

41121  
6



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

CAMPUS ARAGON

INGENIERIA CIVIL



TEMA DE TESIS:

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO, CON EL METODO DE  
LA CIMBRA DESLIZANTE

REALIZA: CASTRO CAMPOS EDUARDO.

ASESOR DE TESIS:

ING. RODRÍGUEZ CORDERO RICARDO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# PAGINACION

# DISCONTINUA

## AGRADECIMIENTO

*Con un gran amor, cariño y agradecimiento a MI MADRE, a mi familia a todos aquellos que me consideran parte de la suya, a mis amigos, profesores y a las instituciones que me han formado y me han permitido llegar a este nivel.*

*El presente agradecimiento lo hago en especial a todos aquellos que han creído en mí, que me han brindado su apoyo en todo momento, sin el empuje de todas y cada una de las personas que me rodean, que me han rodeado, y que en todo momento han estado conmigo, no se habría logrado lo que hoy se logra, por ello digo que este es uno de nuestros triunfos.*

*Sin una madre que me ha brindado la oportunidad de llegar a ser un profesionalista, no importando todas las carencias que hubiera para poder solventar mis estudios; sin una familia que me apoya y me da ánimos para seguir adelante cada día; sin alguien muy especial que me alienta y me incita a ser cada vez mejor, sin grandes personas que me han rodeado y han puesto su confianza en mí, no habría logrado lo que soy.*

## GRACIAS

*Con mucho amor y cariño*

*Eduardo Castro Campos*

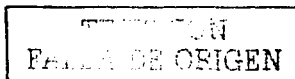
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*DEDICATORIAS*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ÍNDICE.

<b>INDICE</b>		<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>		<b>4</b>
<b>CAPITULO 1</b>		
<b>GENERALIDADES</b>		<b>6</b>
<b>1.1 PAVIMENTOS</b>		<b>7</b>
Tipos de pavimentos: pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, pavimentos de concreto asfáltico, adoquines, empedrados.		
<b>1.2 TERRACERIAS.</b>		<b>11</b>
Terraplenes, subrasante, funciones de la subrasante.		
<b>1.3 COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS.</b>		<b>13</b>
Capa sub. – base y capa base, carpeta o losa, mejoramiento o estabilización de capas, estabilizaciones.		
<b>1.4 REQUISITOS DE LAS CAPAS DE APOYO.</b>		<b>16</b>
Pruebas de laboratorio: plasticidad, Índice plástico, límite plástico, permeabilidad. Propiedades de los suelos: granulometría, resistencia a la degradación, prueba portar estándar, peso volumétrico seco máximo (PVSM) y humedad óptima ( $W_o$ ), expansión, valor relativo de soporte (VRS), ensayos de compactación (prueba de placa en campo para la obtención de $k$ modulo de reacción a las capas de apoyo. Tabla de correlación entre resistencias y tipo de suelo.		
<b>CAPITULO 2.</b>		
<b>PAVIMENTOS RIGIDOS</b>		<b>23</b>
<b>2.1 CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO.</b>		<b>24</b>
Cemento, agregados (arena y grava), aditivos, características de los aditivos, características del concreto.		



<b>2.2 CONCEPTOS DE DISEÑO</b>	<b>30</b>
Diseño por el método de la PCA (Asociación del Cemento Portland): esfuerzos en pavimentos rígidos, tránsito, características del tránsito, análisis de tránsito, factores aplicables al tránsito	

<b>2.3 METODO DE LA PCA SECUENCIA DE CALCULO.</b>	<b>43</b>
Criterio por fatiga y criterio por erosión. Secuencia de calculo. juntas en pavimentos rígidos, sellantes en juntas.	

## **CAPITULO 3**

<b>PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO CON EL METODO DE LA CIMBRA DESLIZANTE.</b>	<b>59</b>
---	-----------

<b>3.1 MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	<b>60</b>
--------------------------------	-----------

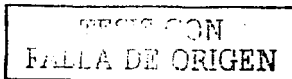
Para la elaboración y transportación del concreto. Para la colocación y terminación del pavimento. Mantenimiento y reparación de los equipos.

<b>3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS CON CIMBRA DESLIZANTE.</b>	<b>69</b>
--	-----------

Procedimiento constructivo de la capa subrasante. Procedimiento constructivo para bases y/o sub-bases. Mezclado del concreto, preparación de la pavimentadora de cimbra deslizante, tendido de la línea guía, inicio de los trabajos, transportación del concreto, pavimentación con cimbra deslizante, terminación, colocación de barras de sujeción o pasa juntas, texturizado, curado del concreto, modulación de losas, corte o aserrado de juntas, limpieza y sello de juntas, consideraciones importantes, personal especializado necesario. Control de calidad.

## **CAPITULO 4**

<b>COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE.</b>	<b>90</b>
---	-----------



<b>4.1</b>	<b>DIFERENCIAS ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO.</b>	<b>91</b>
<b>4.2</b>	<b>DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN CONDICIONES SIMILARES.</b>	<b>92</b>
<b>4.3</b>	<b>COMPARACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DISEÑADOS</b>	<b>105</b>

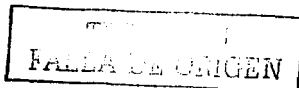
## **CAPITULO 5**

	<b>CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.</b>	<b>108</b>
<b>5.1</b>	<b>DETECCIÓN DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS.</b> Índice de servicio, guía para calificar.	<b>109</b>
<b>5.2</b>	<b>MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.</b> Mantenimiento por sobre carpeta o Whitetopping.	<b>113</b>
	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>116</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>117</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## INTRODUCCIÓN.



