas que la recorren con orientación Noroeste-Sureste. La primera de esas cadenas, la sierra Madre de Chiapas, que corre casi paralela a la costa del océano Pacífico e incrementa su altitud desde aproximadamente los 1,000 msnm en los límites con Oaxaca hasta más de 2,000 msnm en la frontera con Guatemala. La otra cadena montañosa, la llamada Altiplanicie Central (también conocida como Macizo Central o, más comúnmente, como Los Altos de Chiapas), se desplaza por la parte central del estado. Proviene de Guatemala (Sierra de los Cuchumatanes) y desde ahí penetra en territorio mexicano, alcanzando sus máximas altitudes cerca de San Cristóbal de las Casas; el clima del estado es consecuencia de esta topografía y presenta una gran variedad. En algunas partes bajas de la costa y en la depresión que se encuentra entre los Altos y la sierra Madre (el valle formado por el Río Grijalva) el clima es cálido y seco, con una temporada lluviosa corta (6 meses). La vegetación es de selva baja y espinosa o selva caducifolia en las vegas de los ríos. No obstante, buena parte de esta vegetación original ha sido sustituida por praderas para la cría de ganado bovino².

² Revista Mexicana de Biodiversidad, diciembre, año/vol. 76, numero 002

En cambio las partes bajas a sotavento de los vientos alisios, en el norte y NE de la entidad, así como reciben grandes cantidades de precipitación durante 8 o 10 meses del año, lo que aunado a las altas temperaturas favorece la presencia de la selva húmeda siempre verde (Selva Lacandona). Estas áreas forestales han sufrido fuertes impactos negativos debido a la introducción de ganado bovino o a prácticas no controladas de extracción de madera.

Las zonas elevadas de la Sierra y de los Altos difieren enormemente de los dos ecosistemas mencionados. Debido a su altitud, atrapan el remanente de humedad que no se depositó en sus vertientes, por lo que tienen una estacionalidad marcada y característica. Sus inviernos son secos y muy fríos (con temperaturas por debajo de los 0 grados centígrados), mientras que los veranos tienden a ser templados y muy húmedos (7 u 8 meses de lluvia). La vegetación de estas regiones se ve dominada por bosques de coníferas (pino) en combinación con árboles de hoja ancha (encinos). Ambas cadenas cuentan con una de las cubiertas vegetales más hermosas del estado: el bosque nuboso. Aunque estos bosques prácticamente han desaparecido de los Altos, en la Sierra Madre está la Reserva de la biosfera El Triunfo, con más de 100,000 has de bosque nuboso. La extracción de madera y las actividades agropecuarias (cultivo de maíz y cría de ganado ovino) significa lustre de la vegetación natural.

La zona costera por su parte está compuesta de manglares y su clima es también tropical.

El segundo Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con fecha censal del 12 de junio de 2010, el estado de Chiapas contaba hasta ese año con un total de 4, 796, 580 habitantes, de dicha cifra, 2, 352,807 eran hombres y 2, 443,773 eran mujeres. La tasa de crecimiento anual para la entidad durante el período 2005 - 2010 fue del 2.2%.

Las actividades económicas más destacadas son el turismo nacional e internacional, y en el ramo agropecuario la producción de Café, Miel, Cacao, Hortalizas, Chile, Plátano, Mango, Jamaica, Coco, Chocolate y Azúcar de Caña. Destaca también la producción artesanal como la elaboración de joyas a base de ámbar, los trabajos en madera y barro, la laca y la talabartería tradicional³.

2.2 Infraestructura

Son nueve las regiones económicas en las que se divide el estado de Chiapas, la principal es la región centro, siguiendo la de los Altos, Fronteriza, Frailesca, Norte, Selva, Sierra, Soconusco, Istmo-Costa, cada una con características diferentes por las cuales se mencionan en orden de importancia.

Región I Centro

Se encuentra en la depresión central, limitada al sureste por la Sierra Madre de Chiapas y hacia el norte por la Meseta Central y las Montañas del Norte. Su altitud oscila entre 500 y 1000 msnm, está conformada por planicies y mesetas, su clima es cálido sub-húmedo. Esta cubierta por suelos negros y grises, y es surcada por el río Grijalva y sus afluentes.

En cuanto a carreteras, cuenta con 3,416 km de carretera federal y estatal, las cuales comunican con el resto del estado a través de la carretera Panamericana y sus ramales. Esta región cuenta actualmente con dos aeropuertos de servicio estatal/internacional⁴.

Región II Altos

Está conformada por terrenos montañosos que representan el 60% de su territorio, con altitudes que van de 1300 a 2,874 msnm, 20% de planicies y 20% de valles, en el municipio de Zinacantán. Su clima lo constituyen diversos tipos, predominando el templado subhúmedo; la temperatura mínima media anual es

³ Revista Mexicana de Biodiversidad, diciembre, año/vol. 76, numero 002

⁴ <http://html.rincondelvago.com/estado-mexicano-de-chiapas.html>

de 14° y la máxima es de 23° C. La variación climática gradual influye en la población y en su economía, la presencia de constantes heladas durante el invierno y lluvias permanentes durante el verano, traen como consecuencia enfermedades respiratorias y fuertes pérdidas en cultivos y cosechas.

Son predominantes los suelos pobres, arcillosos rocosos, con degradación de diferentes coloraciones, lo que limita las posibilidades de desarrollo.

La vía de comunicación con el resto del estado es a través de la carretera panamericana y sus ramales con un total de 2,189 km federales y estatales, cuenta con un aeropuerto de servicio en las orillas de San Cristóbal de las Casas⁵. La infraestructura carretera está integrada por vías federales, estatales, rurales y de apoyo que en su conjunto suman 1,351 kilómetros, de estas, 80.6% están revestidas, 13.6% pavimentadas y 5.8% son de terracería.

Región III Fronteriza

Se ubica dentro de la depresión central y la altiplanicie y colinda con las regiones Altos, Selva y Sierra y es frontera con Guatemala; de acuerdo con sus características geográficas, en términos generales es apta para la agricultura. Se pueden definir tres zonas: las depresiones de la Sierra Madre, con clima templado subhúmedo y lluvias en verano, la meseta comiteca con una precipitación pluvial que va de 1,024 a 1,271 milímetros anuales y la última zona abarca márgenes de la Selva Lacandona, Frontera Comalapa y Chicomuselo, con abundantes lluvias en verano. En esta región predominan los bosques de coníferas con 760 mil hectáreas forestales que en los últimos años han sufrido una sobreexplotación con fines comerciales.

A través de la vía denominada carretera Panamericana y ramales la ayudan a comunicarse con el resto del estado a través de 2,892.8 km federales

⁵ Ídem

y estatales, cuenta además con un aeropuerto de servicio nacional y 87 oficinas postales⁶.

Las carreteras constantemente se deterioran por las lluvias, lo que hace insuficiente los accesos a los centros productivos agropecuarios, sin que se otorgue mantenimiento y conservación oportuna.

Región IV Frailesca

Se localiza en la Llanura Costera del Pacífico y la Depresión Central de Chiapas. Se caracteriza por su importante actividad agrícola, en especial por su alta producción de maíz, y es considerada el granero de Chiapas.

Se siembran 120 mil hectáreas de maíz con una producción de 400 mil toneladas que representan un tercio de la producción del estado. La superficie de riego es de 12 mil hectáreas en el distrito Cuxtepeques. Otro cultivo de importancia es el café que se produce en la parte alta de la región; el 70% del territorio se ubica dentro del sistema montañoso de la Sierra Madre de Chiapas con altitudes entre 550 y 2,600 msnm, y el 30% se localiza en la cuenca del Río Grijalva.

En comunicaciones de transporte la región frailesca cuenta con 1,749.2 km de infraestructura carretera estatal y federal; así como cuenta con 97 oficinas postales⁷.

Región V Norte

Esta se encuentra dividida fisiográficamente por dos subregiones: La Llanura Costera del Golfo y La Sierra Norte de Chiapas. Por la situación geográfica, presenta una integración acentuada con Tabasco, ocasionando dependencia cultural y económica, a tal grado que la población comercializa sus productos en Tabasco. Esta región no ha desarrollado los aspectos económicos

⁶ Ibídem

⁷ Ibídem

de una formación educativa para crecer como polo de desarrollo. La producción ganadera tiene un lugar importante en esta región y ocupa el segundo lugar estatal, dedica a esta actividad 430 mil hectáreas. Esta actividad se realiza principalmente en la subregión Llanura Costera del Golfo.

En comunicaciones y transportes se cuentan con 2,186.8 km de infraestructura carretera federal y estatal hasta el límite del estado con Tabasco, de gran importancia es la línea del Ferrocarril del Sureste que comunica al estado con el centro y sureste del país; además cuenta con 87 oficinas postales.

Región VI Selva

Se localiza en la parte noreste del estado, limitando hacia el norte con el estado de Tabasco y al este con la república de Guatemala, al sur con las regiones de los Altos y con la región Fronteriza y al oeste con la región Norte. Su cabecera regional es Palenque.

En comunicaciones y transportes se cuentan con 3,976.0 km de infraestructura carretera tanto federal como estatal, el ferrocarril del sureste recorre algunos de los municipios de esta región. Dispone de un aeropuerto de servicio internacional ubicado en Palenque, además de 260 oficinas postales⁸.

Región VII Sierra

Al este se limita con Guatemala, y con la región Soconusco, al sur con la Frailesca al oeste y con la región Fronteriza al norte. Por su topografía, presenta serias dificultades en su comunicación, teniendo deficiencias en infraestructura caminera. Además del café que está sujeto a los altibajos en el precio, la agricultura es de autoconsumo, se cultiva maíz, frijol, papa y frutales. Así mismo se crían aves, cerdos y borregos a escalas muy bajas.

⁸ Ibídem

En comunicaciones y transporte cuenta con 1,129.2 km de carretera federal y estatal. Se ubican 87 oficinas postales en la región⁹.

Región VIII Soconusco

Se localiza en el sureste del estado, por su variedad orográfica existe diversidad de climas y suelos, su principal riqueza es la agricultura, dedicándose a esta actividad 400 mil hectáreas, lo que corresponden al 80% del total de la región.

Por su ubicación estratégica, la región Soconusco tiene una importancia comercial preponderante porque concentra las principales vías de comunicación que son paso obligado hacia los países de Centroamérica. Tapachula constituye un polo de desarrollo económico y el mercado más importante para las regiones del Soconusco, Istmo - Costa, Sierra y Guatemala.

En comunicaciones y transportes cuenta con 3,294.4 km de carretera tanto federal como estatal y un aeropuerto internacional, además dispone de 335 oficinas postales¹⁰.

Es una de las regiones mejor comunicadas del estado, cuenta con carretera de cuatro carriles Arriaga-Tapachula; la línea de ferrocarril panamericano que recorre la costa y el Soconusco hasta la Ciudad de Hidalgo, que es la frontera con Guatemala. Los 145 kilómetros de litoral en el Océano Pacífico y la importancia de la zona estuarica representan un potencial pesquero relevante para la región, contando además con un puerto de altura con infraestructura subutilizada.

Región IX Istmo-Costa

Está integrada por 3 municipios en un espacio de 4,643 kilómetros cuadrados, equivalente al 6.1% del territorio estatal. La cabecera municipal se

⁹ Ibídem

¹⁰ Ibídem

encuentra localizada en la ciudad de Tonalá. El 16.9% de la población de 15 años y más de la región es analfabeta. Para satisfacer esta demanda educativa en la región se disponen de 619 escuelas y 2,572 personas dedicadas a la educación.

En relación a comunicaciones y transportes existen 1,240.9 km de carretera federal y estatal, comunicándose al centro del estado por medio de la carretera panamericana y hacia la costa del estado por la carretera costera y el ferrocarril, así como también se disponen de 130 oficinas postales¹¹.

CONCLUSIÓN

Chiapas es considerado uno de los estados de menor desarrollo en el país, sin considerar que es un estado en donde hay un gran movimiento turístico, y que produce una gran parte de electricidad que alimenta al país, aporta minerales, petróleo y produce café que es exportado; considerando todo esto, los precios de la luz, es más alta que en cualquier lugar del país.

También se tiene un gran índice de analfabetismo, además de que no en todas las regiones se vive en condiciones favorables, lo cual ha provocado enfermedades, debido a la defecación al aire libre ya que muchos hogares no tienen drenaje. Chiapas es rico en regiones turísticas y en flora y fauna sin embargo se ha descuidado la educación y condiciones de vida tanto en algunas partes de las ciudades como de los pueblos indígenas.

Derivado de los antecedentes, arriba citados y de las grandes precipitaciones pluviales que predominan principalmente en las nueve regiones que conforman el estado de Chiapas, durante una gran parte del año, como consecuencia de la temporada de huracanes, frentes fríos y lluvias ordinarias, así también considerando que Chiapas es uno de los estados de menor desarrollo en el país, pero que cuenta con un gran auge económico y turístico en la frontera Sur entre México y Guatemala.

¹¹ Ibídem

Y que derivado del gran auge económico y turístico que predomina en la zona, es una gran partícula detonante para la aparición de vehículos automotores con exceso de dimensiones mismos que ni la SCT estatal y federal han podido regular, ya que la aparición de vehículos con exceso de dimensiones y exceso de carga sobre las vías terrestres son de manera constante, motivo por el cual el deterioro de sus vías de comunicación son constantes, ya que el territorio chiapaneco se encuentra situado sobre una enorme placa de roca caliza fragmentada en diferentes puntos, fallada y plegada, por lo que su topografía la hace demasiado compleja.

Motivo por el que, se ha elegido esta zona para su estudio correspondiente, ya que existe demasiada presencia de humedad en el área, misma que es dañina para los pavimentos, aunado a la sobrecarga no regulada, de los vehículos automotores debido al gran auge económico y turístico y a la gran diversidad de materiales con la que son construidas casi la totalidad de las vías terrestres que existen en ese estado y que la gran mayoría de ellas se encuentra en mal estado.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DETALLADO DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 Estado actual de los pavimentos

Para entender un poco más el estado actual de un pavimento, y profundizar un poco más al área de estudio que es el Sureste Mexicano, definiremos que es un pavimento, entendiéndose este al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento de una capa de pavimento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas; por lo que se requiere de contar con una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como tener una adecuada visibilidad y un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deben colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Como se menciona en el capítulo 1 y 2, la zona del sureste mexicano, es una zona determinante para el crecimiento económico y turístico por la que el Camino Directo Las Choapas-Raudales-Ocozocoautla se convierte en una vialidad importante, ya que conecta directamente con la capital del estado de Chiapas, México y la zona fronteriza de México con el país de Guatemala, es por ello que a través del organismo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, ha tratado de hacer el esfuerzo por mantener esta rúa en buen estado (Ver figura 3.1.4), sin embargo en la actualidad y debido a la temporada de huracanes y frentes fríos que se presentan en casi toda la República Mexicana, principalmente en el sureste mexicano, se han deteriorado aún más los pavimentos existentes, debido a que la mayoría de las capas son pavimentos rígidos y flexibles; es decir contamos en algunos subtramos con base estabilizada con cemento portland, losas de concreto hidráulico y subtramos contruidos con pavimento flexible (subbase, base y carpeta asfáltica).

Por lo anterior podemos mencionar que la vialidad, es vital para el desarrollo del sureste mexicano, pero en la actualidad se encuentra en mal estado, en la mayoría de su trayecto (Ver figura 3.1.5); por lo que nos enfocaremos a verificar las posibles causas de su deterioro.

3.2 Causas del deterioro de los pavimentos

Al iniciar, el recorrido por el Camino Directo Las Choapas-Raudales-Ocozocoautla, se observó básicamente que la estructura del pavimento, desde la capa de subbase, base, carpeta asfáltica y microcarpeta es la que se encuentra en mal estado, esto en zona de terraplenes, ya que son los sitios en donde se detectó la falla, por lo que se deduce que desde el cuerpo de terracerías se encuentra en mal estado, debido a la gran diversidad de materiales que se encuentran a lo largo de la ubicación de la autopista en

estudio (Ver figura 3.2.6 y Anexo A¹²); hasta la frontera entre México y Guatemala¹³.



Figura 3.1.4.- Subtramo en reparación Coatzacoalcos – Tuxtla Gutiérrez

En algunos casos el deterioro de las capas del pavimento existente, se debe a la mala ejecución en cuanto a su procedimiento constructivo, ya que por lo regular en la zona del sureste mexicano el subsuelo se encuentra formado por mantos acuíferos subterráneos y exceso de cuencas aledañas que en temporada de huracanes, frentes fríos y lluvias atípicas, el subsuelo se ve deteriorado, o con exceso de humedad provocando fallas en la estructura del pavimento, al momento de ser estas sometidas a exceso de cargas, y al poco mantenimiento que se les da a las vialidades en casi la mayor parte de la república mexicana, debido en algunas ocasiones a la falta de obras de drenaje

¹² Inventario de bancos de materiales por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes

¹³ Localización de bancos de materiales por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes

y a la colocación de subdrenes a lo largo de las vialidades principalmente al pie de la zona de cortes.



Figura 3.1.5.- Subtramo en reparación Coatzacoalcos – Tuxtla Gutiérrez

Ya que la falta de colocación de subdrenes longitudinales a pie talud ocasiona que en estas áreas, se acumulen grandes cantidades de agua, deteriorando la estructura del pavimento con el paso del tiempo (Ver figura 3.2.8 y 3.2.9).

3.3 Análisis de los pavimentos existentes

En recorrido por el Camino Directo Las Choapas-Raudales-Ocozocoautla, iniciando desde el km 0+000 hasta el km 197+500, se encuentra en mal estado debido a que en algunos subtramos existe la presencia de humedad excesiva y a la gran diversidad de materiales con las cuales son construidas las carreteras, y en algunas ocasiones a la mala ejecución del procedimiento constructivo empleado.