En México actualmente se requiere de mayor infraestructura para la agilización de las distintas actividades que se realizan dentro de su territorio, por lo que surge la necesidad de dotar al país de obras cada vez mayores, que por la situación económica actual, se debe de realizar con una política de "hacer más con menos" todo basado en la calidad de los productos finales; es factible realizar lo anterior contando con tecnologías adecuadas para llevar a cabo cada uno de los trabajos u obras por realizar, teniendo en cuenta y sin menospreciar el importantísimo aspecto humano que es indispensable, el cual se integra a la parte de tecnología ya que debemos de contar con la capacitación necesaria para el desarrollo de su labor con eficacia, eficiencia y calidad; si se cuenta con el material necesario, es completamente posible realizar los trabajos con las características y especificaciones deseadas, de lo contrario se pueden realizar obras con un bajo costo pero sin las especificaciones deseadas, de mala calidad y a largo plazo con mayores deficiencias así como mayores gastos de mantenimiento que una obra realizada con los requerimientos de mano de obra, materiales, así como la maquinaria y equipo mas adecuados para su realización.

Los caminos, carreteras y autopistas forman parte de la infraestructura necesaria para México, por lo que se deben de buscar las mejores alternativas entre las diferentes opciones que nos presenta el mercado, para poder determinar cual es la mas recomendable según las características de la obra o en este caso el camino a proyectar.

Los principales objetivos del presente trabajo son proporcionar las características de los pavimentos rígidos además de promoverlos como una opción viable para la construcción de nuevos caminos dadas sus características; dar a conocer la tecnología de la cimbra deslizante que se utiliza y su procedimiento constructivo que influyen en gran medida a la disminución de costos de este tipo de pavimento, así como las ventajas que presenta al compararlo con una estructura de pavimento que es la mas utilizada en nuestro país, y que se lleve a cabo un mantenimiento preventivo en las obras por diferentes que sean para que tengan un buen funcionamiento durante su vida útil.

Dentro de las estructuras de pavimentos tenemos diferentes tipos, existen los que son utilizados en las ciudades para dar estética a los lugares, de ellos se pueden mencionar el adocreto, la piedra bola, y los empedrados, así como los que además de emplearse en las ciudades se utilizan en carreteras o en grandes autopistas, podemos decir que, los pavimentos flexibles del que forman parte los de concreto asfáltico, y los pavimentos rígidos o de concreto hidráulico, son los dominantes.

Las características de cada tipo de pavimento nos lleva a que cada uno de ellos cuenta con una diferente estructuración y a un diferente costo inicial de construcción.

En los pavimentos rígidos también existen divisiones pero en este caso solamente se tocara lo referente a los pavimentos de concreto simple con pasajuntas.

Las especificaciones para los pavimentos rígidos para los materiales en las capas de apoyo, la construcción de la losa, los aditamentos en juntas y el acabado de las mismas están regidos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) por medio de su normatividad en cuanto al diseño y construcción de caminos; el diseño de los pavimentos rígidos que se presenta es el de la Portland Cement Association (PCA) por considerar el método mas accesible para entender los principales aspectos que se toman en cuenta para el diseño de pavimentos rígidos, en el cual se utilizan tablas, graficas y algunos otros apoyos que se pueden manejar mecánicamente. Existen algunos otros métodos como el ASSTHO el cual por medio de un programa de computadora es resuelto, en el mismo caso tenemos a una compañía mexicana de cemento (CEMEX) la cual cuenta con un portal en Internet que permite realizar un diseño de pavimentos rígidos ya sea por el método de la PCA o por el método ASSTHO por medio de un software instalado en su pagina ([www.cemex.com.mx](http://www.cemex.com.mx)) los cuales solamente se introducen los datos necesarios para poder obtener ya el diseño y dimensiones de la estructura.

El procedimiento constructivo de un pavimento rígido con cimbra deslizable se describe paso a paso según la ejecución de una obra, realizando una descripción general, tomando en cuenta que las obras son diferentes y que en cada una de ellas surgirán problemas o dificultades diferentes que se resolverán según las circunstancias.

Se presentan los equipos que se utilizan en la construcción de una losa en los pavimentos rígidos, así como para sus complementos en juntas y el terminado de la superficie de rodamiento.

El realizar una comparativa de costos entre dos tipos de pavimentos (pavimento de concreto asfáltico (flexible) y pavimento de concreto hidráulico (rígido) en condiciones semejantes nos llevará a tener una mejor perspectiva para tomar decisiones en la construcción de nuevas obras y determinar cual puede ser nuestra mejor alternativa.