Inicialmente la vialidad fue construida considerando un cuerpo con estructura del pavimento de terracerías, subbase, base y carpeta asfáltica, es decir fue construida como un pavimento flexible con el empleo de los materiales

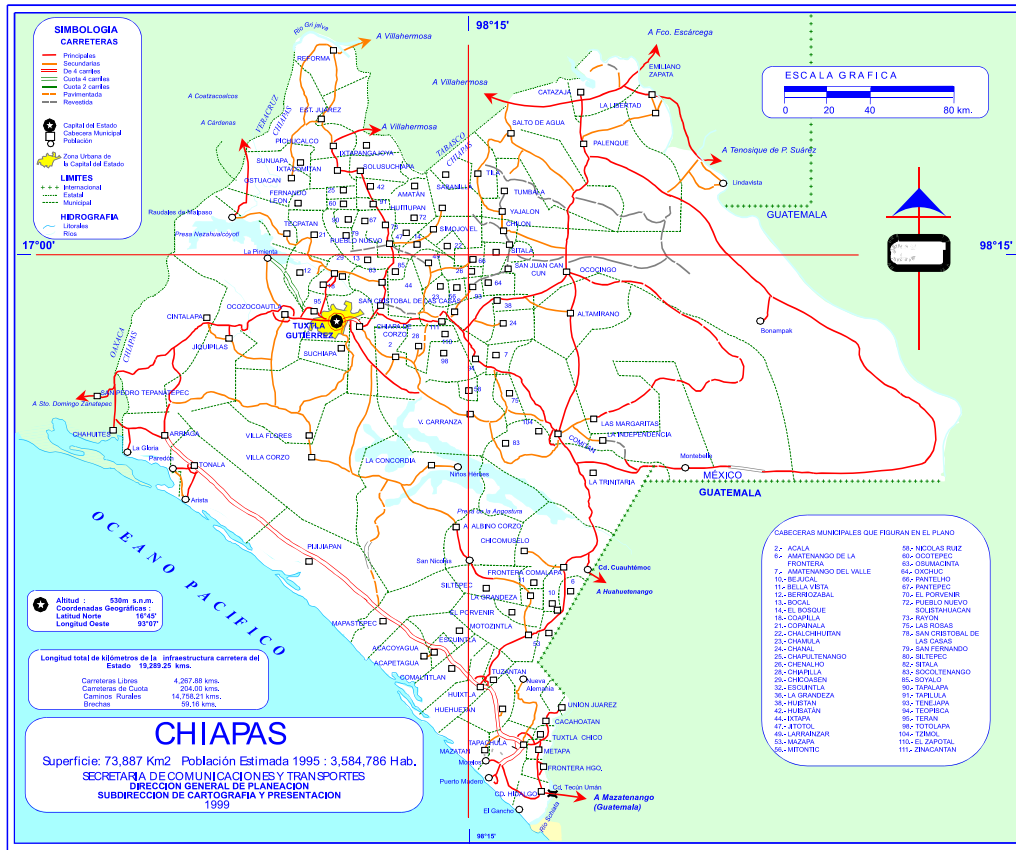


Figura 3.2.6.-Localización de bancos de materiales en el estado de Chiapas, México

que predominan en la región que son netamente calizos y el empleo de maquinaria convencional, pero con el paso del tiempo y aunado a la gran cantidad de precipitación pluvial que prevalece en la zona principalmente en temporada de huracanes y a la mala calidad de los materiales que existen en el subsuelo básicamente arcilla y lutita, han deteriorado en gran parte la vialidad, es por eso que a través del Organismo de Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, ha venido realizando la rehabilitación de la autopista sustituyendo el pavimento flexible existente por un pavimento rígido a través de base estabilizada formada con material de recuperación del pavimento existente y cemento portland.

Por lo que en este capítulo se analizara el procedimiento constructivo y el tipo de materiales que se utilizaron para su construcción y determinar su viabilidad, ya que a pesar de que en la actualidad la mayor parte de la autopista se encuentra construida con este tipo de pavimento la vialidad aún sigue deteriorada.



Figura 3.2.8.- Subtramo en mal estado Coatzacoalcos – Tuxtla Gutiérrez

La selección de los materiales para la rehabilitación de la autopista fue del banco denominado el “Triunfo” (ver figura 3.3.8, 3.3.9 y tablas No. 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5,3.3.6 y Anexo B)

Desgaste de los Ángeles	30 %
Adherencia con el asfalto	Buena
Absorción	3 % Máximo
Densidad	2.30 Mínimo

Tabla No. 3.2.2 Fuente: Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

Quedando excluido el material de origen calizo.



Figura 3.2.9.- Subtramo en mal estado Coatzacoalcos – Tuxtla Gutiérrez

No se omite comentar que son características propias de las normas vigentes de la Secretaría de comunicaciones y Transportes (S.C.T.); mismas que rigieron durante la rehabilitación de la autopista principalmente del subtramo del km 126+900 al km 180+000, también se menciona que se realizaron las adecuaciones necesarias dado, que en toda la zona del sureste existe el predominio de los materiales calizos, tratándose de apegar en lo posible a la norma solicitada, por lo que se tuvo la necesidad de seleccionar la roca de mejor calidad, así como de pasar por una serie de pasos en su proceso de trituración y por ultimo un lavado riguroso para retirar el exceso de material adherido (lutita) o cualquier otro material que pudiera contaminar la construcción del pavimento rígido¹⁴.

¹⁴ Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

Una vez terminado el proceso de selección y trituración del material pétreo se procedió al fresado del material existente así como a su almacenamiento para realizar una mezcla de material homogéneo en una proporción de 70-30; es decir se empleó el 70 por ciento de material recuperado del pavimento existente y el 30 por ciento de material de banco producto de la trituración con tamaño máximo de agregado de 38 mm e inmediatamente se le incorporara cemento portland a razón del 18 por ciento del peso volumétrico



Figura 3.3.8.- Material pétreo del banco denominado el “Triunfo”

seco máximo del material o en función de 346.00 kg de cemento portland, o el necesario para garantizar una resistencia a la compresión a los 28 días de 150 Kg/cm²; y una compactación del 95 por ciento de la prueba AASHTO modificada 5 capas, dicha compactación se realizó en dos capas de 17 cm aproximadamente (ver figura 3.3.10, 3.3.11 y Anexo C).

Una vez terminada la construcción de la base estabilizada se procedió a la construcción de una capa de carpeta asfáltica de 10 cms. de espesor y con material pétreo triturado con tamaño máximo de 19 mm (ver tabla No. 3.3.3).



Figura 3.3.9.- Material pétreo del banco denominado el “Triunfo”

ABERTURA	MALLA	TAMAÑO NOMINAL DEL PETREO 19 MM
19 mm	Malla ¾”	% que pasa 62-100
12.5 mm	Malla ½”	% que pasa 45-70
9.5 mm	Malla 3/8”	% que pasa 33-58
6.3 mm	Malla ¼”	% que pasa 22-43
4.75 mm	Malla no. 4	% que pasa 14-33
2 mm	Malla no. 10	% que pasa 5-19
0.075 mm	Malla no. 200	% que pasa 2-4

Tabla No. 3.3.3 Fuente: Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

Cumpliendo con un equivalente de arena de arena del 65 por ciento, para la elaboración de la mezcla asfáltica y empleando AC-20 modificado, con polímero SBS al 2.5 por ciento, debiendo cumplir además con los requisitos siguientes

conforme al método Marshall de pastillas elaboradas con 75 golpes por cara y a 130 grados de temperatura (ver tabla No. 3.3.4)¹⁵.



Figura 3.3.10.- Formación y compactación de base estabilizada



Figura 3.3.11.- Formación y compactación de base estabilizada

¹⁵ Fuente.- Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

SECTOR COMUNICACIONES Y TRANSPORTES		
Estabilidad	(Kg.)	1,200 min.
Vacíos	(%)	3-5
Flujo	(mm)	2-4
V.A.M.	(%)	14 min.

Tabla No. 3.3.4 Fuente: Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

La calidad de la mezcla asfáltica se ejecutó de acuerdo al diseño Marshall debiendo cumplir el material pétreo con lo indicado en siguiente tabla No. 3.3.5.

Tamaño máximo (mm)	25
Desgaste los ángeles	30% máx.
Equivalente de arena	55% min.
Índice plástico	inapreciable
Forma de partícula (lajeo y/o alargamiento)	25% máx.
Partículas trituradas	90% min.
% < malla no. 200	4 máximo
Adherencia con el asfalto	buena
Partículas suaves	2% máx.
Densidad relativa	2.40% min.
Solubilidad en tricloroetileno %	99.0 SCT-011-E.10
Perdida por calentamiento TFOT %	- SCT-011-C.04
Retención de la penetración 4°C %	50.0 ASTM D-5
Retención de la ductilidad 4°C %	50.0 ASTM D-5
Recuperación elástica 25° c	45.0 % aashto-b-02
Modulo complejo shrp 64°C	
g*/sen d kpa (asfalto original)	1.0 shrp b-003
g*/sen d kpa (después de tfot)	2.2 shrp b-003
g*/sen d kpa (después de pav) 22°C	5,000 shrp b-003

Tabla No. 3.3.5 Fuente: Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

Una vez definido el diseño Marshall, la granulometría de la mezcla asfáltica quedo ubicada conforme a la tabla No. 3.3.6.

TAMAÑO DEL MATERIAL PÉTREO		TOLERANCIA, POR CIENTO PESO DEL MATERIAL PÉTREO
MALLA QUE PASA	retenido en malla	
Correspondiente al tamaño máx.		+5
4.76 mm (num. 4)	4.76 mm (num. 4)	+4
2.00 mm (num 10)	2.00 mm (num 10)	+3
0.420 mm (num 40)	0.420 mm (num 40)	+1
0.074 mm (num 200)	0.074 mm (num 200)	+1

Tabla No. 3.3.6 Fuente: Especificaciones generales y particulares de construcción.- CAPUFE

Una vez definida la calidad de los materiales y de la mezcla asfáltica y como resultado de lo anterior se obtuvo una mezcla asfáltica de granulometría abierta, obteniéndose con esta combinación la aplicación de un pavimento rígido como lo es la base estabilizada (por la cantidad de cemento portland empleado) y de un pavimento flexible con la construcción de una capa de carpeta asfáltica sobre la misma, ver figura 3.3.12).



Figura 3.3.12.- Construcción de carpeta asfáltica sobre base estabilizada

Además de una capa denominada microcarpeta, elaborada con mezcla asfáltica en caliente, no se omite comentar que esta capa no tiene ninguna función estructural y se construyó con un espesor de 25 milímetros, sobre la capa de concreto asfáltico previamente tendida, con la finalidad principal de permitir que el agua proveniente de la lluvia o de los escurrimientos directos de los cortes aledaños, sea desplazada por las llantas de los vehículos, ocupando los vacíos de la capa de rodadura, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodadura, minimizándose el fenómeno del acuaplaneo, y se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes y se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal¹⁶.

De lo anterior se puede comentar que con la construcción de la capa de base estabilizada, se logró mejorar el cuerpo del pavimento existente, ya que los materiales existentes en la zona del estado de Chiapas, México y principalmente en los sitios cercanos al Camino Directo Las Choapas-Raudales-Ocozocoautla, iniciando desde el km 0+000 hasta el km 197+500, son de mala calidad, aunado a la gran cantidad de humedad que existe en la zona y alto número de vehículos pesados que circulan por la vialidad, se optó por la construcción de un pavimento semirrígido como es la base estabilizada con cemento portland, pero con la incorporación del 18 por ciento en peso volumétrico del volumen del material, se considera entonces un pavimento totalmente rígido.

Logrando con esto que las cargas rodantes que actúan sobre la superficie de rodamiento sean distribuidas de manera uniforme, para que los esfuerzos transmitidos a la capa subrasante no sean tan grandes, y no den como resultado una excesiva deformación o desplazamiento de la capa de cimentación.

El análisis de las propiedades del concreto demuestra que un solo principio, se aplica a todos los aspectos del diseño de las sub-bases y de las

¹⁶ Norma N-CSV-CAR-3-02-014/10 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

subrasantes. El concreto tiene un módulo de elasticidad que varía de 280,000 a 420,000 kg/cm² lo cual le imparte un alto grado de rigidez.

Además, el concreto para pavimentos posee una resistencia bastante alta como viga, tal y como lo evidencia la resistencia a la flexión a 28 días, que varía entre 38.5 y 52.5 kg/cm² (550-750 psi) y puede alcanzar valores todavía mayores, en concretos para pavimentos de apertura rápida al tráfico.

Esta rigidez y resistencia a la flexión, permiten a los pavimentos de concreto distribuir las cargas sobre áreas más grandes de las subrasantes, las deflexiones son pequeñas y las presiones aplicadas a la subrasante son muy bajas.

Es por ello, que los pavimentos de concreto no necesitan un material de cimentación muy resistente.

Resulta mucho más importante que el apoyo sea razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en la capacidad de soporte. Esto contrasta con el principio de diseño de los pavimentos flexibles, en los que se necesitan capas de sub-base y de base sucesivamente más resistentes a fin de distribuir las presiones mucho más altas transmitidas por las cargas sobre las ruedas a través de la superficie de asfalto.

Ventajas y desventajas del uso de pavimentos flexibles.

Pavimento flexible (Ventajas):

- a.- Resulta más económico en su construcción inicial.
- b.- Tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años.

Desventajas:

- c.- Requiere mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.
- d.- Las cargas pesadas producen roderas y dislocamientos en el asfalto y son un peligro potencial para los usuarios. Esto constituye un serio problema en

intersecciones, casetas de cobro de cuotas de peaje, rampas, donde el tráfico está constantemente frenando y arrancando. Las roderas llenas de agua de lluvia en estas zonas, pueden causar derrapamientos, pérdida de control del vehículo y por lo tanto, dar lugar a accidentes y a lesiones personales.

e.- Las roderas, dislocamientos, agrietamientos por temperatura, agrietamientos tipo piel de cocodrilo (fatiga) y el intemperismo, implican un tratamiento frecuente a base de selladores de grietas y de recubrimientos superficiales.

f.- El Acuaplaneo es también un problema serio en caminos con roderas, sobre todo en rutas alimentadoras y autopistas.

g.- En el estudio denominado "Consideraciones de seguridad en la formación de roderas y de ondulaciones en superficies de rodamiento de asfalto", los parámetros medidos indican que las distancias de frenado para superficies de concreto son mucho mayores que para las superficies de asfalto sobre todo cuando el asfalto está húmedo y con roderas.

h.- Una vez que se han formado roderas en un pavimento de asfalto, la experiencia ha demostrado, que la colocación de una sobrecarpeta de asfalto sobre ese pavimento no evitara que se vuelva a presentar.

i.- Las roderas reaparecen ante la incapacidad de lograr una compactación adecuada en las roderas que dejan las ruedas y/o ante la imposibilidad del asfalto de resistir las presiones actuales de los neumáticos y los volúmenes de tráfico.

j.- La reflexión de grietas es otra forma de falla de sobrecarpetas de asfalto, que puede reducir apreciablemente la vida útil esperada.

k.- En la mayor parte de los casos, el asfalto sub diseñado de la primera etapa se deteriora antes de poder colocar el primer reencarpetao proyectado. Las sobrecarpetas delgadas subsecuentes no se comportaran bien porque la falla original del asfalto, se refleja rápidamente a través del citado reencarpetao. Aun cuando se coloque una sobrecarpeta de asfalto con un espesor más grande, los resultados no mejoran en lo absoluto.

l.- La presencia de un nivel freático alto y/o de suelos débiles o de mala calidad subyaciendo a un pavimento asfáltico que ha fallado, es muy probable que

necesiten excavarse y rellenarse en un espesor a veces de más de un metro como etapa previa a la construcción.

m.- En México, se aplican restricciones de carga en los pavimentos asfálticos a fin de evitar daños serios. Las limitaciones de los organismos correspondientes varían entre 20 y 60% (44% en promedio). Las restricciones en cuanto a cargas por eje (de camiones) resultan difíciles de aplicar, y es frecuente ver que los camiones que exceden los pesos restringidos circulan sobre los pavimentos asfálticos (Ver Figura 3.3.13 y 3.3.14)

Secciones geométricas tipo de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

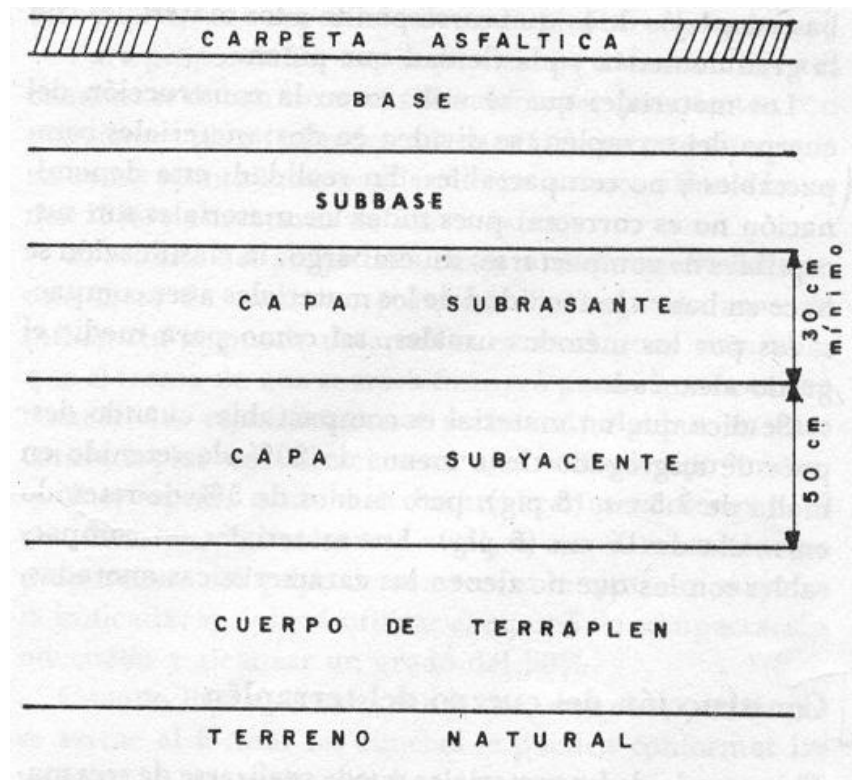


Figura 3.3.13.- Estructura de un pavimento flexible.

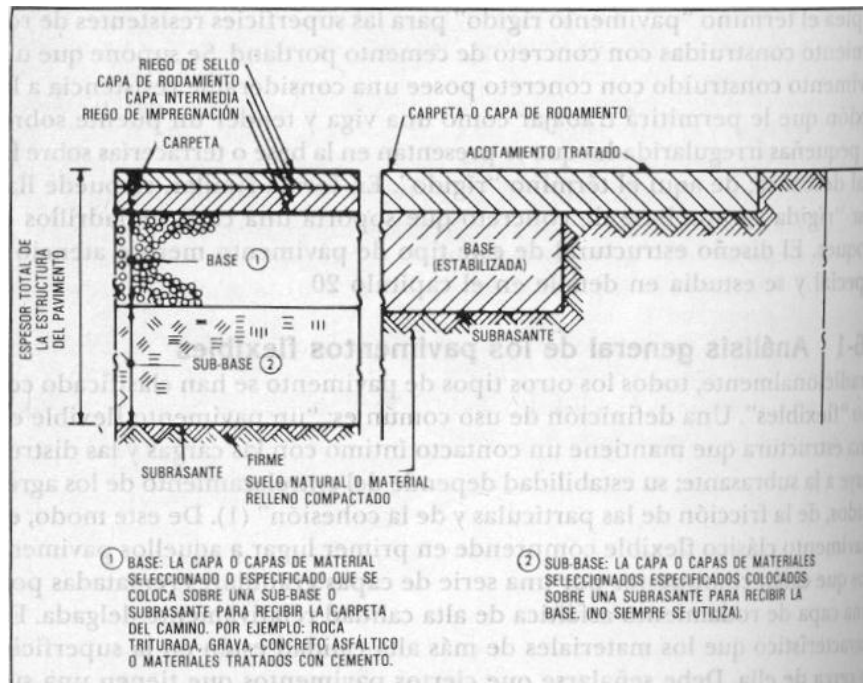


Figura 3.3.14- Estructura de un pavimento flexible y un pavimento rígido.

Ventajas y desventajas del uso de pavimentos rígidos.

Ventajas:

- a.- El mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.
- b.- Al realizar la pavimentación con cimbras deslizantes la principal ventaja es el hecho de que una máquina, bajo el control de un solo operador reemplace los diversos elementos que forman el acomodo de la maquinaria de pavimentación convencional.
- c.- La sobrecarpeta de concreto proporciona ventajas a largo plazo para los usuarios de caminos y para los organismos encargados de dar mantenimiento a las carreteras debido a que la superficie de concreto reduce drásticamente el tiempo y los retrasos, que generalmente acompañan al mantenimiento constante de una superficie de asfalto.
- d.- Una superficie de concreto es durable, resistente y requiere mucho menos tiempo de mantenimiento y dinero.
- e.- Las sobrecarpetas de concreto son particularmente efectivas, en proyectos donde las restricciones en el presupuesto anual y altos niveles de tráfico, hacen

que las interrupciones frecuentes en la circulación y los costos de mantenimiento sean intolerables.

f.- También se puede colocar una sobrecarpeta de concreto para aumentar la seguridad de una superficie de concreto.

g.- Las cargas pesadas no forman roderas ni dislocamientos en el concreto, el cual conserva una alta resistencia antiderrapante.

h.- Las sobrecarpetas de concreto no desarrollan las fallas típicas presentes en los reencarpetados con asfalto.

i.- El concreto puede cubrir uniformemente las roderas en el asfalto y corregir el perfil de la superficie.

j.- Debido a la capacidad que tiene la losa de concreto para puentear los problemas subyacentes, no ocurrirá la reflexión que se presenta en las sobrecarpetas de asfalto.

k.- También se pueden usar sobrecarpetas de concreto sobre pavimentos de asfalto existentes, como una alternativa a la "construcción por etapas" de pavimentos flexibles.

l.- Los análisis de los costos de rehabilitación y mantenimiento a largo plazo correspondientes a la "construcción por etapas", representa la solución más duradera de bajo riesgos.

m.- Otra ventaja de la sobrecarpeta blanca o "whitetopping," es que con ella, se pueden evitar posibles problemas de construcción que pueden ocurrir durante la reconstrucción de un pavimento. En algunos lugares los pavimentos existentes se construyen sobre terrenos de apoyo muy pobres. Las subrasantes saturadas y los suelos débiles, producen dificultades durante la construcción y aumentan el tiempo necesario para terminar el proyecto.

n.- Una sobrecarpeta de concreto permite que la construcción se haga directamente sobre la superficie flexible existente, sin tener que eliminar o reparar la sub-base o la subrasante en toda la extensión del proyecto. El espesor gradual para ligarse a un puente o a estructuras en línea se logra rebajando con fresadora el asfalto existente hasta obtener la pendiente adecuada.

o.- La colocación de una sobrecarpeta de concreto directamente sobre un pavimento de asfalto, también puede ahorrar costos de construcción cuando hay mal tiempo. Después de una lluvia fuerte, la construcción de nuevos pavimentos se puede retrasar varios días, mientras la subrasante se seca hasta alcanzar una condición adecuada. Con la sobrecarpeta de concreto se pueden emplear barredoras mecánicas, para eliminar el agua en exceso acumulada en las roderas dejadas por las ruedas. Por lo tanto, en muchos casos la construcción de pavimentos de concreto sobre el asfalto se puede reanudar inmediatamente después de que deja de llover.

p.- Las sobrecarpetas de concreto colocadas encima del asfalto (Whitetopping), proporcionan una superficie segura que dará muchos años de servicio a bajo costo y con mantenimiento mínimo.

q.- Su periodo de vida varía entre 20 y 40 años

Desventajas:

a.- Tiene un costo inicial mucho más elevado que el pavimento flexible.

b.- Se deben tener cuidado en el diseño (Ver Figura 3.3.15).

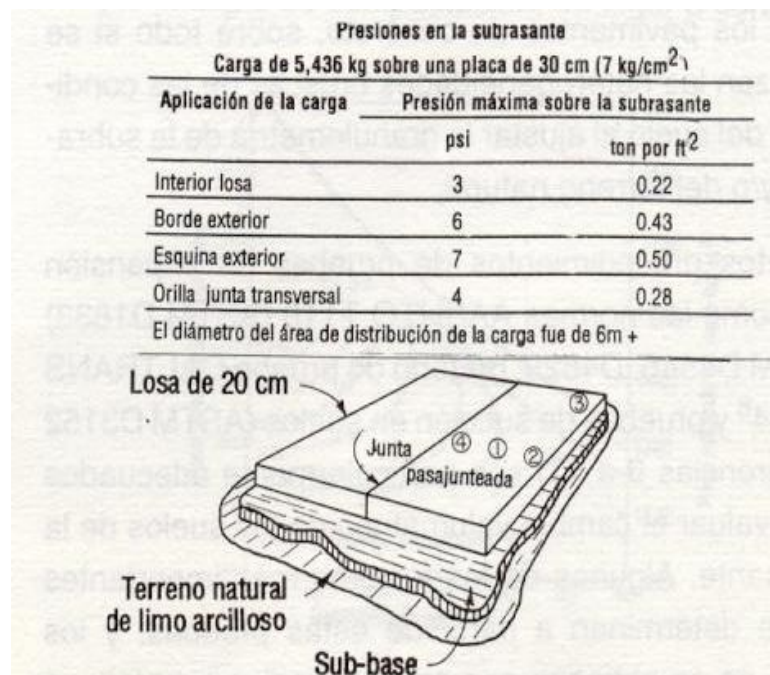


Figura 3.3.15- Condiciones de diseño de pavimento rígido.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA Y COMPARACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS, RÍGIDOS Y FLEXIBLES

4.1 Comparación de pavimentos rígidos y flexibles

La necesidad de la pavimentación de las carreteras en el estado de Chiapas, México; básicamente en el Camino Directo Las Choapas-Raudales-Ocozocoautla, iniciando desde el km 0+000 hasta el km 197+500, es netamente necesaria debido a la creciente demanda de la comercialización de los productos agrícolas, pecuarios e industriales entre otros, así como de servicios turísticos y de exportación de materia prima y productos procesados por lo que se requiere tener una transitabilidad en todo el año, tanto de vehículos ligeros y pesados por lo que se requiere de fuertes inversiones económicas para el desarrollo, ejecución y mantenimiento de una vialidad, principalmente en la zona de estudio que es el estado de Chiapas, México; en donde partiremos por analizar la factibilidad de la construcción de un pavimento flexible y un pavimento rígido.

De donde partiremos del principio básico de que un pavimento; es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente; misma capa o estructura del pavimento que se encuentra formada por una capa subrasante, capa de subbase, capa de base y por ultimo una capa de carpeta asfáltica, teniendo como referencia que los materiales de mejor calidad son los que recibirán la mayor de las cargas y se encontraran en la superficie de rodamiento y los de menor calidad en las capas inferiores.

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el transito al cuerpo del terraplén. Existen dos tipos de pavimento los flexibles (de asfalto) y los

rígidos (de concreto hidráulico). La diferencia entre estos dos tipos de pavimento es la resistencia que presentan a la flexión.

Los pavimentos flexibles son estructuras formadas por una capa subrasante, capa de subbase, capa de base y por ultimo una capa de carpeta asfáltica (Ver figura 4.1.13); y con la finalidad de cumplir con los siguientes propósitos:

- 1 Soportar y transmitir las cargas que se presentan con el paso de los vehículos.
- 2 Ser lo suficientemente impermeables.
- 3 Soportar el desgaste producido por el tránsito y por el clima.
- 4 Mantener una superficie cómoda y segura (antideslizante) para el rodamiento de los vehículos.
- 5 Mantener un grado de flexibilidad para cubrir los asentamientos que presenten las capas inferiores (base o subbase).

Los materiales con los cuales se construyen estas capas por lo general necesitan tener una gran resistencia al corte para evitar posibles fallas, así también el diseño de este tipo de pavimento se basa en ensayos de penetración, es decir mediante la determinación del valor de soporte de california o CBR (California Bearing Ratio), este índice de resistencia al corte, en México lo conocemos como VRS (Valor Relativo de Soporte), el cual se da como el porcentaje de la carga necesaria para introducir un pistón estándar en un área de 19.35 centímetros cuadrados sobre un material determinado. El material que sirve de referencia es una caliza triturada (Crespo, 2002).



Figura 4.1.13.- Características de un pavimento flexible

Los pavimentos rígidos (base estabilizada), son estructuras formadas en algunos casos por una capa subrasante, y por lo general están formados de una capa de subbase y una capa de concreto hidráulico o en su caso de materiales granulares (grava, arena e incorporación de cemento portland), (Ver figura 4.1.14); la cual le va a dar una alta resistencia a la flexión, además de los esfuerzos a la flexión y de compresión, este tipo de pavimento se va a ver afectado en gran parte los esfuerzos que tenga que resistir al expandirse o contraerse por los cambios de temperatura o por la condiciones climáticas, es por eso que su diseño toma como parámetros los siguientes conceptos, (Crespo, 2002).

- 1 Volumen tipo y peso de los vehículos que transitan por la vialidad
- 2 Módulo de reacción de la subrasante
- 3 Resistencia del concreto o base estabilizada que se va a emplear
- 4 Condiciones climáticas

El concepto de las características del tránsito puede ser calculado a través de aforos, la resistencia del concreto puede proponerse y el de las condiciones climáticas puede ser obtenido de las cartas climáticas del estado de Chiapas, México; sin embargo el valor relativo de soporte K, está en función de la prueba de placas, la cual es una prueba de penetración, que consiste en colocar una placa sobre el suelo natural, aplicar una serie de cargas y medir las deformaciones y el resultado del ensayo se representa en un diagrama tensión-deformación.

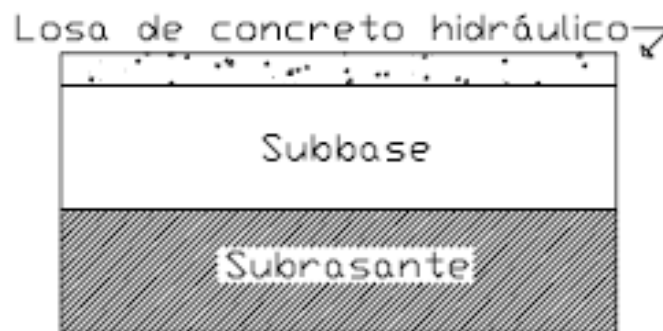


Figura 4.1.14.- Características de un pavimento rígido

De la comparación de los pavimentos rígidos y flexibles, se puede mencionar que; de la calidad y capacidad del sistema de transporte depende que pueda lograrse un crecimiento equilibrado y sostenido de la economía, ya que un problema importante es obtener los recursos suficientes para la construcción, conservación rehabilitación y modernización de las redes viales, y obtener un alto nivel de la calidad de servicio.

El pavimento se degrada por efecto del tránsito y de aspectos ambientales, por lo que deben recibir una atención adecuada para que continúen prestando un buen servicio, seguro, cómodo y económico; hacia el futuro se puede anticipar un crecimiento mayor de la economía, lo requerirá planear, proyectar y construir pavimentos que tengan un buen comportamiento durante su vida de servicio con superficies y estructuras más resistentes al tránsito y clima, mejores condiciones de rodabilidad, mínima conservación y mayor eficiencia.

Para un análisis económico de un proyecto de pavimento es necesario considerar los costos de construcción, conservación y de operación de los vehículos, como consumo de combustible, desgaste de llantas, demoras por mal estado del pavimento, o por trabajos de reparación, accidentes etc.

En los proyectos de pavimentos es necesario considerar periodos prolongados de vida útil (30 a 50 años), pavimentos resistentes y duraderos, requerimientos de mínima conservación, para obtener una red vial de carreteras más seguras y económicas para usuarios y para el país.

La selección de un tipo de pavimento implica considerar (Ver figura 4.1.15):

- 4 posibilidad de su construcción
- 5 magnitud de transito
- 6 limitaciones presupuestales
- 7 políticas o criterios de las autoridades
- 8 costo total de la obra (inicial, de conservación y operación)

Tipos de pavimentos rígidos

a pavimentos de concreto simple con juntas

b concreto reforzado

- c concreto con refuerzo continuo
- d concreto presforzado
- e concreto postensado
- f concreto rodillado
- g bases estabilizadas con cemento portland
- h adoquines

TIPOS DE PAVIMENTO

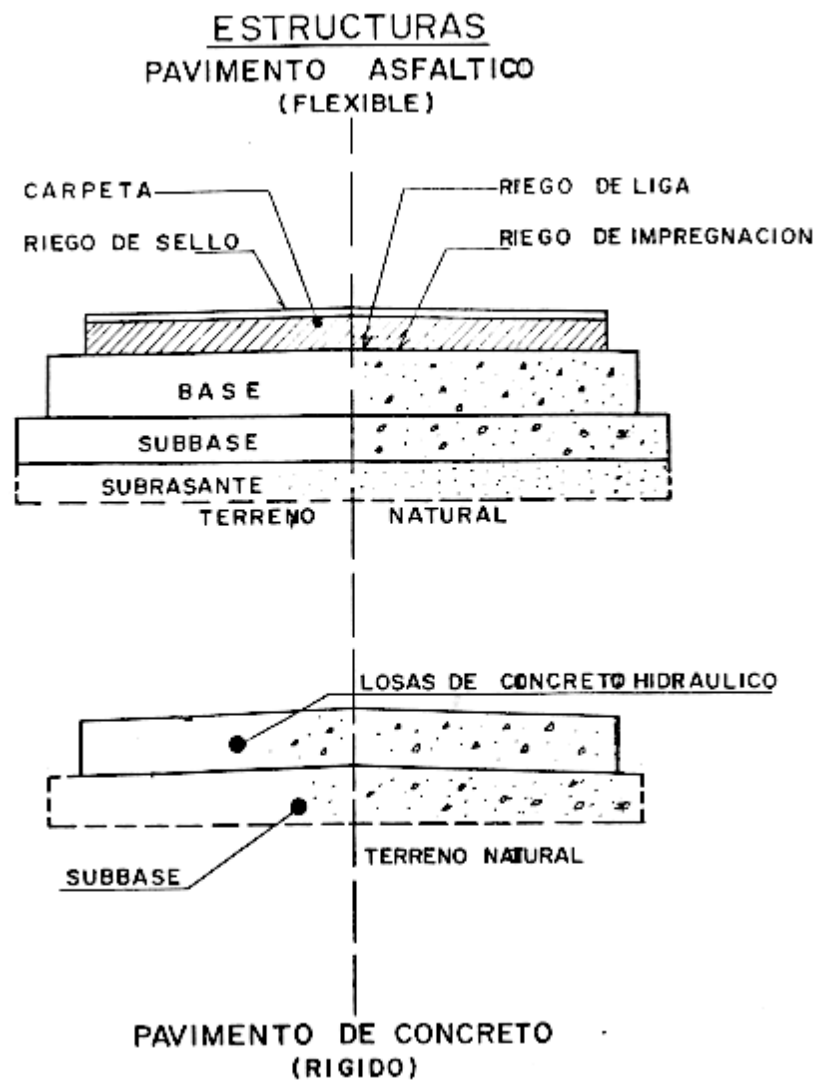


Figura 4.1.15.- Pavimento rívido y flexible

En si podemos comentar que el adjetivo rígido y flexible nos proporcionan, una idea de cómo los pavimentos reaccionan frente a las cargas y al medio ambiente y su principal diferencia es como cada uno de ellos transmite las cargas a la subrasante (Ver figura 4.1.16).

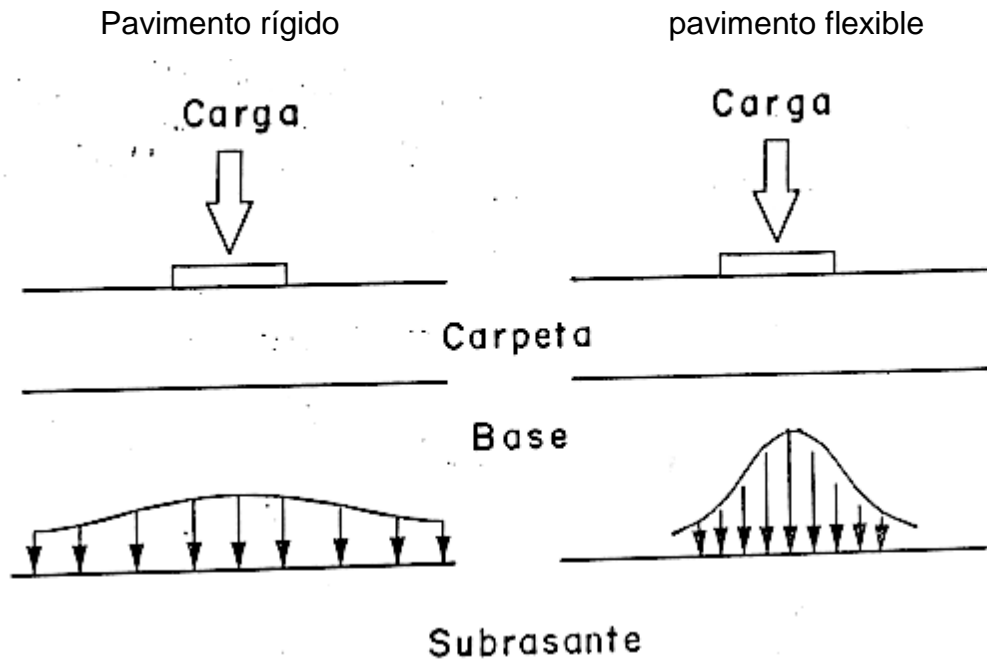


Figura 4.1.16.- Pavimento rígido y flexible

La alta rigidez de la losa de concreto le permite mantenerse como una placa y distribuir las cargas sobre un área mayor de la subrasante, transmitiendo presiones muy bajas a las capas inferiores, en si la losa de concreto proporciona la mayor parte de la capacidad estructural del pavimento rígido; mientras que el pavimento flexible, está construido con materiales un poco más frágiles y menos rígidos (que el concreto), más deformables, que transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo. Por lo tanto, el pavimento flexible normalmente requiere más capas y mayores espesores para resistir la transmisión de cargas a la subrasante (Ver figura 4.1.17).