Por ultimo se tocará un tema que es de suma importancia en toda obra, el mantenimiento, ya que debemos de tener una cultura de mantenimiento y en este caso el como, cuando y porque se debe de dar el mantenimiento preventivo como el mantenimiento correctivo, para no tener que llegar al mantenimiento mayor como reencarpetao dentro del periodo considerado como vida útil de nuestra obra.

## **CAPITULO 1**

### **> GENERALIDADES**

En México como en el resto del mundo los problemas que se presentan han llevado al hombre a crear soluciones, con el nacimiento de la rueda y las carretas jaladas por animales llega también la necesidad de mejores caminos, para un mejor transporte de personas o de productos con una mayor comodidad y rapidez.

Según la historia los primeros caminos fueron construidos por espartanos y fenicios, tiempo después los romanos construyeron en la actual Italia, en varios puntos de Europa, el continente Africano y en Asia con el fin de extender sus dominios.

Así las diferentes culturas de entonces fueron creando técnicas que servían para poder mejorar las condiciones de los caminos, los terrenos sobre los cuales se encontraban los trayectos de camino colocaban rocas para evitar que los ruedas de las carretas se incrustaran en el terreno, estas rocas podían ser, machacadas solamente, hasta ser colocados de forma que se llegaba a los empedrados como los de la vía Apia en roma. Las rocas se colocaban para transmitir las cargas con mayor uniformidad al camino y que al pasar los vehículos (carretas) no sufrieran ruptura estructural o deformaciones.

Desde entonces se han preocupado por el mejoramiento de las condiciones de distribución de esfuerzos en zonas cada vez más amplias dando comienzo al acondicionamiento de capas con diferentes características.

Con la aparición del automóvil, las condiciones requeridas para los caminos fueron cada vez mayores, tanto en su geometría como en su estructura, por el número de vehículos que en ellos circulan y peso principalmente.

Poco a poco, conforme pasaba el tiempo se implantaron diferentes formas mejoradas para transmitir los cargas dando para ello ciertas condiciones, naciendo entonces los pavimentos como una estructura.

# **TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

## 1.1 PAVIMENTOS.

Es la *estructura formada por un conjunto de capas* (sub. base, base, carpetas o losas), de materiales seleccionados, con diferentes condiciones comprendidos entre la terracería y la superficie de rodamiento de las obras viales sus principales funciones son las de *recibir y resistir los esfuerzos de tránsito* para transmitirlos adecuadamente a las capas interiores y a la terracería así como el de proporcionar una superficie de rodamiento para que el tránsito se efectuó en forma cómoda y rápida.

Se toman en cuenta las teorías de esfuerzos de los suelos así como las pruebas realizadas a los materiales que constituyen las capas para obtener sus propiedades físicas comprobar que tienen la calidad suficiente para resistir.

En las capas de los pavimentos que se localizan a mayor profundidad, los materiales pueden ser de menor calidad tomando en cuenta que a mayor profundidad se tendrá un menor esfuerzo.

Los materiales de las terracerías deben de cumplir con normas menores se utiliza un menor rigor que en las constituyen las capas de los pavimentos esto permite tener una terracería económica, Se utilizan materiales extraídos de cortes laterales o de cortes realizados con anterioridad, La calidad de las capas de un pavimento deben de relacionarse entre sí, ya que esto influye en el cálculo y estructuración de los pavimentos así como en lo económico.

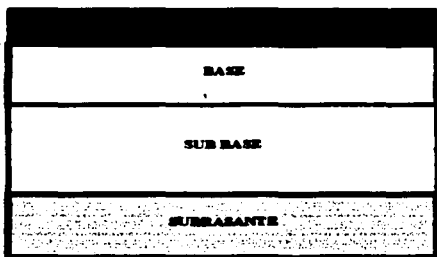
### • TIPOS DE PAVIMENTOS

Los pavimentos se clasifican en dos tipos de acuerdo a los materiales que constituyen su superficie de rodamiento, su estructuración así como las propiedades que los mismos materiales les proporcionan.

### o PAVIMENTOS FLEXIBLES.

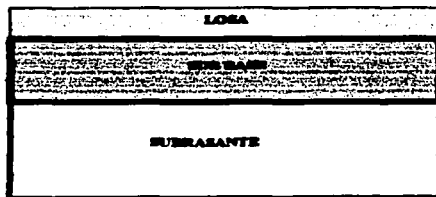
La superficie de rodamiento esta constituida por una *carpeta asfáltica* que transmite los esfuerzos de tránsito a las capas inferiores por medio de las características de cohesión y fricción de los materiales, teniendo la propiedad de flexibilidad que permite que la carpeta asfáltica sufra pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que se dé la falla estructural.

La estructura general de un pavimento flexible es.



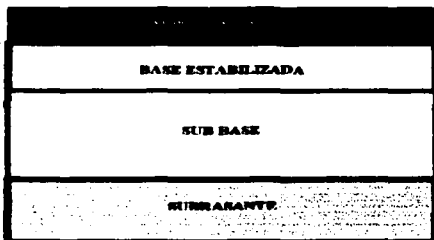
o **PAVIMENTOS RÍGIDOS**

En este tipo de pavimento la superficie de rodamiento está formada por una losa de concreto hidráulico, los esfuerzos del tránsito son transmitidos a las capas inferiores por toda el área de la losa y la de las losas adyacentes, siendo este un trabajo de conjunto; Las losas tienen una falla frágil, no permite deformaciones sin falla estructural. En cuanto a su estructura teóricamente es posible colocar la losa sobre la subrasante, en la historia de estos pavimentos, se construyó de esta manera pero los ingenieros se percataron de las fallas que esto ocasionaba, y al efecto de bombeo que provocan los vehículos en las juntas de contracción lo que ocasionan que los finos plásticos asciendan por capilaridad a la parte superior de la losa provocando la pérdida de soporte y por consiguiente la falla estructural.



### o PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO

Es un pavimento con características de los dos anteriores ya que se presenta una falta frágil similar a la del concreto hidráulico pero con menor resistencia que este. Es elaborado con asfalto, obtiene con ello las características de flexibilidad y se incluye en los pavimentos flexibles, a diferencia de los pavimentos de carpeta asfáltica la base es rígida con una estabilización de cemento Pórtland o cal a fin de que los módulos de elasticidad de la carpeta de concreto asfáltico y la base rígida sean lo mas parecidas posibles.



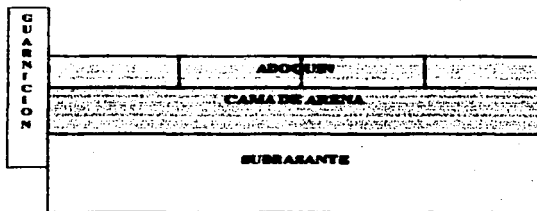
Dentro de los pavimentos utilizados en las vialidades urbanas tenemos diferentes tipos de superficie de rodamiento a estos solamente los tocaremos superficialmente ya que el objetivo de estudio es para las carreteras y autopistas.

### o ADOQUINES.

No se define si es un pavimento rígido o un flexible esta constituido por bloques de concreto (*Elementos prefabricados*) con la capacidad de 350 a 450 kg/cm<sup>2</sup> con diferentes tipos de arreglos geométricos, son colocados a mano y su composición estructural es la siguiente:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# FALTA DE ORIGEN

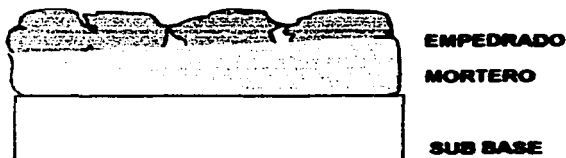


Las vialidades con superficie de rodamiento a base de adoquines deben de contar con una cama de arena como capa de apoyo. Esta se apoya en la sub-base estabilizada.

Además de las capas de apoyo y la superficie de rodamiento se debe de contar con guarniciones en las orillas para proporcionar un confinamiento horizontal.

o **EMPEDRADOS.**

Es un pavimento constituido por una carpeta de *rocas*, cantos rodados, piedra braza, lajas, u otro tipo de rocas fracturadas, son colocadas a mano sobre una capa de mortero o concreto pobre se ahogan  $\frac{3}{4}$  partes de su espesor, recibe directamente las cargas de los vehículos y las trasmite a las siguientes capas.





## 1.2 TERRACERIAS

Los rellenos y los materiales que se extraen en la construcción de una vía terrestre son llamados terrecerías así el movimiento que se hace con los volúmenes de materiales a lo largo de la línea de la obra cuando se presentan corte se pueden utilizar en los rellenos llamados terraplenes, si el material no es suficiente o es antieconómico el acarreo de la zona de corte se tendrá extracción de materiales a los lados de camino o cerca de él, esto se le llama préstamo cuando el material es bueno, pero si no cumple con las normas de la SCT. Se toma de un banco de materiales.

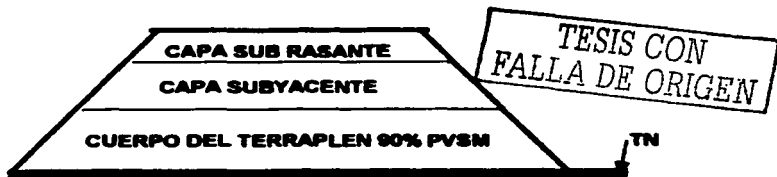
La terrecería en terraplén es dividida en dos partes: Una que la forman el cuerpo del terraplén y la segunda que es la llamada subrasante. En el caso de corte será únicamente la subrasante si así se requiere.

### □ TERRAPLENES

El terraplén se presenta cuando es necesario rellenar para alcanzar el nivel de la subrasante así como para satisfacer las especificaciones geométricas del camino (sobre todo en lo relativo a las pendientes longitudinales), resistir las cargas transmitidas por la subrasante y el pavimento debidos al tránsito y distribuir los esfuerzos para transmitirlos en forma adecuada al terreno natural.

Los materiales se deben compactar al 90 % del PVS (peso volumétrico seco máximo) y se debe de dar en salud con inclinación indicación de la pared de terraplén de 1.5 1 ya que se lleva un control e su construcción.

Cuando el TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual) es mayor a 5000 vehículos por día, a la última capa de 50 cms del terraplén, se construye con material compactable y se le da este tratamiento hasta un 95 % de PVS y recibe el nombre de *capa subyacente*.