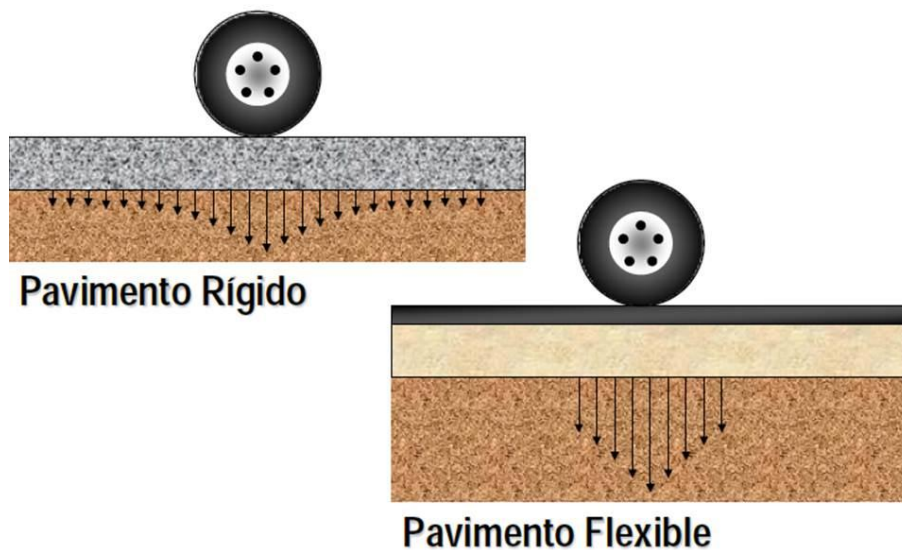


Figura 4.1.17.- Pavimento rígido y flexible

Cuadro comparativo de pavimentos

Concepto	Pavimento rígido	Pavimento flexible
Costos Construcción	mayor para transito ligero y menor para pesado	posibilidad de construir por etapas
Conservación	menor que el flexible	mayor
Operación	menor	mayor

Concepto	Pavimento rígido	Pavimento flexible
Comportamiento	Mejor funcionalidad bajo tránsito pesado	Menor, requiere mayor conservación
	Mejor resistencia al derrapamiento con textura más durable	Se requieren carpetas de rodamiento especiales
	Su reparación requiere alta especialización y es costosa	Reparación relativamente sencilla pero es más frecuente

4.2 Propuesta del tipo de pavimento

Derivado de los antecedentes citados, en los capítulos dos y tres, aunado a las grandes precipitaciones pluviales que predominan principalmente en las nueve regiones que conforman el estado de Chiapas, México; durante una gran parte del año, como consecuencia de la temporada de huracanes, frentes fríos y lluvias ordinarias y extraordinarias, así también considerando que Chiapas es uno de los estados de menor desarrollo en el país, pero que cuenta con un gran auge económico y turístico en la frontera Sur entre México y Guatemala y que por lo tanto el estado de Chiapas, México se convierte en una gran partícula detonante para la aparición de vehículos automotores con exceso de dimensiones mismos que ni la SCT estatal y federal han podido regular, ya que la aparición de vehículos con exceso de dimensiones y exceso de carga sobre las vías terrestres son de manera constante, motivo por el cual el deterioro de sus vías de comunicación son constantes, además del exceso de humedad que predomina en el área, misma que es dañina para los pavimentos, aunado a la sobrecarga no regulada, de los vehículos automotores debido al gran auge económico y turístico y a la gran diversidad de materiales con la que son construidas casi la totalidad de las vías terrestres que existen en ese estado y que la gran mayoría de ellas se encuentra en mal estado; es por ello que se propone realizar la **APLICACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS (BASE ESTABILIZADA), Y PAVIMENTOS FLEXIBLES EN VIALIDADES DE ALTO TRAFICO**, como lo es el Camino Directo las Choapas-Raudales-Ocozocoautla. Tomando en cuenta lo indicado en el capítulo tres, inciso 3.2 Causas del deterioro de los pavimentos y 3.3 Análisis de los pavimentos existentes, dado que el tipo de pavimento que predomina en la zona es el rígido, salvo en algunos subtramos la vialidad está compuesta por un pavimento flexible.

La concepción de sustituir un pavimento flexible por uno rígido o la combinación de ambos es acertada, solo que esta concepción se encuentra mal analizada, debido a los tipos de materiales de mala calidad que predominan en la zona y que ya fueron analizados en el capítulo tres inciso 3.3 Análisis de los

pavimentos existentes, aunado a las zonas inestables y a la presencia constante de humedad, ya que la recomendación más conveniente sería considerar completamente un pavimento rígido con un concreto de alta resistencia y de bajo espesor que permita un costo no tan alto para su construcción y resistente a las cargas desmedidas de vehículos automotores con exceso de dimensiones que predominan en la zona y capaz de soportar el incremento de manera gradual en el año y un periodo de vida inicial a 30 años y un periodo de conservación mínima de 15 años, lo anterior sería aplicable a las zonas con un alto grado de humedad.

Ya que un pavimento flexible con un espesor variable de 5 a 10 cms, como los que existen actualmente en la zona, son más susceptible a la fatiga, a consecuencia de la repetición de cargas y ser más destructible ante los agentes climáticos que imperan en el sitio, por lo que no es recomendable realizar la construcción de pavimentos flexibles en este tipo de zonas ya que el costo inicial de construcción es bajo, pero su costo de conservación es más alto, si tomamos como referencia un periodo de vida útil a 30 años y un periodo de conservación mínima de 15 años, tal y como se indicó en el cuadro comparativo de pavimentos.

Considerando en ambos casos que el tipo de pavimento, tanto rígido como flexible, sean desplantados sobre capas o estructuras inferiores de baja calidad y soporte como las que existen en la zona, dado la diversidad de los materiales predominantes a todo lo largo del Camino Directo las Choapas-Raudales-Ocozocoautla.

4.3 Beneficios y alternativas

Los beneficios que trae la construcción de un pavimento rígido son muy grandes dado que los costos de operación y mantenimiento son muy bajos en relación con la construcción de un pavimento flexible que los costos de operación y mantenimiento son muy altos difiriendo ambos en el costo inicial de su construcción.

En el caso muy particular de la zona de estudio una de las alternativas que pudieran soportar la gran cantidad de vehículos automotores con exceso de dimensiones y que permitan un periodo de conservación y operación más duradera sería la construcción de una capa superficial de concreto de alta resistencia (whitetopping), sobre las capas de pavimento existentes, ya sea pavimento rígido o flexible, para aumentar la vida útil de la vialidad y el costo de mantenimiento y operación disminuya (Ver figura 4.1.18).

El Whitetopping (Carpeta Blanca) es un recubrimiento de concreto realizado con cemento Portland, construido sobre un pavimento asfáltico existente. Éste tiene la finalidad de rehabilitar aeropistas, carreteras y calles con excelentes resultados al asegurar una solidez y durabilidad mayor que el pavimento flexible, permitiendo además descartar que el agua circule por las roderas o se estanque provocando baches. El sistema consiste en la colocación de una losa de concreto hidráulico, eliminando así los mantenimientos continuos y sus correspondientes costos.

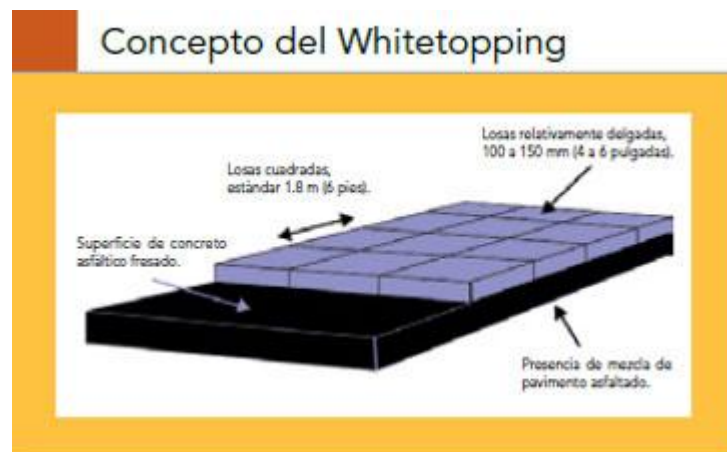


Figura 4.1.18.- El concepto de Whitetopping

El resultado tras su aplicación es un pavimento de gran calidad que brinda una larga vida útil en buenas condiciones de operación. El Whitetopping satisface la demanda, con excelentes condiciones de servicio por más tiempo, ya que cuenta con más de 15 años de vida útil como se ha comprobado en países de Europa y Estados Unidos principalmente. El diseño de Whitetopping considera una fuerte unión entre dos capas, minimizando la necesidad de un

espesor adicional. Está catalogado como una de las formas más efectivas existentes en el mercado, de rehabilitación de un pavimento flexible.

El, Whitetopping puede proveer de un tránsito suave que ayuda a mejorar significativamente la vida funcional del pavimento. Además, en oposición a la reconstrucción completa con una nueva base, el Whitetopping utiliza al pavimento asfáltico existente como una base sólida, proveyendo estabilidad adicional (Ver figura 4.1.19).



Figura 4.1.19.- Uso de Whitetopping

La capa superpuesta de rodamiento se construye directamente sobre la superficie de asfalto del pavimento existente; además de que las sobrecarpetas de concreto se han colocado sobre todo tipo de vías terrestres desde 1981.

Las aeropistas, carreteras alimentadoras, autopistas e inclusive caminos secundarios, calles urbanas y áreas de estacionamiento se han podido mejorar considerablemente a base de una sobrecarpeta de concreto sobre el pavimento de asfalto.

El pavimento de concreto proporciona una superficie más resistente y más durable que el asfalto.

El concreto también mejora las características del drenaje superficial al eliminar desviaciones inseguras tales como las roderas y dislocamientos en los pavimentos de asfalto.

Criterios de diseño

Las sobrecarpetas de concreto sobre pavimentos asfálticos, se pueden unir entre sí con juntas simples (con o sin pasajuntas), con juntas reforzadas o con un refuerzo continuo. La mayor parte de las sobrecarpetas de concreto sobre asfalto se unen con juntas simples. Cualquiera que sea el caso, se debe usar un procedimiento de diseño confiable, para calcular el espesor de la sobrecarpeta.

El procedimiento debe ser capaz de caracterizar la capacidad de carga estructural, que el pavimento existente impartirá a la sobrecarpeta de concreto. Al igual que sucede con todos los pavimentos de concreto, se necesita especificar una separación adecuada entre juntas, la transferencia de carga, una estimación del volumen de tráfico y las condiciones de drenaje, a fin de garantizar una larga vida. Un diseño confiable es aquel que toma en cuenta estos factores permitirá una calidad de servicio excelente a lo largo de toda la vida útil esperada (de 20 a 30 años o más).

Mantenimiento de los pavimentos rígidos

La mayor parte del mantenimiento de los pavimentos de concreto consiste en:

- 1) Llenar y sellar las juntas y grietas en la superficie del pavimento
- 2) Reparación de las áreas fragmentadas, descascaradas y con grietas múltiples
- 3) Bacheado de áreas en donde se haya presentado fallas
- 4) Reparación de las áreas dañadas por asentamientos o bombeo
- 5) Tratamiento de pavimentos combados.

Rellenar y sellar las juntas y grietas

Su objeto es el de prevenir la filtración de la humedad a la subrasante y el de mantener el espacio original de las juntas. Cuando se selle la junta, el concreto debe estar seco y el espacio de la junta completamente limpio de toda escama, suciedad, polvo y otras materias extrañas, incluso el sellador de la junta vieja.

Se utilizan cortadoras de potencia para cortar y ranurar las juntas antes de resellarlas y un cepillo de alambre de impulso mecánico para dejar la junta limpia por completo inmediatamente antes del sellado, se limpia la junta utilizando un chorro de aire comprimido. Con frecuencia, se usan compuestos selladores de asfalto y hule de aplicación en caliente.

El tipo de equipo recomendado para la aplicación del sellador es un aplicador del tipo de presión mecánica. También, se utilizan los aplicadores mecánicos del tipo de gravedad con calderas de vaciado manual. Asimismo, se usan como selladores de juntas los polímeros elastoméricos de dos componentes de aplicación en frío.

Reparación de superficies fragmentadas, descascaradas y con grietas múltiples.

Es un problema común para este tipo de pavimento. Las grietas múltiples se distinguen por las cuarteaduras irregulares sobre la superficie del pavimento. La fragmentación es una despostilladura o astilladura de un pavimento firme y, por lo regular, se presenta a lo largo de juntas o grietas en el pavimento. El descascaramiento es provocado por el deterioro o la desintegración del concreto y puede ocurrir en cualquier lugar de la superficie del pavimento.

En general, los agrietamientos menores en las superficies de concreto de cemento portland se reparan rellenándolos con un compuesto sellador de juntas. La AASHTO recomienda que las cuarteaduras con un ancho mayor de 1/8 de pulgadas se rellenen con un material que permita la expansión y contracción del concreto. Cuando las áreas con agrietamientos, despostilladuras o astilladuras sean demasiado grandes para controlarlas con

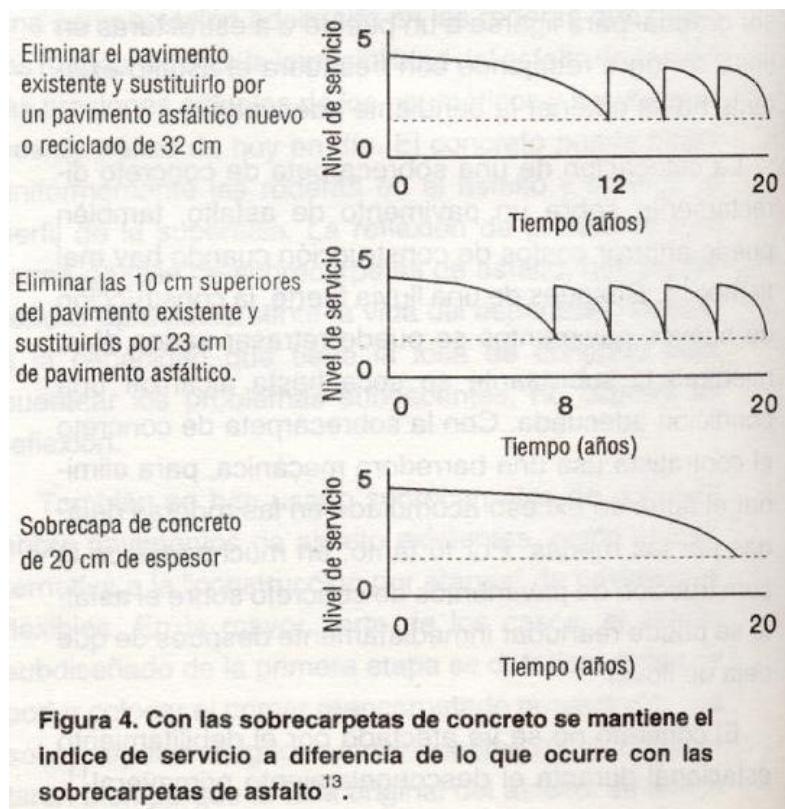
los métodos rutinarios de sellado de juntas, se harán reparaciones a base de concreto o de algún material epóxico.

Bacheado de áreas en donde se haya presentado fallas.

Las áreas con fallas en los pavimentos de concreto se repararan con concreto de cemento. Dichas áreas las marca un hombre calificado para este tipo de trabajo. Después, una cuadrilla de trabajo con martillos neumáticos u otro equipo mecánico se va rompiendo y removiendo el concreto roto, y prepara el área para la nueva superficie.

En el nuevo concreto se utilizara cemento de alta resistencia rápida. La profundidad del parche nunca será menor que el espesor de la losa existente y con frecuencia, es conveniente usar acero de refuerzo.

Cuando los parches quedan adyacentes a las juntas de expansión, estas últimas deberán ser reemplazadas. Sin embargo, las juntas de contracción o construcción se pueden omitir si el bache se extiende a través de la anchura total del pavimento.



Bombeo en pavimentos de concreto

Uno de los mayores problemas en el mantenimiento de los pavimentos de concreto es la corrección del asentamiento de la losa, provocado por el bombeo. Por lo regular, este último se caracteriza por:

- 1) la fragmentación del pavimento cerca de la línea central y una junta o grieta transversal.
- 2) la expulsión de agua a través de las juntas y grietas
- 3) manchas en la superficie del pavimento debidas al suelo de la subrasante
- 4) la presencia de burbujas de lodo a la orilla del pavimento
- 5) rotura del pavimento.

El bombeo de los pavimentos de concreto se puede prevenir con un mantenimiento adecuado del drenaje, con la corrección de las fallas del mismo y con el sellado de junta y grietas. En los lugares en que el bombeo ha avanzado hasta alcanzar un grado apreciable, esta situación se corrige por inyección o sellado subterráneo. Este procedimiento se lleva a cabo perforando algunos agujeros en la losa y forzando el paso a través de ellos de una lechada adecuada para llenar los huecos entre la subrasante y la losa.

Tratamiento de pavimentos combados.

El abombamiento o reventón de los viejos pavimentos de concreto, es un problema continuo que, por lo regular, es provocado por la expansión longitudinal y porque falla el funcionamiento adecuado de las juntas de expansión transversales. Cuando esto ocurre, es necesario con frecuencia remover la parte del pavimento que se ha dañado y reemplazarla con un parche de concreto o de material asfáltico. Cuando se nota la evidencia de una compresión externa, se pueden evitar los abombamientos y los reventones del pavimento, cortando una junta de expansión de mayor anchura si ya existe alguna, o haciendo una junta nueva a través del pavimento.

Ventajas del uso del pavimento rígido

- Requiere de una mínima preparación de la superficie dañada, consistiendo ésta en la reparación de baches y el lavado de la carpeta asfáltica, en el caso

del convencional y el fresado superficial de la carpeta para el caso del delgado, previo a la construcción de la losa de concreto (Ver figura 4.1.19).

- La vida útil del camino se incrementa a 20 años, disminuyendo drásticamente los costos por mantenimiento.
- Incrementa la luminosidad del camino, reduciendo incluso los gastos por iluminación nocturna.
- La sobrelosa de concreto es capaz de soportar -con amplios márgenes de seguridad- las cargas típicas del tráfico urbano ligero para pavimentos delgados y del pesado para pavimentos convencionales¹⁷.

Proceso constructivo

CEMEX Pavimentos señala que dentro del proceso constructivo a seguir, debe hacerse una evaluación de las condiciones existentes del pavimento deteriorado para tener la seguridad de recomendar el uso del Whitetopping y la factibilidad técnica de su aplicación. Con la información completa y detallada de la mecánica de suelos y de tránsito que se obtenga, se procede a elaborar el diseño del Whitetopping, según el tipo de camino y la vida útil esperada para el mismo. Contando con los elementos anteriores, la construcción se realiza de la siguiente manera:

1. Reparación de baches superficiales y posible fresado de las zonas que presenten deformaciones importantes y fresado continuo para pavimentos delgados.
2. Fresado y limpieza enérgica de la superficie existente para garantizar la adherencia del Whitetopping.
3. Dependiendo del proyecto, se hará la selección del sistema de colocación más adecuado.
4. Con el tramo a rehabilitar listo, se realiza el suministro de concreto hidráulico, cuidando siempre la calidad en la aplicación para garantizar el éxito del proyecto.

¹⁷ Manual de pavimentos 2010 Cementos Mexicanos

Luego de su colocación, se deberá realizar el terminado y el texturizado, evitando agregar agua a la superficie para no causar problemas de agrietamientos plásticos y pérdida de resistencia en la superficie. Se debe proteger el concreto mediante curado para evitar la pérdida de humedad y así garantizar que se alcance la resistencia indicada en el diseño.

Por último, se deberán formar las juntas de contracción del concreto, ya sea a partir de su aserrado mediante discos con punta de diamante o con la inserción de cintas de PVC, en un tiempo tal que se evite el despostillamiento del concreto y se logre, además, evitar el agrietamiento no controlado de las losas.

Así también se construirá el sistema Whitetopping de acuerdo a lo establecido en la norma N-CSV-CAR-4-02-007-03 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Para la recomendación de la construcción del pavimento mediante el sistema Whitetopping se aplicara el sistema de la Aashto y PCA¹⁸, ya que este sistema solicita conocer la distribución de las cargas del tránsito, tanto para ejes sencillos, como para sistemas tándem, considerando también los ejes triples y las diferentes cargas que circularan sobre el pavimento, por lo que se puede comentar que el método depende por consiguiente, de una investigación de transito un poco más cuidadosa, así como también se requiere conocer el módulo de reacción de la subrasante y de un valor MR de proyecto, que habrá de satisfacer el concreto que se cuele en obra.