### □ SUBRASANTE

Corresponde a la capa superior de las terracerías, es el terreno de cimentación que sirve como superficie de despiante para la estructura de los pavimentos, puede ser el terreno natural, si se les dan las condiciones necesarias para tal función. En México debe de cumplir con lo señalado por las normas de calidad de la secretaria de comunicaciones y trasportes (SCT) referente a los materiales. En caso de no cumplir el terreno natural con lo especificado se deberá de obtener materiales de bancos o utilizar otros métodos para poder dar las condiciones mínimas.

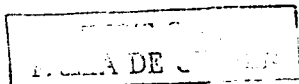
✓ Tamaño máximo de agregado (TMA)	7.5 cms (3").
✓ Valor relativo de soporte (VRS)	5 % mín.
✓ Expansión máxima	5 % máx.
✓ Grado de compactación	95% mín.
✓ Espesor mínimo de capa	30 cms.

En cuanto a los materiales utilizados en la capa subrasante se debe de tener cuidado que la porción fina o sea la arcilla no se dé alta plasticidad.

### □ FUNCIONES DE LA CAPA SUBRASANTE

- ✓ Recibir y resistir los esfuerzos de tránsito que le son transmitidos por el pavimento.
- ✓ Transmitir adecuadamente distribuidos los esfuerzos a las capas inferiores.
- ✓ Evitar que cuando las terracerías estén constituidas por materiales arcillosos contaminen a los materiales granulares de los pavimentos.
- ✓ Evitar que los pedraplenes absorban los materiales del pavimento.
- ✓ Evitar que las imperfecciones de los cortes ( sobre todo en roca) se reflejen hacia la superficie de rodamiento especialmente en los pavimentos flexibles.
- ✓ Uniformizar los espesores del pavimento sobre todo cuando varían los materiales utilizados en las terracerías en diferentes tramos del camino.
- ✓ Se uniforman espesores del pavimento al contar con una capa de calidad constante.

La capa subrasante coincide con la línea subrasante del proyecto geométrico del camino, por lo que su altura esta definida por la pendiente longitudinal del camino.



La subrasante económica esta dada por las siguientes condiciones.

1. Cumplir con las especificaciones de la pendiente longitudinal de la obra.
2. Debe de tener altura suficiente para evitar que la humedad del terreno natural ascienda por capilaridad al pavimento.
3. La altura necesaria para alojar las obras de drenaje.
4. Tener los acarrees más económicos posible.

### **1.3 COMPONENTES ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS.**

En los caminos se construyen los pavimentos sobre la capa subrasante, según el tipo de pavimento se conformará la estructura. En el caso de los flexibles tendremos las capas sub-base y base y la carpeta asfáltica, en los rígidos solamente a sub-base y la losa de concreto hidráulico.

#### **□ CAPAS SUB-BASE Y BASE**

La sub-base es una capa de materiales pétreos, con la graduación adecuada esta capa deberá de contar con los requisitos de la capa sub-rasante así como su compactación.

La sub-base se encuentra entre la capa base y la subrasante en cuanto a los pavimentos flexibles se trata, entre la subrasante y la losa de concreto en los pavimentos rígidos.

Normalmente la sub-base se construye para lograr espesores menores de la capa base. La base generalmente se utiliza en los pavimentos flexibles se compone de materiales pétreos con una buena distribución granulométrica. Esta capa permite reducir el espesor de carpeta ya que su función estructural es de reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten a las capas inferiores, también cumple con la función drenante del agua que queda atrapada en el cuerpo del pavimento.

En cuanto a la sub-base sus materiales son granulares que se componen por gravas, gravas arenosas, mezclas de arena, Limos y gravas etc., siempre y cuando se cumpla con las siguientes especificaciones en cuanto a su granulometría.

<b>NORMAS DE CALIDAD (GRANULOMETRIA) SUB- BASE</b>	
<b>DENOMINACIÓN DE LA MALLA</b>	<b>% QUE PASA</b>
1 ½	100
¾	72-100
½	50-84
No. 4	34-70
No. 20	18-45
No. 60	9-35
No. 200	5-25

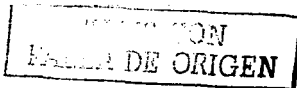
Además los materiales deberán cumplir con los siguientes requisitos.

<b>Tamaño máximo de agregado</b>	<b>1/3 de espesor de la sub-base</b>
Limite Líquido (L.L.)	25 % Máx.
Índice de plasticidad	6 % Máx.
Desgaste los Ángeles (porción gruesa)	40 % Máx..
Contracción lineal	4.0 % Máx..
Equivalente de arena	25 % min.
<b>Valor Relativo de soporte (VRS)</b>	
Menos de 500 vehículos pesados por día	50 % min.
Mas de 500 vehículos pesados por día	60 % Min.

Nota: Mas adelante se describe brevemente como se obtiene cada una de las propiedades antes mencionadas.

La compactación de la capa sub-base deberá ser al 95 % como mínimo de su peso volumétrico seco Máximo (PVSM) según la prueba porter estándar con la humedad óptima requerida.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



□ **CARPETA O LOSA.**

La parte superior de los pavimentos: la superficie de rodamiento, es proporcionada por las carpetas de concreto asfáltica o por las losas de concreto hidráulico, de sus propiedades se denomina su nombre como rígido o flexible.

□ **MEJORAMIENTO O ESTABILIZACIÓN DE CAPAS.**

Quando el acceso a materiales locales de buena calidad es difícil o cuando los mismos no cumplen con lo requerido por las normas de la SCT, es necesario su mejoramiento por métodos mecánicos o químicos.

□ **ESTABILIZACIONES**

✓ **La estabilización mecánica** se logra cuando se puedan separar los materiales por cribado y conservan sus características iniciales.

✓ **La estabilización química** se realiza en presencia del agua y recibe este nombre porque el cemento reacciona física y químicamente con el agua, liga los agregados por lo que ya no es posible separarlos.

□ **ESTABILIZACIÓN MECÁNICA PARA DISMINUIR LA PLASTICIDAD.**

Quando los materiales en la naturaleza no cuentan con las características deseadas es necesario utilizarlos en alguna capa de pavimento se puedan mezclar arenas, su efectividad es mejor si son muy finas estabilizar los materiales para reducir su plasticidad, es un método utilizado para evitar probables acarrees y disminuir el costo de construcción.

□ **ESTABILIZACIÓN MECANICA PARA AUMENTAR EL VALOR CEMENTANTE.**

Quando nos encontramos con suelos de grava y arena se agregan materiales como limos, caliches, sílices o arenas arcillosas de baja plasticidad, estos materiales deben de cumplir con las normas respectivas para valor cementante.

**ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.**

□ **ESTABILIZACIÓN CON CAL.**

Se emplea de un 2 a 7 % de cal con respecto al peso del material, lo que se busca es abatir la plasticidad. Los materiales con los que se obtienen mejores resultados son las arcillas, del tipo caolinitico.

#### □ SUELO MEJORADO CON CEMENTO

Se agrega de un 2 % a un 7 % de cemento Pórtland de peso del material, se utiliza para disminuir la plasticidad.

Se debe de agregar con una relación de agua-cemento del 0.5, del material con su humedad óptima, el material mezclado se mueve 3 veces de un lado a otro durante 3 días, esto evita el fraguado del cemento para formar grumos que ayudan o bajan la plasticidad del material fino después de moverlo, agregamos la humedad óptima al material y se compacta perfectamente.

#### □ SUELO CEMENTO.

Se mezcla de un 5 a 15 % con respecto al peso del material, lo que se busca con ello es aumentar el valor relativo de soporte VRS. Se agrega en proporción agua-cemento de un 0.5 con humedad óptima. El material se mezcla perfectamente y se compacta.

#### □ ESTABILIZACIÓN CON ASFALTO

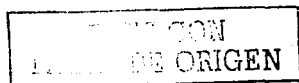
Este método se utiliza cuando el material del lugar no cumple con el valor cementante (materiales granulares como la grava- arena se agrega asfalto formando las llamadas *bases negras*).

### 1.4 REQUISITOS DE LAS CAPAS DE APOYO.

#### □ PRUEBAS DE LABORATORIO.

Se realizan las pruebas de laboratorios para conocer las características de los materiales, son diversas pruebas que se realizan siguiendo procedimientos estandarizados.

Los resultados obtenidos permiten conocer las propiedades de los materiales y decidir si son aptos para su utilización en la estructuración de un pavimento. Los requerimientos de normas para los materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes deben de cumplirse o de lo contrario buscar opciones de mejoramiento de suelos según son los requerimientos en otro caso, se deberán tener materiales de banco.



### □ PLASTICIDAD.

#### Límite líquido LL.

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesaria para que a un determinado número de golpes en la copa de casa grande (generalmente 25 golpes) se cierre 1.27 CMS. A lo largo de una ranura formada en el suelo remodelado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la capa. Las dimensiones del ranurador están estandarizadas, en su parte inferior cuenta con un ancho de 2 mm, en su parte superior es variable.

El espesor del suelo dentro de la cápsula es de 8 mm, se conoce con ello el mencionado límite con tres a cuatro contenidos de agua, los números de golpes y se traza una curva en un papel logaritmo teniendo el número golpes –humedad, los resultados en la aviesca cuando presentan los 25 golpes representan el contenido de agua definiendo así el L.L.

### □ LIMITE PLASTICO LP.

Se trata del suelo con mayor cantidad de humedad un poco endurecido se obtiene formando un rollo de suelo de 3 mm de diámetro, se obtiene el contenido de agua cuando el rollo empieza a desmoronarse, el rollo se hace sobre una superficie totalmente seco, de preferencia un vidrio para acelerar la pérdida de agua, repite de 3 a 4 veces hasta alcanzar los 3 mm de diámetro se toma muestra del material y se toma la humedad con ello se conoce el límite plástico.

**ÍNDICE PLÁSTICO.** Se obtiene con la diferencia algebraica entre los límites plásticos y líquidos,  $LL - LP$ .

**PERMEABILIDAD.** Se define como la facilidad con la que agua circula a través de los suelos. Se expresa según la ley de Darcy para el flujo laminar, en términos de la velocidad de flujo.