Para la construcción del pavimento mediante el sistema Whitetopping se propone un pavimento rígido con un MR = 48 Kg/cm², una resistencia a la compresión simple de 400 Kg/cm² y una vida útil de 15 años con soportes laterales, sin pasajuntas y con el siguiente espesor

capa	Espesor (cm)	vrs
Whitetopping	10-15	-----
Carpeta asfáltica	07	-----

¹⁸ Portland Cement Association

Base estabilizada	35	-----
Subbase hidráulica	variable	-----
Subrasante	variable	-----

Criterios de diseño del pavimento rígido Whitetopping

Análisis de tránsito

Se realizó el aforo para determinar el volumen de tránsito diario promedio anual sobre el Camino Directo las Choapas-Raudales-Ocozocoautla, su composición vehicular, magnitud de las cargas, número de ejes equivalentes, frecuencia de cargas, número de repeticiones de cargas y la velocidad de aplicación de las cargas.

Se entiende como TDPA al volumen de tránsito diario promedio anual, como el promedio aritmético del número de vehículos que pasan por un lugar durante un año; de donde se hicieron los estudios de origen y destino, realizando el conteo de vehículos a través de contadores mecánicos (Ver Anexo D).

Se realizó la composición vehicular para obtener el tránsito de diseño y el cálculo de los ejes equivalentes para el carril de diseño.

Se realizó el cálculo del valor relativo de soporte de los materiales existentes sobre el Camino Directo las Choapas-Raudales-Ocozocoautla, así como su módulo de ruptura y obtención del resto de sus parámetros físicos y mecánicos y se llevó a cabo una primera corrida a través del software obtenido en la página de cementos mexicanos por el método del PCA; dándonos un espesor de 9.5 pulgadas mayor a la propuesta (Ver Anexo E).

Por lo que se realizó una segunda corrida a través del método de la Aashto obteniéndose inicialmente el módulo de reacción de la subrasante de acuerdo al material localizado en este caso se obtuvo el módulo de reacción de la base estabilizada a través del método de placas dando un factor de 1310 lbs/pulg³. El cual se utilizó para el análisis del diseño a través del método de la Aashto, dándonos como resultado el espesor sugerido de 10 cms de espesor

(Ver Anexo F); por lo que se acepta este diseño, como propuesta de mejoramiento sobre el Camino Directo las Choapas-Raudales-Ocozocoautla.

4.4 Conclusiones

En ambos tipos de pavimento tanto rígido como flexible, parece no poder existir una política más perjudicial que el ahorro en la inversión inicial de construcción, sin su debido balanceo con los costos de conservación y de operación en función del tipo de transporte predominante en la zona.

Este balanceo puede aceptar diversas opciones estratégicas, de acuerdo con los correspondientes análisis de planeación.

En conclusión tenemos que, tanto el pavimento flexible como el pavimento rígido ofrecen opciones posibles para la buena construcción de carreteras.

Ya que el pavimento rígido empieza a resultar preferente a medida que los tránsitos promedio diario son mayores y las acciones de conservación y operación un poco más espaciadas (menos acciones de operación en el periodo de 30 años comentado), por lo que estas consideraciones tienden a acentuar más la ventaja del uso de los pavimentos rígidos bajo tránsitos importantes.

En general, el costo de construcción inicial y el de conservación en el periodo de 30 años es mayor en los pavimentos rígidos que en los flexibles, si bien para tránsitos elevados el pavimento rígido presenta un ahorro en operación que le permite ser más ventajoso sobre el uso de un pavimento flexible, dentro de un balance global.

En cada caso, tanto del pavimento rígido como el flexible, se debe realizar un análisis particular que permita tomar en cuenta la disponibilidad de los materiales y que satisfagan las necesidades de calidad, para la construcción y durabilidad de la vialidad.

Así como se debe tener en cuenta el deterioro excesivo del índice de rugosidad internacional máximo de actuación, ya que los costos de conservación serían

significativamente elevados, así como el costo de oportunidad de las inversiones¹⁹.

¹⁹ Instituto Mexicano del Transporte.- Secretaria de Comunicaciones y Transportes.- Publicación Técnica No. 103 San Fandila, Qro. 1998

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

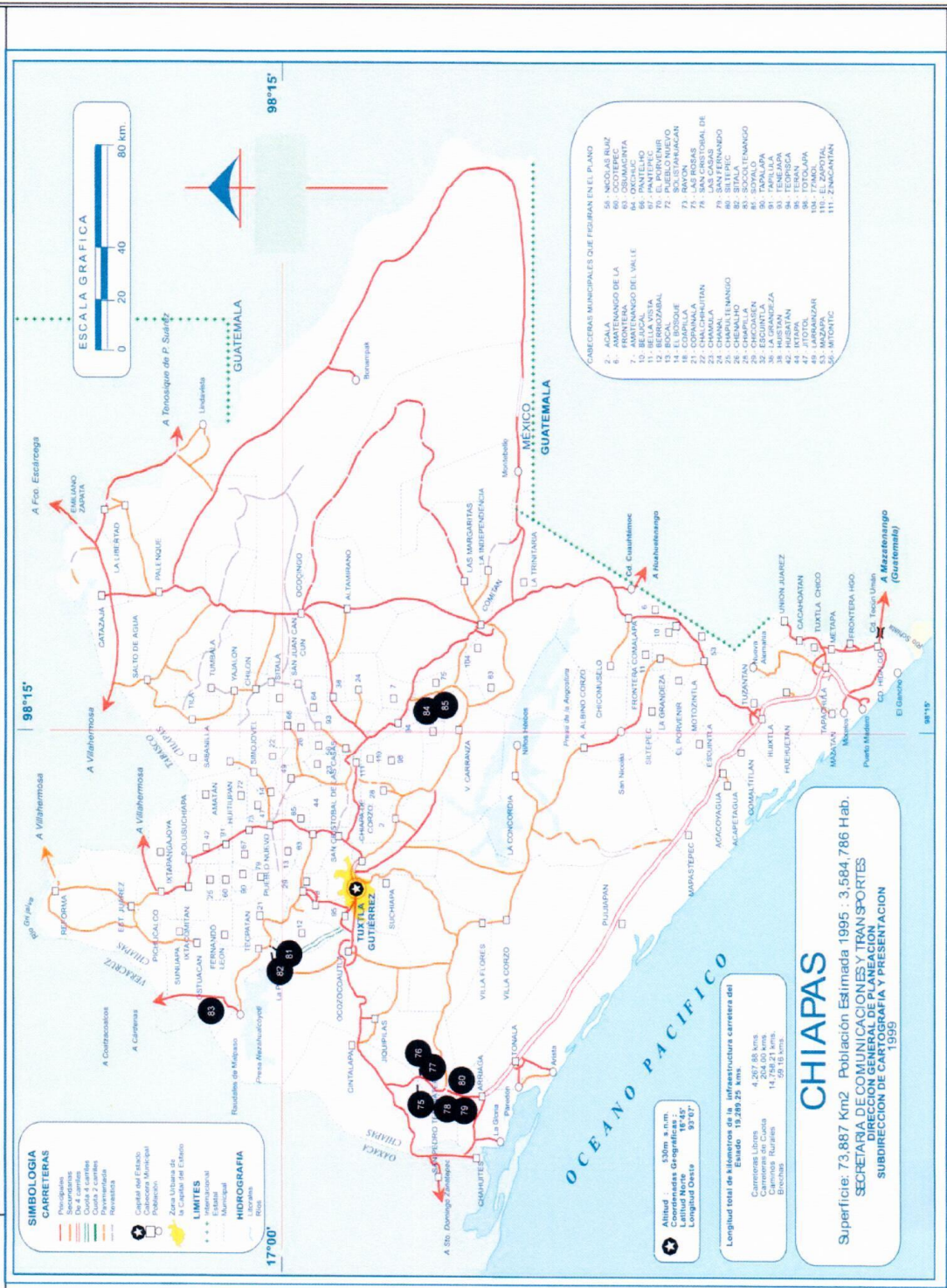
- 1.- <http://es.wikipedia.org/wiki/Chiapas#Etimolog.C3.ADa>
- 2.- <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/425/42576205.pdf> neartica y neotropical
- 3.- <http://html.rincondelvago.com/estado-mexicano-de-chiapas.html>
infraestructura
- 4.- <http://apuntesdeinvestigacion.upbbga.edu.co/wp-content/uploads/Whitetopping.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=u9GHVK3DL4eBygSBulKICQ&ved=0CDEQFjAH&usq=AFQjCNGe9ksBUADRI1ILQRgj2RA0Okr2tQ>
- 5.- http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/Catalogo_Pavimentos/Catalogo.pdf
- 6.- <http://www.cemexmexico.com/co/pdf/1Introduccion.pdf>
- 7.- <http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt233.pdf>
- 8.- La ingeniería de suelos en las vías terrestres vol. I y II.- Rico-del Castillo
- 9.- Pavimentos de Concreto Cemex/Método de Diseño Aashto.
- 10.- Normas Mexicanas para el Mantenimiento de Pavimentos Asfálticos para Carreteras/ Alfonso Mauricio Elizondo Ramírez.- Coordinador de la Normativa para la Infraestructura del Transporte.- Instituto Mexicano del Transporte.
- 11.- Normativa para la infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT)
- 12.- Normas AASHTO (“American Association of State Highway and Transportation Officials”)
- 13.- Normas NOM (Norma oficial Mexicana).
- 14.- Bases estabilizadas con cemento Rommel Correa, “Bases de Agregados Estabilizados con Cemento” (Tesis Facultad de Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
- 15.- Instituto Mexicano del Transporte.- Secretaria de Comunicaciones y Transportes.- Publicación Técnica No. 103 San Fandila, Qro. 1998
- 16.- Ingeniería de Carreteras 2da Edición.- Wright-Dixon
- 17.- Fundamentos de Ingeniería Geotécnica 4ta Edición.- Braja M. Das

ANEXOS

ANEXO A
(Inventario de Bancos de
Materiales)

LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES

HIS/11



- CARRETERAS MUNICIPALES QUE FIGURAN EN EL PLANO
1. AGUA
 2. AMATEMANGO DE LA
 3. ANTONENSA
 4. ARRIAGA
 5. BACHAJON
 6. BACHAJON DEL VALLE
 7. BECACAL
 8. BECACAL DE LA SIERRA
 9. BECACAL DE LOS CHILES
 10. BECACAL DE LOS RIOS
 11. BECACAL DE LOS RIOS
 12. BECACAL DE LOS RIOS
 13. BECACAL DE LOS RIOS
 14. BECACAL DE LOS RIOS
 15. BECACAL DE LOS RIOS
 16. BECACAL DE LOS RIOS
 17. BECACAL DE LOS RIOS
 18. BECACAL DE LOS RIOS
 19. BECACAL DE LOS RIOS
 20. BECACAL DE LOS RIOS
 21. BECACAL DE LOS RIOS
 22. BECACAL DE LOS RIOS
 23. BECACAL DE LOS RIOS
 24. BECACAL DE LOS RIOS
 25. BECACAL DE LOS RIOS
 26. BECACAL DE LOS RIOS
 27. BECACAL DE LOS RIOS
 28. BECACAL DE LOS RIOS
 29. BECACAL DE LOS RIOS
 30. BECACAL DE LOS RIOS
 31. BECACAL DE LOS RIOS
 32. BECACAL DE LOS RIOS
 33. BECACAL DE LOS RIOS
 34. BECACAL DE LOS RIOS
 35. BECACAL DE LOS RIOS
 36. BECACAL DE LOS RIOS
 37. BECACAL DE LOS RIOS
 38. BECACAL DE LOS RIOS
 39. BECACAL DE LOS RIOS
 40. BECACAL DE LOS RIOS
 41. BECACAL DE LOS RIOS
 42. BECACAL DE LOS RIOS
 43. BECACAL DE LOS RIOS
 44. BECACAL DE LOS RIOS
 45. BECACAL DE LOS RIOS
 46. BECACAL DE LOS RIOS
 47. BECACAL DE LOS RIOS
 48. BECACAL DE LOS RIOS
 49. BECACAL DE LOS RIOS
 50. BECACAL DE LOS RIOS
 51. BECACAL DE LOS RIOS
 52. BECACAL DE LOS RIOS
 53. BECACAL DE LOS RIOS
 54. BECACAL DE LOS RIOS
 55. BECACAL DE LOS RIOS
 56. BECACAL DE LOS RIOS
 57. BECACAL DE LOS RIOS
 58. BECACAL DE LOS RIOS
 59. BECACAL DE LOS RIOS
 60. BECACAL DE LOS RIOS
 61. BECACAL DE LOS RIOS
 62. BECACAL DE LOS RIOS
 63. BECACAL DE LOS RIOS
 64. BECACAL DE LOS RIOS
 65. BECACAL DE LOS RIOS
 66. BECACAL DE LOS RIOS
 67. BECACAL DE LOS RIOS
 68. BECACAL DE LOS RIOS
 69. BECACAL DE LOS RIOS
 70. BECACAL DE LOS RIOS
 71. BECACAL DE LOS RIOS
 72. BECACAL DE LOS RIOS
 73. BECACAL DE LOS RIOS
 74. BECACAL DE LOS RIOS
 75. BECACAL DE LOS RIOS
 76. BECACAL DE LOS RIOS
 77. BECACAL DE LOS RIOS
 78. BECACAL DE LOS RIOS
 79. BECACAL DE LOS RIOS
 80. BECACAL DE LOS RIOS
 81. BECACAL DE LOS RIOS
 82. BECACAL DE LOS RIOS
 83. BECACAL DE LOS RIOS
 84. BECACAL DE LOS RIOS
 85. BECACAL DE LOS RIOS
 86. BECACAL DE LOS RIOS
 87. BECACAL DE LOS RIOS
 88. BECACAL DE LOS RIOS
 89. BECACAL DE LOS RIOS
 90. BECACAL DE LOS RIOS
 91. BECACAL DE LOS RIOS
 92. BECACAL DE LOS RIOS
 93. BECACAL DE LOS RIOS
 94. BECACAL DE LOS RIOS
 95. BECACAL DE LOS RIOS
 96. BECACAL DE LOS RIOS
 97. BECACAL DE LOS RIOS
 98. BECACAL DE LOS RIOS
 99. BECACAL DE LOS RIOS
 100. BECACAL DE LOS RIOS
 101. BECACAL DE LOS RIOS
 102. BECACAL DE LOS RIOS
 103. BECACAL DE LOS RIOS
 104. BECACAL DE LOS RIOS
 105. BECACAL DE LOS RIOS
 106. BECACAL DE LOS RIOS
 107. BECACAL DE LOS RIOS
 108. BECACAL DE LOS RIOS
 109. BECACAL DE LOS RIOS
 110. BECACAL DE LOS RIOS
 111. BECACAL DE LOS RIOS

Altiplano: 500 m. s.n.m.
 Coordenadas Geográficas: 16°45' N
 Longitud Oeste: 93°37' W

Longitud total de kilómetros de la infraestructura carretera del Estado: 19,289.25 kms
 Carreteras Libres: 4,267.88 kms
 Carreteras de Cobro: 14,728.21 kms
 Carreteras de Cobro: 14,728.21 kms
 Brevetas: 59.15 kms

CHIAPAS
 Superficie: 73,887 Km² Población Estimada 1995 : 3,584,786 Hab.
 SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
 DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN
 SUBDIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA Y PRESENTACION
 1999



CENTRO SCT CHIAPAS
UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS

CHIS/12

INVENTARIO DE BANCOS DE MATERIALES 2009

CARRETERA: RAMAL LAS CRUCES - ARRIAGA

BCO. NUM.	NOMBRE	KILOMETRO	DESVIACION	FECHA ESTUDIO	FECHA DE ACT.	TIPO PROP.	TIPO MATERIAL	TRATA- MIENTO	VOLUMEN X 1000 m ³	ESPESOR DESPALME (m)	USOS PROB.	USO EXPL.	RESTRICC. ECOLOG.	ASPEC. ECONOM.
0074	CANDELARIA	013+800	D 03000	NOV/96	OCT/08	EJIDAL	ARENA DE RIO	NR	0020	00.0	10	NR	POSIBLES	REC.
0075	BAJA CALIFORNIA	015+000	I 03000	NOV/96	OCT/08	EJIDAL	ARENA DE RIO	NR	0021	00.0	10	NR	POSIBLES	REC.
0076	LIBERACIÓN	017+900	I 02000	NOV/96	OCT/08	EJIDAL	ARENA DE RIO	NR	0020	00.0	10	NR	POSIBLES	REC.
0077	LAS MUELAS	021+800	D 00200	NOV/96	OCT/08	EJIDAL	ARENA DE RIO	NR	0020	00.0	10	NR	POSIBLES	REC.
0078	TILTEPEC	023+400	D 02000	NOV/96	OCT/08	EJIDAL	ARENA DE RIO	NR	0010	00.0	10	NR	POSIBLES	REC.
0079	EL SABINO	026+800	I 09500	NOV/96	OCT/08	EJIDAL	ARENA DE RIO	NR	0017	00.0	10	NR	POSIBLES	REC.

CARRETERA: Tuxtla Gutiérrez - Chicoasén - Malpasó

0080	CERRO SANTO I	102+000	I 02000	JUN/93	OCT/08	PART.	ROCA CALIZA	D	0045	00.3	2-5-7-10	NR	CONSIDER.	REC.
0081	CERRO SANTO II	102+000	I 03500	JUN/93	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	D	0060	00.3	2-5-7-10	NR	CONSIDER.	REC.
0082	RIO CHINTUL	141+000	D 11000	JUN/93	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0025	00.0	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTE	CONVE.

CARRETERA: RAMAL EL CARMELITO - PUJILITIC

0083	LA CUCHILLA	012+500	D 00000	MAY/88	SEPT/08	PART.	ROCA CALIZA	D	0175	01.2	2-5	NR	POSIBLES	CONVE.
0084	LAS ROSAS	025+500	D 00000	MAY/88	SEPT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	D	0400	00.3	2-5	NR	POSIBLES	CONVE.