Donde

=gradiente hidráulico, el cual se define como la diferencia de las alturas piezométricas entre dos puntos de la masa de suelo dividida entre la distancia que los separa.

$K$  = coeficiente de permeabilidad según Darcy en unidades de longitud / tiempo

### TABLA DE LOS VALORES DE k

MATERIALES	K
GRAVAS LIMPIAS	$10^4$
GRAVAS LIMPIAS Y MEZCLA DE	$10^4$
ARENAS	
MEZCLA DE ARENAS	$10^3$
ARCILLAS	$10^2 \cdot 10^4$

#### □ PROPIEDADES DE LOS SUELOS

✓

##### GRANULOMETRIA:

Es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. Se determina con el siguiente procedimiento se toma el material a analizar y se pasa por mallas con diferentes aberturas conocidas se pesa el contenido retenido en cada malla y se encuentra el porcentaje respectivo en relación con el peso total de la muestra tomada. El resultado de esta prueba se presenta en una grafica tamaño de la malla VS porcentaje. Los tamaños inferiores a la malla 200 se consideran finos.

✓

##### RESISTENCIA ALA DEGRADACIÓN:

Es la propiedad de los materiales que indica el grado de descomposición o desintegración que sufren los mismos al someterlos al intemperismo o a cargas de tránsito en la vida del camino. Los materiales son sometidos a la prueba llamada " Los Angeles" que consiste en un cilindro hueco en el cual se mete una porción de material con granulometría determinada, se colocan bolas de acero y se hace girar el cilindro determinado número de veces y al final se ve la cantidad de partículas que se produjeron con lo cual se calcula el porcentaje de desgaste.

✓

##### PRUEBA PORTER ESTANDAR.

Con esta prueba se obtienen cuatro características de los materiales: Peso Volumétrico Saco Máximo (PVSM), humedad óptima (WO) Expansión (E) y Valor relativo de soporte (VRS)



✓ **PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO Y HUMEDAD ÓPTIMA**

En un molde metálico de 15 cm de diámetro se colocan 4 Kg. De material con una cierta humedad y se le da una presión estática (con una placa que cubra el material) de 140.6 Kg/ cm<sup>2</sup> si al terminar de aplicar la carga se presenta una gota de agua en la base del molde el peso del material corresponde al PVSM, y la humedad a la óptima (WO).

✓ **EXPANSIÓN**

El molde que contiene al espécimen con el PVSM y la Wo, se coloca en un recipiente o tanque de saturación, se coloca un extensómetro, se realiza una lectura inicial antes de sumergirlo ( Li); según su índice de plasticidad el material aceptará agua y aumentará su volumen, se expande, después de 72 horas se toma la lectura final ( Lf ) y se calcula el porcentaje de expansión:

$$Li - Lf$$

$$\% E = \frac{\text{espesor del espécimen sin saturar}}{\text{espesor del espécimen sin saturar}} \times 100$$

✓ **VALOR RELATIVO DE SOPORTE**

Se define como la relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm. En el material de prueba y la presión requerida para penetrar la misma cantidad en un material de características conocidas, el material suele ser piedra triturada. La prueba es básicamente del tipo de penetración en la que un vástago de 19.4 cm<sup>2</sup> de área se hace penetrar en el espécimen del suelo en una porción de 0.127 cm/ min., se miden las cargas necesarias para la penetración del vástago de 0.25 cms.

**TABLA DE PRUEBA VRS**

Penetración en cms	Presión del vástago
0.25	.70
0.50	105
0.75	133
1.00	161
1.25	182

Los valores mínimos aceptados de VRS (Saturados) por las Normas de calidad de la SCT deben de ser iguales o superiores al 50 % de los presentados en la tabla.

## ✓ ENSAYES DE COMPACTACIÓN

Mediante estas pruebas se investiga el Peso Específico Seco Máximo para distintos contenidos de agua que contengan los suelos ensayados.

**PRUEBA DE PLACA EN CAMPO.** Entre otros parámetros se obtiene el módulo de reacción  $k$  perteneciente a las capas de apoyo, se determina empleando una placa de 76.2 cm de diámetro. También es común utilizar una serie de placas apiladas para minimizar la flexión, las placas extras son de 45 y 60 cms. En México se han utilizado placas de 30 cms de diámetro para obtener las capacidades de carga superficiales así como los módulos de reacción. La carga se aplica por medio de gatos hidráulicos, como elementos de reacción se puede utilizar una viga sujeta a la parte inferior de un camión pesado como contrapeso, entre la viga y la placa se coloca un fragmento de tubo rígido, el cual es accionado con fuerza para arriba por el gato hidráulico, y la reacción correspondiente, se aplica hacia abajo sobre la placa de prueba. Mediante un micrómetro se miden los desplazamientos verticales.

Por lo general se aplica una presión constante de  $0.7 \text{ Kg/cm}^2$ . La carga se deja constatare hasta que la deformación se estabilice y no sobrepase 0.025 mm por minuto, en tres minutos consecutivos. Se toma el promedio de las tres lecturas del micrómetros. El módulo de reacción se define como:

$$K = P / \Delta$$

**DONDE:**

P = Presión aplicada (  $\text{kg/cm}^2$  )

$\Delta$  = deflexión de la placa en cms.