NOMENCLATURA Y ABBREVIATURAS UTILIZADAS:

- FECHA DE ACTUALIZACIÓN FED - FEDERAL EST - ESTADAL PART - PARTICULAR COM - COMUNAL	- TIPO DE MATERIAL CONG - CONGLOMERADO VOLC - VOLCANICO - USO DE EXPLOSIVOS NR - NO REQUIERE SR - SIN RESTRICCIONES	- TRATAMIENTO NR - NO REQUIERE C - CRIBADO TP - TRITURACION PARCIAL TTL - TRITURACION TOTAL L - LAVADO TPC - TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO	- TIPO DE PROPIEDAD EJIDAL - EJIDAL PART. - PARTICIPACION PARCIAL Y LAVADO FED. - ESTABILIZACION CON ASFALTO EPC - ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND	- USOS PROBABLES 1 - REVESTIMIENTO 2 - SUBBALASTO 3 - BALASTO 4 - BALASTO 5 - CONCRETO ASFALTICO 6 - MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR	- USOS PROHIBIDOS 8 - SELLO 9 - PASADIZO 10 - CONCRETO HIDRAULICO 11 - ESCOLLERAS	- RESTRICCIONES ECOLOGICAS CONSIDER - CONSIDERABLE - ASPECTOS ECONOMICOS CONVE - CONVENIENTE REC - RECOMENDABLE NO REC - NO RECOMENDABLE
---	--	---	---	--	--	---



CENTRO SCT CHIAPAS
UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS

CHIS/16

INVENTARIO DE BANCOS DE MATERIALES 2009

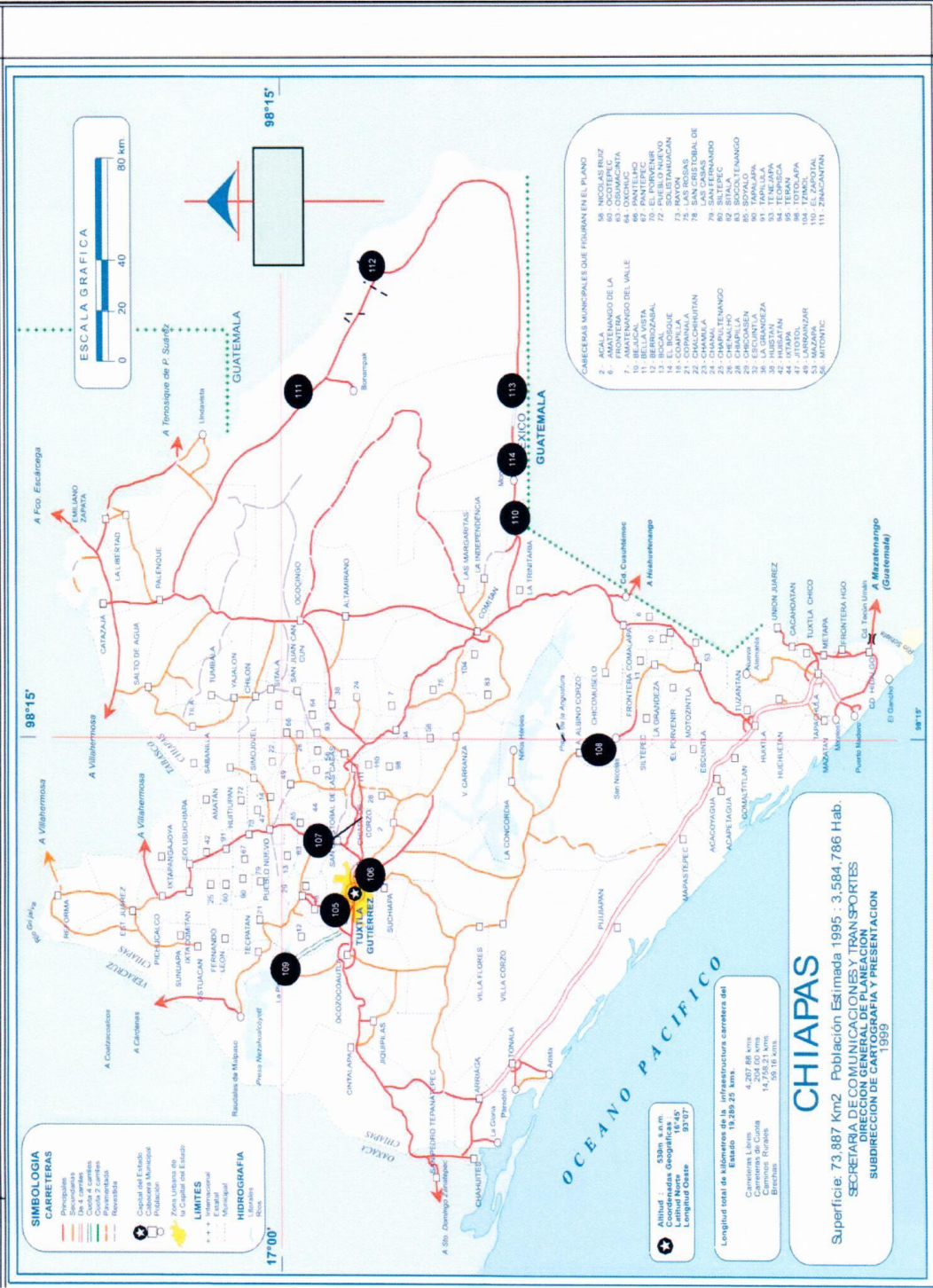
CARRETERA: FRONTERIZA DEL SUR (ORIGEN SHUPÁ)

BCO. NUM.	NOMBRE	KILOMETRO	DESVIACION	FECHA ESTUDIO	FECHA DE ACT.	TIPO PROP.	TIPO MATERIAL	TRATAMIENTO	VOLUMEN X 1000 m ³	ESPESOR DESPALME (m)	USOS PROB.	USO EXPL.	RESTRIC. ECOLOG.	ASPEC. ECONOM.
0092	LACANTUN	177+080	I 00150	MAR/96	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0030	00.0	2-5-6-7-8-10	NR	POSIBLES	CONVE.
0093	CHAVÍN	182+240	D 06000	MAR/96	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0050	00.0	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTE	CONVE.
0094	EL MOLLEJÓN	186+100	D 08000	ABR/96	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0060	00.0	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTE	CONVE.
0095	PICO DE ORO	194+540	D 28000	ABR/96	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0100	00.0	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTE	CONVE.
0096	SAN ANTONIO	214+240	I 12000	ABR/96	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0150	00.0	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTE	CONVE.
CARRETERA: ANGEL ALBINO CORZO - SILTEPEC														
0097	MATASANO	54+000	D 35000	JUL/98	OCT/08	FED.	GRAVA - ARENA	TPC	0020	00.2	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTE	CONVE.
CARRETERA: BUENOS AIRES - EL PORVENIR - SILTEPEC														
0098	BENITO JUÁREZ	012+700	I 00000	JUL/98	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	TPC	0100	00.5	2-5-6-7-10	SR	POSIBLES	CONVE.
CARRETERA: AUTOPISTA TUXTLA GUTIÉRREZ - SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS														
0099	UNIVERSIDAD	009+030	I 00150	SEP/99	OCT/08	FED.	ROCA CALIZA	TTC	0198	00.3	2-5-7	SR	CONSIDER.	CONVE.
0100	CONIUM	023+200	I 00050	SEP/99	OCT/08	FED.	ROCA CALIZA	TTC	0297	00.3	2-5-7	SR	CONSIDER.	CONVE.
0101	SAN FELIPE	042+080	I 00900	SEP/99	OCT/08	EJID.	ROCA CALIZA	TTC	0298	00.3	2-5-7	SR	CONSIDER.	CONVE.
0102	SAN CRISTÓBAL I	043+500	D 00070	SEP/99	OCT/08	FED.	ROCA CALIZA	TTC	0198	00.3	2-5-7	SR	CONSIDER.	CONVE.
0103	SAN CRISTÓBAL II	044+300	D 00100	SEP/99	OCT/08	FED.	ROCA CALIZA	TTC	0196	00.3	2-5-7	SR	CONSIDER.	CONVE.

NOMENCLATURA Y ABBREVIATURAS UTILIZADAS:	
FECHA DE ACTIVACION	FECHA DE ACT.
TIPO DE MATERIAL	TIPO DE MATERIAL
COND. CONGLOMERADO	COND. CONGLOMERADO
VOLC. VOLCANICO	VOLC. VOLCANICO
USO DE EXPLOSIVOS	USO DE EXPLOSIVOS
MR. MUNICIPAL	MR. MUNICIPAL
EST. ESTADAL	EST. ESTADAL
COM. COMUNAL	COM. COMUNAL
TRATAMIENTO	TRATAMIENTO
NR. NO REQUIERE	NR. NO REQUIERE
D. DISREGACION	D. DISREGACION
TP. TRITURACION PARCIAL	TP. TRITURACION PARCIAL
TT. TRITURACION TOTAL	TT. TRITURACION TOTAL
TPC. TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO	TPC. TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO
TTC. TRITURACION TOTAL Y CRIBADO	TTC. TRITURACION TOTAL Y CRIBADO
CL. CRIBADO Y LAVADO	CL. CRIBADO Y LAVADO
TL. TRITURACION PARCIAL Y LAVADO	TL. TRITURACION PARCIAL Y LAVADO
TTL. TRITURACION TOTAL Y LAVADO	TTL. TRITURACION TOTAL Y LAVADO
TPCL. TRITURACION PARCIAL CRIBADO Y LAVADO	TPCL. TRITURACION PARCIAL CRIBADO Y LAVADO
ETP. ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND	ETP. ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND
USOS PROBABLES	USOS PROBABLES
1. REVESTIMIENTO	1. REVESTIMIENTO
2. SUB-BASE	2. SUB-BASE
3. BALASTO	3. BALASTO
4. BALASTO	4. BALASTO
5. BASE	5. BASE
6. MEZCLA ASFALTICA	6. MEZCLA ASFALTICA
7. MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR	7. MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR
8. SELLO	8. SELLO
9. MANPOSTERA	9. MANPOSTERA
10. DRENAJE	10. DRENAJE
11. ESCOLLERAS	11. ESCOLLERAS
RESTRICCIONES ECOLOGICAS	RESTRICCIONES ECOLOGICAS
CONSIDER. CONSIDERABLE	CONSIDER. CONSIDERABLE
ASPECTOS ECONOMICOS	ASPECTOS ECONOMICOS
CONVE. CONVENIENTE	CONVE. CONVENIENTE
ACTP. ACTUABLE	ACTP. ACTUABLE
NO REC. NO RECOMENDABLE	NO REC. NO RECOMENDABLE

LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES

CHIS/17



SIMBOLOGIA

CARRETERAS

- Carretera Federal
- Carretera Estatal
- Carretera Municipal
- Carretera Comunal
- Carretera Privada
- Carretera de Intercambio
- Carretera de Mantenimiento
- Carretera de Emergencia
- Carretera de Bypass
- Carretera de Bypass
- Carretera de Bypass

OTROS

- Capital del Estado
- Capital del Municipio
- Zona Urbana de
- Capital del Estado

LIMITES

- Estatal
- Municipal
- Comunal

HIDROGRAFIA

- Rios
- Lagos
- Embalses

- CABECERAS MUNICIPALES QUE FIGURAN EN EL PLANO
1. ACALA
 2. AMATENANGO DEL VALLE
 3. AMATENANGO DEL VALLE
 4. OCHUC
 5. BELICHA
 6. PANTELCO
 7. BERRIOZABAL
 8. SOLISTANUAGAN
 9. EL BOSQUE
 10. COMILLA
 11. RAJON
 12. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 13. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 14. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 15. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 16. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 17. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 18. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 19. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 20. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 21. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 22. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 23. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 24. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 25. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 26. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 27. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 28. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 29. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 30. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 31. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 32. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 33. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 34. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 35. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 36. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 37. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 38. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 39. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 40. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 41. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 42. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 43. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 44. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 45. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 46. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 47. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 48. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 49. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 50. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 51. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 52. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 53. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 54. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 55. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 56. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 57. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 58. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 59. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 60. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 61. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 62. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 63. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 64. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 65. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 66. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 67. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 68. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 69. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 70. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 71. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 72. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 73. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 74. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 75. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 76. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 77. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 78. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 79. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 80. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 81. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 82. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 83. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 84. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 85. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 86. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 87. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 88. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 89. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 90. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 91. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 92. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 93. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 94. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 95. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 96. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 97. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 98. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 99. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 100. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 101. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 102. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 103. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 104. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 105. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 106. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 107. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 108. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 109. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 110. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 111. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 112. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 113. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 114. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 115. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 116. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 117. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 118. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 119. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 120. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 121. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 122. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 123. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 124. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 125. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 126. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 127. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 128. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 129. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 130. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 131. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 132. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 133. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 134. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 135. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 136. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 137. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 138. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 139. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 140. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 141. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 142. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 143. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 144. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 145. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 146. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 147. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 148. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 149. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 150. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 151. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 152. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 153. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 154. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 155. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 156. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 157. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 158. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 159. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 160. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 161. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 162. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 163. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 164. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 165. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 166. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 167. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 168. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 169. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 170. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 171. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 172. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 173. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 174. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 175. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 176. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 177. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 178. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 179. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 180. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 181. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 182. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 183. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 184. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 185. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 186. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 187. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 188. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 189. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 190. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 191. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 192. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 193. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 194. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 195. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 196. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 197. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 198. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 199. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS
 200. SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS

Chiapas
 Superficie: 33,817 Km²
 Coordenadas Geográficas: 16° 49' N, 92° 31' W
 Longitud Oeste: 92° 31'

Longitud total de kilómetros de la infraestructura carretera del Estado: 19,289.25 km

Carreteras Leve: 4,287.88 km
 Carreteras Rurales: 14,736.21 km
 Caminos Rurales: 14,736.21 km
 Brevetas: 56.16 km

CHIAPAS

Superficie: 73,887 Km² Población Estimada 1995: 3,584,786 Hab.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
 DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACION
 SUBDIRECCION DE CARTOGRAFIA Y PRESENTACION
 1999



CENTRO SCT CHIAPAS
UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS

CHIS/18

INVENTARIO DE BANCOS DE MATERIALES 2009

CARRETERA: TAPANATEPEC - TUXTLA GUTIÉRREZ

BCO. NUM.	NOMBRE	KILOMETRO	DESVIACION	FECHA ESTUDIO	FECHA DE ACT.	TIPO PROP.	TIPO MATERIAL	TRATA-MIENTO	VOLUMEN X 1000 m ³	ESPESOR DESPALME (m)	USOS PROB.	USO EXPL.	RESTRIC. ECOLOG.	ASPEC. ECONOM.
0104	MACTUMACTZA	148+800	D 8000	JUL/01	OCT/08	PART	ROCA CALIZA	TTC	0194	00.8	2-5-6-7-10	SR	CONSIDER.	CONVE.
CARRETERA: TUXTLA GUTIÉRREZ - CD. CUAUHTÉMOC														
0105	SAN JOAQUIN	007+800	D 34000	JUL/01	OCT/08	FED	GRAVA - ARENA DE RIO	TPC	0120	00.1	2-5-6-7-8-10	NR	NO EXISTEN	CONVE.
0106	LAS PERAS	087+500	I 01500	JUL/01	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	DC	0050	01.0	2-5-6-7-10	NR	IMPORTANTE	CONVE.
CARRETERA: ANGEL ALBINO CORZO - SILTEPEC														
0107	ANGEL DIAZ	059+200	D 02000	JUL/01	OCT/08	PART	ROCA ARENISA	TTC	0100	00.5	2-5-6-7-10	SR	IMPORTANTE	REC.
AUTOPISTA: MÉXICO - TUXTLA GUTIÉRREZ (C).														
0108	LA PIMENTA	183+870	AL 00000	JUL/01	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	TTC	0250	01.0	2-5-6-7-10	SR	IMPORTANTE	REC.
CARRETERA: RAMAL A LAGOS DE MONTEBELLO.														
0109	MORELOS	024+700	D 11000	JUL/01	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	DC	0200	01.0	1-2-5-10	NR	IMPORTANTE	REC.
CARRETERA: FRONTERIZA DEL SUR (ORIGEN SHUPÁ).														
0110	SAN JAVIER	123+500	I 00100	JUL/01	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	TPC	0300	01.0	2-5-6-7-10	SR	CONSIDER.	REC.
0111	COROZAL	137+000	I 19000	JUL/01	OCT/08	FED	GRAVA - ARENA DE RIO	TPC	0080	00.0	2-5-7-8-10	NR	NO EXISTEN	CONVE.
0112	DOS LAGUNAS	408+800	I 00000	JUL/01	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	DC	0100	00.5	2-5-6-7-10	NR	CONSIDER.	CONVE.
0113	TZISCAO	417+200	I 00000	JUL/01	OCT/08	EJIDAL	ROCA CALIZA	D	0120	01.0	1	NR	CONSIDER.	CONVE.

NOMENCLATURA Y ABBREVIATURAS UTILIZADAS:

- FECHA DE ACTUALIZACION (FECHA DE ACT)**
 - CONG - CONGLOMERADO
 - VOLC - VOLCANICO
- TIPO DE MATERIAL**
 - NR - NO REQUIERE
 - CONG - CONGLOMERADO
 - DC - CRIBADO
 - TP - TRITURACION PARCIAL
 - TP - TRITURACION TOTAL
 - L - LAVADO
 - TPC - TRITURACION PARCIAL Y CRIBADO
- TIPO DE PROPIEDAD**
 - FED - FEDERAL
 - EST - ESTADAL
 - NR - NO REQUIERE
 - SR - SIN RESTRICCIONES
 - COM - COMUNAL
- USOS PROBABLES**
 - 1 - REVESTIMIENTO
 - 2 - SUBBALASTO
 - 3 - SUBBALASTO
 - 4 - BALASTO
 - 5 - CONCRETO ASFALTICO
 - 6 - CONCRETO ASFALTICO
 - 7 - MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR
- RESTRICCIONES ECOLOGICAS**
 - CONSIDER - CONSIDERABLE
 - NO REC - NO RECOMENDABLE
- ASPECTOS ECONOMICOS**
 - CONVE - CONVENIENTE
 - REC - RECOMENDABLE
 - NO REC - NO RECOMENDABLE
- USO EXPL.**
 - 8 - SELLO
 - 9 - BARRERA
 - 10 - CONCRETO HIDRAULICO
 - 11 - ESCOLLERAS

ANEXO B
(Especificaciones
Particulares de
Construcción)

El licitante deberá contar con la maquinaria y equipo adecuado, deberá acreditar la propiedad de la maquinaria y equipo que se propongan para realizar estos trabajos así como su ubicación, con factura original o copia certificada; lo cual el organismo verificara físicamente de su existencia y funcionalidad. **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

De presentar en su propuesta la maquinaria como rentada, deberá presentar una carta compromiso original del arrendatario dentro de la propuesta técnica, **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

Deberá presentar en el acto de apertura técnica las copias de facturas de la maquinaria y equipo y originales para cotejarse. **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

E.P.3.- BASE ESTABILIZADA, (FORMADA CON EL MATERIAL DE RECUPERACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y CEMENTO PORTLAND).

DEFINICIÓN: Es la capa que se construirá con agregados pétreos producto de la recuperación de materiales del pavimento existente, mezclándolos con agua, para constituir una base homogenizada, con la forma y dimensiones indicados en el proyecto y/o lo ordene el Organismo, mediante su corte, disgregación, mezclado, homogeneizado y compactación en 2 capas.

EJECUCIÓN: En los tramos indicados en el proyecto y/o donde lo ordene el Organismo, sobre la superficie de rodamiento fresada, se esparcirá uniformemente la cantidad requerida de agua, con el material obtenido de la recuperación estructural del pavimento en 35 cm. de espesor, incluido parte de la carpeta asfáltica actual y la base hidráulica existente, A continuación se efectuará la recuperación del pavimento existente (carpeta y base) mediante corte, disgregado (3.8 cm. máximo) y mezclado con una máquina recuperadora, hasta una profundidad promedio de 35 cm. medidos desde el nivel superior de la carpeta asfáltica.

Simultáneamente al corte, disgregado y mezclado se deberá añadir agua mediante un estricto control; el porcentaje de humedad óptima de la mezcla obtenida, será la que se obtenga directamente en campo, mediante la prueba de calidad ASSHTO modificada (5 capas), lo cual será responsabilidad del contratista.

Una vez terminado el proceso anterior se tenderá y nivelará la base estabilizada para dar el bombeo de proyecto geométrico mismo que se le proporcionara al licitante ganador para proceder a su compactación al 95 % de la prueba AASHTO modificada 5 capas.

Para el proceso de compactación se utilizará un rodillo vibratorio pata de cabra con tambor de 84", o se pueden adaptar las patas a un rodillo liso vibratorio en tandem con tambores de 84". Hasta alcanzar el 100% de PVSM determinado con la prueba AASHTO modificada. Esta compactación se realizara en dos capas.

Se desperdiciara el material producto de recuperación sobrante con respecto al espesor de la base a construir, se retirará el material de desperdicio al banco de tiro que autorice el organismo, considerando un acarreo libre a cinco kilómetros.

Mediante tramos de prueba, se determinará el número de pasadas y se definirá la velocidad de recorrido del equipo compactador, así como la amplitud y la frecuencia de oscilación del equipo vibratorio. Los ajustes topográficos se efectuarán con motoconformadora convencional, para dar el espesor de la capa compactada según las líneas y los niveles de proyecto, incluido el bombeo en la base estabilizada.

La conciliación de los procesos anteriores, será directamente indicada y evaluada en campo con el Supervisor de este Organismo para su validación.

MEDICIÓN: La recuperación del pavimento existente (carpeta y base) para formar la base estabilizada, se medirá tomando en cuenta como unidad el metro cúbico (m³), según las líneas y niveles de proyecto, con aproximación a dos decimales. Para efecto de pago se considerará el volumen resultante del espesor de proyecto y secciones transversales.

BASE DE PAGO: El pago por unidad de obra terminada de recuperación del pavimento existente (carpeta y base) para formación de la base hidráulica, se hará al precio unitario fijado en el contrato para el metro cúbico; este precio incluye lo que corresponda por: mano de obra, maquinaria mayor, herramienta, corte en frío y disgregación del material, adición de agua mezclado, tendido y compactación del material recuperado, los cargos por utilización del equipo adicional necesario, desperdicios, peajes, acarreos y los tiempos de los vehículos empleados durante la cargas y descargas, así como todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto a satisfacción del Organismo

EL LICITANTE DEBERÁ CONTAR CON LA MAQUINARIA Y EQUIPO SE SU PROPIEDAD NECESARIO PARA PODER GARANTIZAR EL AVANCE EN 2 (DOS) FRENTE DE TRABAJO SIMULTÁNEAMENTE.

El licitante deberá contar con la maquinaria y equipo adecuado, deberá acreditar la propiedad de la maquinaria y equipo que se propongan para realizar estos trabajos así como su ubicación, con factura original o copia certificada; lo cual el organismo verificara físicamente de su existencia y funcionalidad. **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

De presentar en su propuesta la maquinaria como rentada, deberá presentar una carta compromiso original del arrendatario dentro de la propuesta técnica, indicando ubicación de la maquinaria y el número de serie del mismo para su verificación por el organismo, **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

Deberá presentar en el acto de apertura técnica las copias de facturas de la maquinaria y equipo y originales y/o carta de arrendamiento original para cotejarse. **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

En los acarreos de todos los materiales pétreos a los sitios de colocación (tiro) se aplicarán las tarifas de fleteros de la zona de la obra, que estén vigentes a partir de la fecha de concurso o podrán utilizarse camiones propios de la empresa, anexando en su propuesta técnica por escrito ya sea el acuerdo para realizar dichos acarreos con vehículos de la empresa o la carta compromiso sin montos para la prestación del servicio por parte de las uniones de Transportistas que intervengan por la zona donde se llevarán acabo los trabajos. **EL NO PRESENTAR LAS CARTAS COMPROMISO ORIGINALES DE TODAS LAS UNIONES DE TRANSPORTISTAS QUE INTERVINEN POR LA ZONA DONDE SE REALIZARAN LOS TRABAJOS SERA MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

El licitante deberá anexar además, en su propuesta una carta compromiso en original con las tarifas actuales de acarreos de materiales pétreos expedida por la Unión de Transportistas local que les proporcionará el servicio. **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

La suspensión del servicio de acarreos de materiales pétreos, no será motivo ni justificación para diferir el programa de ejecución de la obra, ni procederá reclamo alguno por este motivo.

El contratista deberá agregar en su propuesta un croquis de ubicación del banco elegido y planta de asfaltos, indicando las distancias de acarreos del banco de materiales a la trituradora, de la trituradora a la planta de asfaltos y de la planta de asfaltos al centro de gravedad de la obra, señalando la longitud de acarreos sobre pavimento y sobre terracerías. **LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

Deberán considerar para la totalidad de los acarreos y los materiales, todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos, por lo que cualquier error en la cuantificación de acarreos por el proponente es exclusivamente responsabilidad de la empresa licitante, no reconociéndose reclamación posterior de ninguna índole, manifestando mediante carta de conformidad que ha tomado en consideración todos los aspectos de distancias para acarreos de materiales desde su explotación, producción, suministros y destino final. **ESTA CARTA DEBERÁ ANEXARLA EN SU PROPUESTA TÉCNICA LA OMISIÓN SERÁ MOTIVO DE DESCALIFICACIÓN.**

E.P.4.- CEMENTO PORTLAND (PARA MEJORAR EL MATERIAL RECUPERADO Y HOMOGENEIZADO).

EJECUCIÓN: El mejoramiento del material recuperado y homogeneizado será aplicada con cemento Portland, el necesario para obtener una resistencia a la comprensión simple en corazones extraídos en esta capa a los 28 días de edad de 150 kg /cm², la aplicación del cemento Portland sobre el material recuperado se deberá realizar con un equipo dosificador que evite la dispersión al momento de la descarga, deberá proponer el tipo de equipo dosificador en la relación de maquinaria, no se autoriza la incorporación del cemento Portland si la empresa no utiliza el equipo dosificador y/o el suministro con almejas, esto para evitar la contaminación y el riesgo de un accidente en las áreas de trabajo (se recomienda en este apartado utilizar un tren de reciclaje en tandem compuesto por una máquina WR2500 y una mezcladora de lechada WM 1000 o similar).

El cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidráulico adicionado de lo siguiente:

a) Agua y/o sulfato de calcio no tratado, en proporciones tales que se cumplan los requisitos químicos que se señalarán más adelante.

b) Se podrá adicionar otros materiales en el proceso de fabricación del cemento Portland, siempre que no sean perjudiciales y no afectan las propiedades químicas y físicas.

El cemento Portland se clasifica en los siguientes tipos I, II, III, IV y V. El cemento Portland en cada uno de los cinco tipos cumplirá los requisitos químicos especificados en la tabla siguiente:

REQUISITOS QUIMICOS

Componentes	i	ii	iii	iv	v
Bióxido de silicio (sio), mínimo %		21			
Oxido de aluminio (al2o3), máximo %		6			
Oxido férrico (fe2o3), máximo %		6		6.5	
Oxido de magnesio (mgo), máximo %	5	5	5	5	5
Trióxido de azufre (so3):					
Cuando 3cao.al2o3 es 8% o menor, máximo %	2.5	2.5	3	2.3	2.3
Cuando 3cao.al2o3 es mayor de 8%, máximo %	3		4		
Pérdida por calcinación, máximo %	3	3	3	2.5	3
Residuo insoluble, máximo %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

ANEXO C
(Resultados Obtenidos
Mediante Pruebas de
Laboratorio)

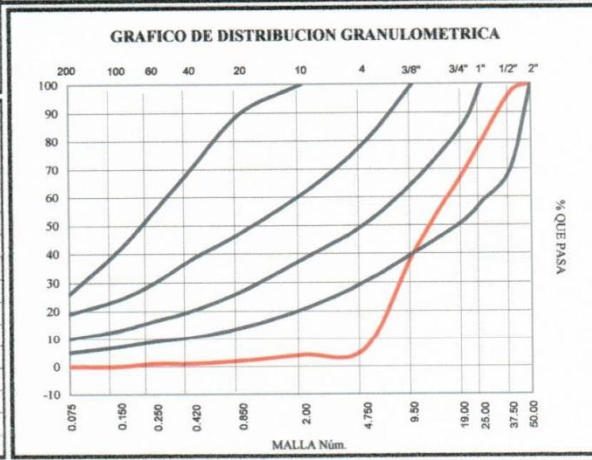
**INFORME DE ENSAYES EN MATERIAL PARA
SU EMPLEO EN CAPA BASE HIDRAULICA
CON CEMENTO PORTLAND.**

OBRA REHABILITACION DE PAVIMENTO EXISTENTE CUERPO UNICO	ENSAYES No	009
LOCALIZACION : TRAMO KM 129+160 AL KM 180+000	FECHA DE RECIBO:	21/07/2008
	FECHA DE INFORME:	22/07/2008

DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL :	CALIZA ALTERADA
	CLASE DE DEPÓSITO MUESTREADO :	ALMACEN EN PLANTA TRITURADORA
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO :	TRITURADO PARCIAL
	UBICACION DEL BANCO :	BANCO EL TRIUNFO KM 163+200 DESV. DER. A 3200 MTS

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	1,515	P.V.S.M. AASHTO kg/m ³	
P.E. MAXIMO kg/m ³		HUMEDAD ÓPTIMA AASHTO, en %	
w OPTIMA %			
P.E. DEL LUGAR kg/m ³			
HUMEDAD DE LUGAR %			
COMPACTACIÓN, %			

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA	MALLA	% RETENIDO
		EN 50.00
	EN 37.50	— — — —
	50.00	100
	37.50	97
	25.00	80
	19.00	68
	9.500	40
	4.750	6
	2.00	4
	0.850	2
	0.420	1
	0.250	1
	0.150	0
	0.075	0



V.R.S. ESTÁNDAR %	100 MIN	PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA No. 9.5 mm	
EXPANSIÓN %		ABSORCIÓN %	1.00
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²		DENSIDAD	2.45
EQUIVALENTE DE ARENA %	50 MIN	DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA No. 0.425			
LÍMITE LÍQUIDO %	25 MAX	EQUIV. HUM. DE CAMPO %	
LÍMITE PLÁSTICO %	6 MAX	CONTRACCIÓN LINEAL %	2 MAX
ÍNDICE PLÁSTICO %		CLASIFICACIÓN SCT SUCS	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:
 COMO SE PUEDE OBSERVAR Y DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EL MATERIAL ANALIZADO PRESENTA UNA CALIDAD ACEPTABLE PARA LA FORMACION DE CAPA BASE RECUPERADA CON CEMENTO PORTLAND

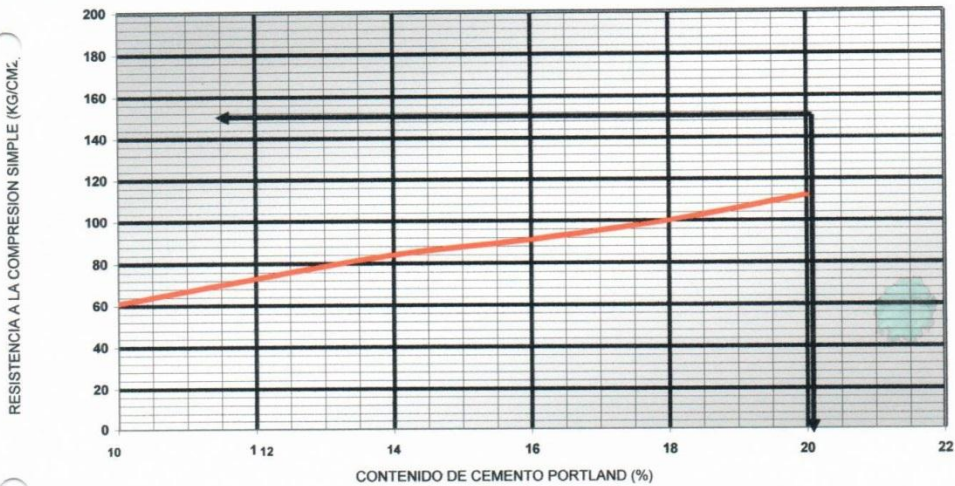
DISEÑO SUELO - CEMENTO (MEJORAMIENTO DEL MATERIAL RECUPERADO EXISTENTE CON CEMENTO PORTLAND)

OBRA: REHABILITACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE DEL KM 129+160 AL KM 180+000 DEL CAMINO DIRECTO DE LA CHOAPAS - RAUDALES - OCOZOCAUTLA

ENSAYE No. O1
 FECHA DE RECIBO: 26/jun/2008
 FECHA DE INFORME: 03/jul/2008

MATERIAL PARA CAPA DE: BASE HIDRAULICA MEJORADA CON CEMENTO PORTLAND Y 30% DE MATERIAL DE 1 1/2" A N° 4 ESTUDIO CON ESTOS PORCENTAJES (12%, 14%, 16%, 18%, Y 20%) DE CEMENTO PORTLAND Y 30% DE GRAVA TRITURADA DE 1 1/2" A No. 4)

OBJETO DEL ENSAYE: ESTUDIO (X) REVISIÓN ()



ESPECIMEN No.	0	O1	O4	O7	10	13
CEMENTO PORTLAND (%)	0	12	14	16	18	18
CARGA DE RUPTURA (KGS)	0	12917	14896	16097	17599	19790
AREA DE CARGA (CM2)	0.0	176.7	176.7	176.7	176.7	176.7
RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	0.0	73.1	84.3	91.1	99.6	112.0
% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO		48.7	56.2	60.7	66.4	74.7
EDAD DE PRUEBA (DIAS)		7	7	7	7	7
RESISTENCIA DE PROYECTO (KG/CM2)		150	150	150	150	150

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS A LA EDAD DE 7 DIAS DANDO UN RESULTADO PRELIMINAR SE INFORMA QUE CON EL 18% DE CEMENTO CEMENTO PORTLAND OBTENEMOS LOS 150 KGS./CM2 DE PROYECTO

NOTA: ESPERAMOS LOS RESULTADOS A LA EDAD DE 14 DIAS PARA VERIFICAR COMO EVOLUCIONA EL ESTUDIO REALIZADO

INFORME DE ENSAYES DE CONCRETO HIDRAULICO						
OBRA:		REHABILITACION DE PAVIMENTO EXISTENTE		ENSAYE No.		02,05,08,11,14
LOCALIZACION:		129+160 AL KM. 180+000. DEL CAMINO DIRECTO		FECHA DE RECIBO:		26/06/2008
		LAS CHOAPAS - RAUDALES - OCOZOCOAUTLA		FECHA DE INFORME:		10/07/2008
IDENTIFICACION	ENSAYE No.	O2-B	O5-B	O8-B	11-B	14-B
	MUESTRA No:	O1	O2	O3	O4	O5
	TOMADA DE	ESTUDIO CEMENTO PORTLAND				
DATOS PREVIOS	PROPORCIONAMINETO	f'c (Kg/cm2)	150	150	150	150
		REV. PROYECTO cm				
	No. _____	CEMENTO MARCA Y TIPO				
	DE FECHA	CONSUMO CEMENTO	12%	14%	16%	18%
	ADICIONANTE, MARCA Y TIPO: _____	CANTIDAD PROY. FINALIDAD				
DATOS DE LA OBRA	CEMENTO	MARCA Y TIPO	TOLTECA CPR - 30			
		CONSUMO				
	ADICIONANTE, MARCA Y TIPO: _____	CANTIDAD USADA				
		FINALIDAD				
		EQUIPO DE MEZCLADO Y SU CAPACIDAD				
		TIPO DE VIBRADOR UTILIZADO	COMPACTACION AASTHO MODIFICADO			
DATOS DEL ESPECIMEN	DIAMETRO, cm.	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	SECCION, cm. 2	176.7	176.7	176.7	176.7	176.7
	FECHA DE COLADO	26/06/2008				
	FECHA DE RUPTURA	10/07/2008				
	EDAD, DIAS	14	14	14	14	14
DATOS DEL ENSAYE	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL				
	PROCEDIMIENTO DE CURADO	INMERSION TOTAL EN AGUA				
	CARGA DE RUPTURA Kg	17600	19300	21100	23100	24800
	RESISTENCIA Kg/cm 2	99.60	109.22	119.41	130.73	140.35
	% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO	66	73	80	87	94
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:		LAS RESISTENCIAS OBTENIDOS ALA EDAD DE 14 DIAS				
		SE INFORMA QUE PARA ALCANZAR LA RESISTENCIA DE 150 KGS/CM2 SE REQUIERE UN 18% DE CEMENTO PORTLAND.				
		NOTA : EN BASE A COMO EVOLUCIONE SE DARÁ EL DICTAMEN FINAL				

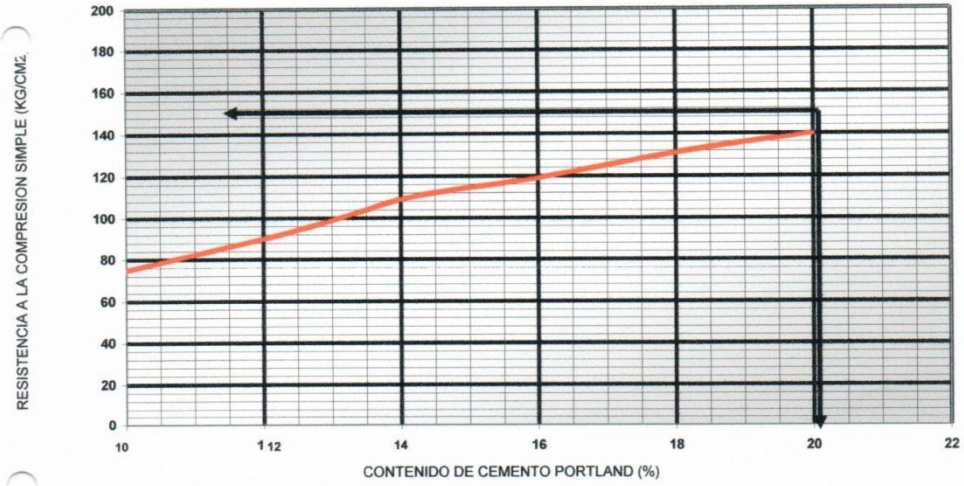
DISEÑO SUELO - CEMENTO (MEJORAMIENTO DEL MATERIAL RECUPERADO EXISTENTE CON CEMENTO PORTLAND)

OBRA: REHABILITACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE DEL KM 129+160 AL KM 180+000 DEL CAMINO DIRECTO DE LA CHOAPAS - RAUDALES - OCOZOCOAUTLA

ENSAYE No. O1
 FECHA DE RECIBO: 26/jun/2008
 FECHA DE INFORME: 10/jul/2008

MATERIAL PARA CAPA DE: BASE HIDRAULICA MEJORADA CON CEMENTO PORTLAND Y 30% DE MATERIAL DE 1 1/2" A N° 4 ESTUDIO CON ESTOS PORCENTAJES (12%, 14%, 16%, 18%, Y 20%) DE CEMENTO PORTLAND Y 30% DE GRAVA TRITURADA DE 1 1/2" A No. 4)

OBJETO DEL ENSAYE: ESTUDIO (X) REVISIÓN ()



ESPECIMEN No.	0	O2	O5	O8	11	14
CEMENTO PORTLAND (%)	0	12	14	16	18	18
CARGA DE RUPTURA (KGS)	0	15938	19296	21098	23095	24791
AREA DE CARGA (CM2)	0.0	176.7	176.7	176.7	176.7	176.7
RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	0.0	90.2	109.2	119.4	130.7	140.3
% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO		66.4	72.8	79.6	87.1	93.5
EDAD DE PRUEBA (DIAS)		14	14	14	14	14
RESISTENCIA DE PROYECTO (KG/CM2)		150	150	150	150	150

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS A LA EDAD DE 14 DIAS DANDO UN RESULTADO PRELIMINAR SE INFORMA QUE CON EL 18% DE CEMENTO PORTLAND OBTENEMOS LOS 150 KGS./CM2 DE PROYECTO

NOTA :ESPERAMOS LOS RESULTADOS A LA EDAD DE 28 DIAS PARA VER EL DICTAMEN FINAL DE EL ESTUDIO REALIZADO

INFORME DE ENSAYES DE CONCRETO HIDRAULICO						
OBRA:		REHABILITACION DE PAVIMENTO EXISTENTE	ENSAYE No.		03,06,09,12,15	
LIZACION:		129+160 AL KM. 180+000. DEL CAMINO DIRECTO	FECHA DE RECIBO:		26/06/2008	
		LAS CHOAPAS - RAUDALES - OCOZOCOAUTLA	FECHA DE INFORME:		24/07/2008	
IDENTIFICACION	ENSAYE No.	03 - C	06-C	09-C	12-C	15-C
	MUESTRA No:	01	02	03	04	05
	TOMADA DE	ESTUDIO CEMENTO PORTLAND				
DATOS PREVIOS	PROPORCIONAMINETO	f'c (Kg/cm2)	150	150	150	150
		REV. PROYECTO cm				
	No.	CEMENTO MARCA Y TIPO				
	DE FECHA	CONSUMO CEMENTO	12%	14%	16%	18%
	ADICIONANTE, MARCA Y TIPO:	CANTIDAD PROY. FINALIDAD				
DATOS DE LA OBRA	CEMENTO	MARCA Y TIPO	TOLTECA CPR - 30			
		CONSUMO				
	ADICIONANTE, MARCA Y TIPO:	CANTIDAD USADA FINALIDAD				
		EQUIPO DE MEZCLADO Y SU CAPACIDAD				
		TIPO DE VIBRADOR UTILIZADO	COMPACTACION AASTHO MODIFICADO			
		AGUA, CONSUMO POR SACO REVENIMIENTO cm.				
DATOS DEL ESPECIMEN	DIAMETRO, cm.	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	SECCION, cm. 2	176.7	176.7	176.7	176.7	176.7
	FECHA DE COLADO			26/06/2008		
	FECHA DE RUPTURA			24/07/2008		
	EDAD, DIAS	28	28	28	28	28
DATOS DEL ENSAYE	TIPO DE PRUEBA	COMPRESION AXIAL				
	PROCEDIMIENTO DE CURADO	INMERSION TOTAL EN AGUA				
	CARGA DE RUPTURA Kg	19900	22000	24900	27400	31000
	RESISTENCIA Kg/cm 2	112.62	124.50	140.92	155.07	175.44
	% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO	75	83	94	103	117
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:						
COMO SE PUEDE OBSERVAR EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE INFORMA QUE DE ACUERDO AL						
AL ESTUDIO REALIZADO CON UN 18% DE CEMENTO PORTLAND. SE PUEDE ALCANZAR LA RESISTENCIA QUE MARCA						
PROYECTO 150 KGS/CM2 DE ACUERDO A SU PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO						

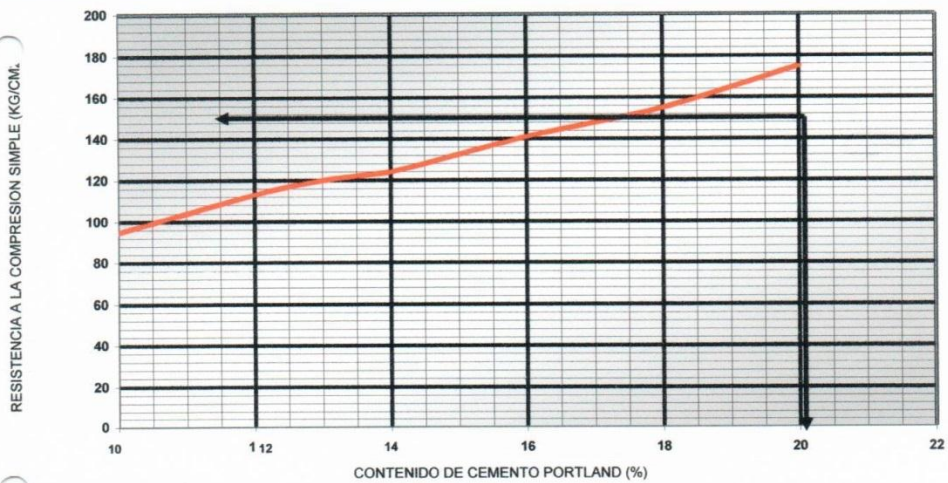
DISEÑO SUELO - CEMENTO (MEJORAMIENTO DEL MATERIAL RECUPERADO EXISTENTE CON CEMENTO PORTLAND)

OBRA: REHABILITACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE DEL KM 129+160 AL KM 180+000 DEL CAMINO DIRECTO DE LA CHOAPAS - RAUDALES - OCOZOCOAUTLA

ENSAYE No. O1
 FECHA DE RECIBO: 26/jun/2008
 FECHA DE INFORME: 24/jul/2008

MATERIAL PARA CAPA DE: BASE HIDRAULICA MEJORADA CON CEMENTO PORTLAND Y 30% DE MATERIAL DE 11/2" A N° 4 ESTUDIO CON ESTOS PORCENTAJES (12%, 14%, 16%, 18%, Y 20%) DE CEMENTO PORTLAND Y 30% DE GRAVA TRITURADA DE 1 1/2" A No. 4)

OBJETO DEL ENSAYE: ESTUDIO (X) REVISIÓN ()



ESPECIMEN No.	0	O3	O6	O9	12	15
CEMENTO PORTLAND (%)	0	12	14	16	18	18
CARGA DE RUPTURA (KGS)	0	19900	21999	24897	27389	30993
AREA DE CARGA (CM2)	0.0	176.7	176.7	176.7	176.7	176.7
RESISTENCIA A LA COMPRESION (KG/CM2)	0.0	112.6	124.5	140.9	155.0	175.4
% DE LA RESISTENCIA DE PROYECTO		75.1	83.0	93.9	103.3	116.9
EDAD DE PRUEBA (DIAS)		28	28	28	28	28
RESISTENCIA DE PROYECTO (KG/CM2)		150	150	150	150	150

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS A LA EDAD DE 28 DIAS SE INFORMA QUE CON EL 18% DE CEMENTO CEMENTO PORTLAND OBTENEMOS LOS 150 KGS./CM2 DE PROYECTO

NOTA : YA EN EL TRAMO EN CONSTRUCCIÓN SE ARA LOS AJUSTES NECESARIOS PARA CUMPLIR CON LO QUE MARCA PROYECTO

CÁLCULO PARA INCORPORAR EL 18 PORCIENTO DE CEMENTO PORTLAND

LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	M3
100 M	4.0	0.25	100.00

CÁLCULO EN KILOGRAMOS

PESO DEL MATERIAL RECUPERADO +	PESO DE LA GRAVA =	PESO TOTAL
203,490	61,047	264,573 Kg

CONVERTIR A VOLUMEN

PESO TOTAL DEL MATERIAL + GRAVA /	PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO DE LA MEZCLA	M3
264,537 Kg /	1,550	170. 6 M3

AGREGAR EL 18 PORCIENTO DE CEMENTO PORTLAND EN Kg

PESO TOTAL DEL MATERIAL x	18 % DE CEMENTO PORTLAND	CEMENTO EN Kg
264,537 Kg x	18 %	47,616 Kg

AGREGAR EL 18 PORCIENTO DE CEMENTO EN VOLUMEN

M3 DE MATERIAL	Kg DE CEMENTO	Kg DE CEMENTO PORTLAND POR M3
170. 6 M3 /	47,616 Kg	279.10 Kg/M3

ESTO EQUIVALE A QUE POR CADA 100 METROS LINEALES SE LE INCORPORARAN 47,616 Kg DE CEMENTO PORTLAND Y POR CADA METRO SE LE INCORPORARAN 476.16 Kg

EJEMPLO PARA EL CÁLCULO
AUTOTANQUE DE 30,000 Kg ENTRE 476.16 Kg = 63 METROS LINEALES.

ANEXO D
(Cálculo del tránsito de
Diseño)

Método AASHTO de los Estados Unidos de Norteamérica.

Calculo de los ejes sencillos equivalentes.

TRANSITO DIARIO EN DOS DIRECCIONES		FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRANSITO		TRANSITO DE DISEÑO (A X C 365)	FACTOR DE CAMION ESAL'S	ESAL'S DE DISEÑO (D X E)
TIPO DE VEHICULOS	NUM. DE VEHICULOS	TASA DE CRECIMIENT O ANUAL	FACTOR			
A	2341	4%	29.78	25445968	0.0004	10178
B	480	4%	29.78	5217456	2.303	12015801
C2	432	4%	29.78	4695710	2.303	10814220
C3	315	4%	29.78	3423956	2.243	7679933
T2-S2	24	4%	29.78	260873	4.273	1114710
T3-S3	345	4%	29.78	3750047	3.493	13098914
T3-S3	74	4%	29.78	804358	8.393	6750977
T3-S2-R4	409	4%	29.78	4445707	8.333	37046076
TDPA	4420					88530809

Calculo de los ejes sencillos equivalentes ESAL'S en el carril de diseño.

% de Camiones = **50**
 % de distribucion de carril = **50**
 ESAL'S de diseño = **22132702.3**

Método AASHTO de los Estados Unidos de Norteamérica.

State: Job Number: tesis
Agency: CAPUFE Location: Puebla, Puebla
Company:
Contractor: CAPUFE
Engineer: Federico Floriberto Gomez Claudio

=====
Flexible Analysis
=====

Structural Number = 3.50
Design E 18's = 31,306,490
Reliability = 90.00 percent
Overall Deviation = 0.45
Resilient Modulus = 30,000.0 psi
Initial Serviceability = 4.50
Terminal Serviceability = 2.50

Layer Number	Layer Coefficient	Drainage Coefficient	Layer Thickness	a(i)*Cd*t
=====	== a (i) ==	==== Cd ===	=== t ===	=====
1	0.44	1.00	3.40	1.50
2	0.34	0.75	4.40	1.12
3	0.12	0.75	9.84	0.89
				=====
				Total SN = 3.50

CALCULO DE LA COLUMNA E

VEHICULO	A		B		C2		C3		T3-S2		
NO. DE EJE	1S	2S	1s	2s	1s	2s	1s	2D	1s	2D	3D
WTON=	1	1	5.5	10	5.5	10	5.5	18	5.5	18	18
lb	2203	2203	12115	22026	12115	22026	12115	39648	12115	39648	39648
kib=	2.203	2.203	12.115	22.026	12.115	22.026	12.115	39.648	12.115	39.648	39.648
ESAL'S	0.0002	0.0002	0.213	2.09	0.213	2.09	0.213	2.03	0.213	2.03	2.03
PT=	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
SN=	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
KIP=	2	2	12	22	12	22	12	40	12	40	40

T3-S3			T3-S2-R3				T3-S2-R4					
1s	2D	3T	1S	2D	3D	4S	5D	1S	2D	3D	4S	5D
5.5	18	22.5	5.5	18	18	10	18	5.5	18	18	18	18
12115	39648	49559	12115	39648	39648	22026	39648	12115	39648	39648	39648	39648
12.115	39.648	49.559	12.115	39.648	39.648	22.026	39.648	12.115	39.648	39.648	39.648	39.648
0.213	2.03	1.25	0.213	2.03	2.03	2.09	2.03	0.213	2.03	2.03	2.03	2.03
2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	40	50	12	40	40	22	40	12	40	40	40	40

ANEXO E
(Cálculo a través del
método del PCA)

Proyecto:

Espesor propuesto:
 K Subrasante - Sub base:
 Modulo de Ruptura MR:
 Factor de seguridad de la carga, LSF:

9.5 pulg
 130 lb/pulg3
 650 lb/pulg2
 1.2

Juntas tipo espiga:
 Acotamiento de concreto:
 Periodo de diseño:
 Observaciones:

20 años
 Se propone subbase de 6 pulg sin tratamiento

Carga por eje Kips Multiplicada por LSF Repeticiones esperadas Analisis por fatiga Analisis por erosion

Repeticiones Adm. Fatiga % Repeticiones Adm. Daño %

Esfuerzo equivalente:
 Factor de Razon de esfuerzo:

206 Factor de erosion: 2.59
 0.317

Para ejes simples

30	36.00	6310	27000	23.37%	1500000	0.42%
28	33.60	14690	77000	19.08%	2200000	0.67%
26	31.20	30140	230000	13.10%	3500000	0.86%
24	28.80	64410	1200000	5.37%	5900000	1.09%
22	26.40	106900	-	-	11000000	0.97%
20	24.00	235800	-	-	23000000	1.03%
18	21.60	307200	-	-	64000000	0.48%
16	19.20	422500	-	-	-	-
14	16.80	586900	-	-	-	-
12	14.40	1831000	-	-	-	-

Esfuerzo equivalente:
 Factor de Razon de esfuerzo:

192 Factor de erosion: 2.79
 0.295

Para ejes tandem

52	62.40	21320	1100000	1.94%	920000	2.32%
48	57.60	42810	-	-	1500000	2.85%
44	52.80	124900	-	-	2500000	5.00%
40	48.00	372900	-	-	4600000	8.11%
36	43.20	885800	-	-	9500000	9.32%
32	38.40	930700	-	-	24000000	3.88%
28	33.60	1656000	-	-	92000000	1.80%
24	28.80	984900	-	-	-	-
20	24.00	1227000	-	-	-	-
16	19.20	1356000	-	-	-	-
TOTAL						38.79%

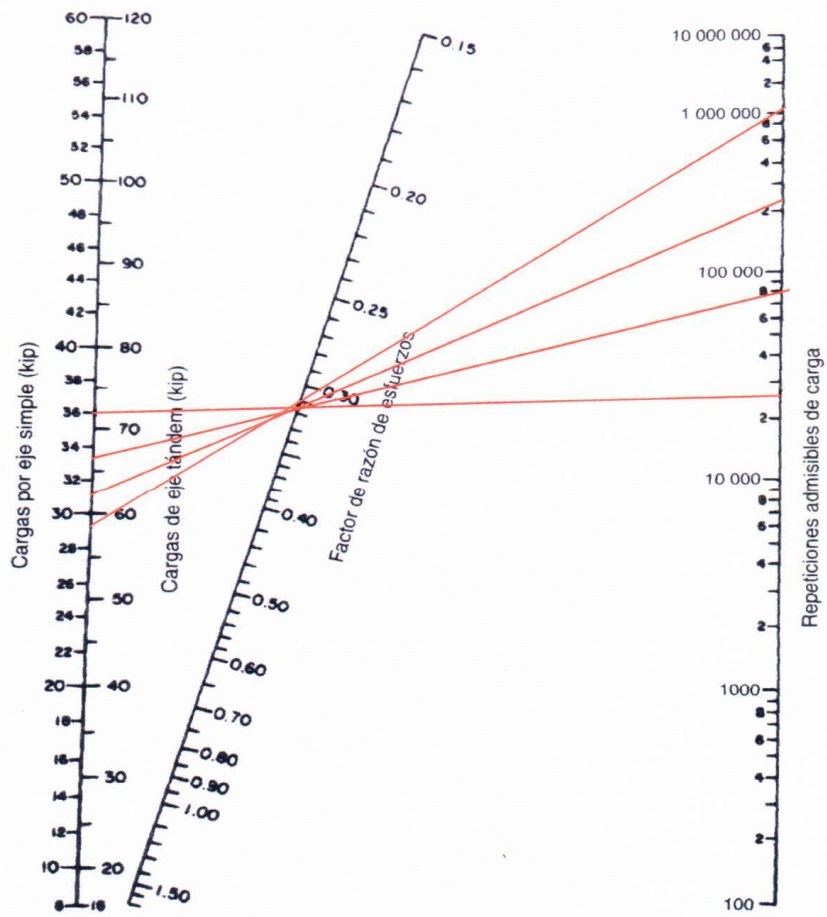
62.86% PASA POR FATIGA

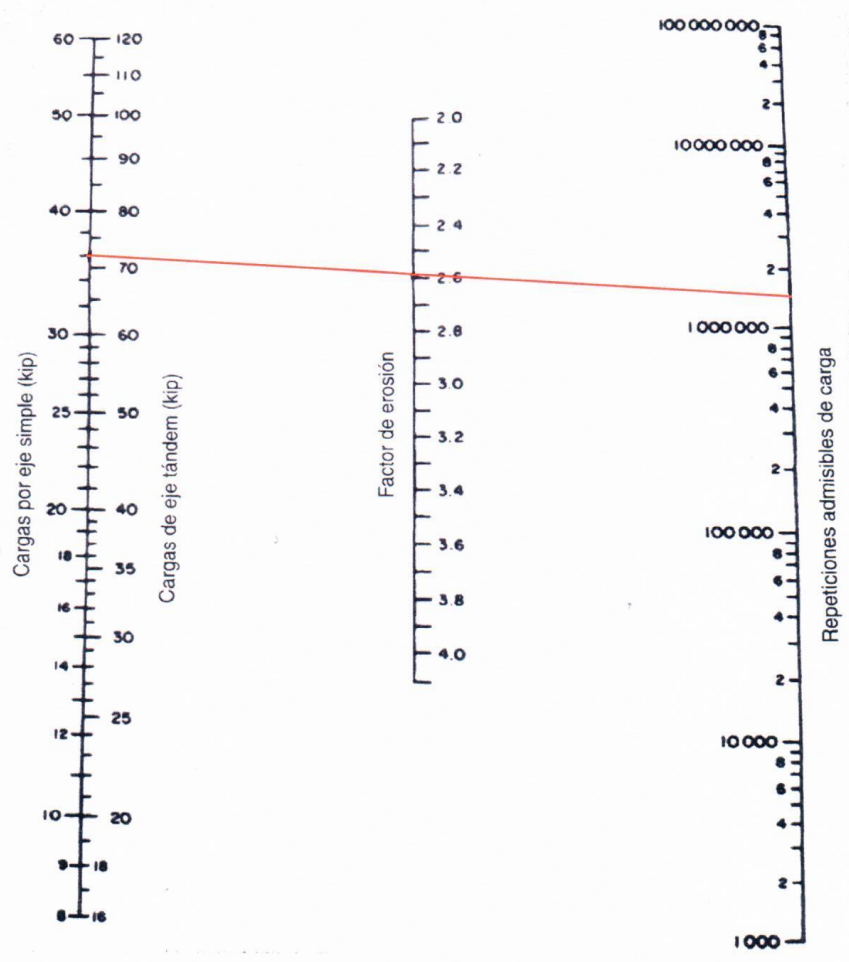
38.79% PASA POR EROSION

Espesor de la losa (pulg)	k de subrasante-sub base (lb/pulg ³) (Eje simple/eje tandem)						
	50	100	150	200	300	500	700
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

Portland

Espesor de la losa (pulg)	<i>k</i> de subrasante-sub base (lb/pulg ²) (Eje simple/eje tandem)					
	50	100	200	300	500	700
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19





ANEXO F

(Cálculo a través del
método de la AASHTO)