Las condiciones de los terrenos pueden ser muy variables de forma que el valor de  $k$  puede variar significativamente, dependiendo de la estación del año en que se realice la prueba. Se emplean técnicas de laboratorio para la corrección de  $k$  a fin de obtenerlo en condiciones de servicio.

Las pruebas en el laboratorio se realizan con ensayos de consolidación en probetas. En estas pruebas también se aplica un esfuerzo sostenido de  $0.7 \text{ kg/cm}^2$  y se registra la deflexión sufrida por el espécimen a diferentes tiempos hasta que la velocidad de deformación sea despreciable, entonces el valor corregido será :

$$K_s = (du/ds)ku$$

# PRUEBA CON PLACA DE ORIGEN

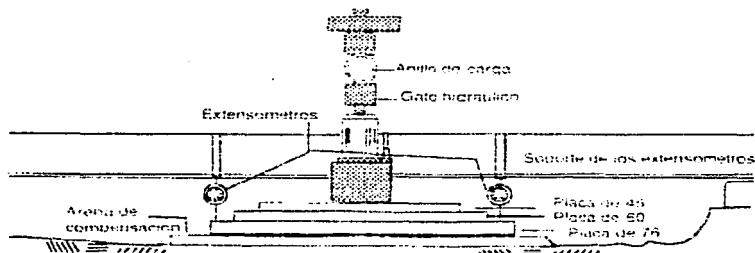
**DONDE:**

$d_u$  = deflexión en condiciones de campo

$d_s$  = deflexiones en condiciones saturadas

$k_u$  = valor del módulo de reacción medido en campo

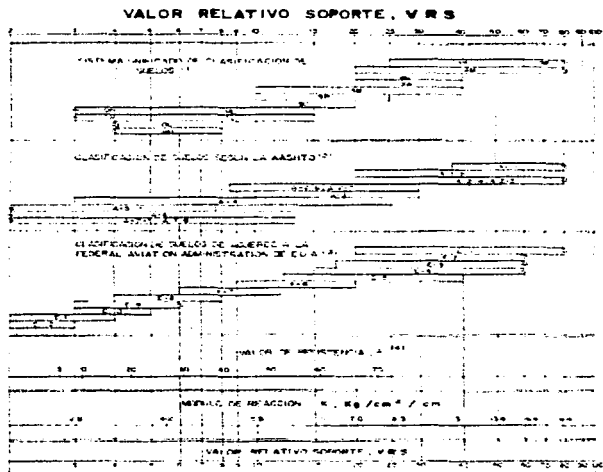
En el cálculos preliminares se utilizan correlaciones con pruebas de resistencia como el VRS y el valor de estabilidad R, así como los diferentes tipos de suelos.



**Prueba de placa en campo**

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## TABLA DE CORRELACIONES ENTRE RESISTENCIA Y TIPOS DE SUELO



- 11) DESIGNACION ASTM D2497
- 12) "CLASSIFICATION OF HIGHWAY SURFACE MATERIALS," HIGHWAY RESEARCH BOARD PROCEEDINGS OF THE TENTH ANNUAL MEETING, MAR. 28-31, 1954, P. 174-182
- 13) "REPORT PAVING, US DEPARTMENT OF COMMERCE, FEDERAL AVIATION AGENCY, MAR. 1948, TAB. 10-11-16. ENTIMACION A PARTIR DEL MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA ALMO-  
HACIENTOS DE LA FAA ANTERIORMENTE DE 1930 LA CLASIFICACION DE LA FAA ANTERA SE  
UTILIZA EN SUO.
- 14) "CORRELATION BETWEEN R VALUE AND K VALUE," REPORT NO. PUBLICATION NO. 10,  
PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, CLEVELAND, OHIO, NORTHWEST REGION, OCTUBRE DE 1971.  
(CORRELACION CON CORRECCION POR SATURACION)

## CAPITULO 2

### ➤ PAVIMENTOS RIGIDOS

Son constituidos por una losa de concreto, elaborado con cemento Portland o de algún otro tipo según los requerimientos del lugar, apoyado sobre una base granular o estabilizada.

Existen numerosas técnicas de diseño, desde los no reforzados y sin transferencia de carga en las juntas, hasta el de pavimento del tipo de refuerzo continuo o con refuerzo de fibras de acero en el caso de nuestra importancia solo tocaremos los de concreto simple con transferencia en las juntas.

La sección transversal de un pavimento rígido contara con los siguientes elementos estructurales:

#### □ LOSA DE CONCRETO

Es la superficie de rodamiento con acotamientos laterales los cuales pueden ser de concreto o de cualquier otro material no erosionables como concreto asfáltico o grava cementada. La función que desempeña la losa es el elemento principal, tomando la mayor parte de los esfuerzos del pavimento transmitiendo esfuerzos relativamente pequeños a las capas inferiores.

#### □ SUB-BASE

Puede ser de grava cementada o simplemente de un material con granulometría aceptable según las normas de la SCT, La sub-base tiene la función de proveer un soporte uniforme estable y permanente a la losa de concreto durante su construcción y vida útil, así mismo incrementa la capacidad de carga del terreno de cimentación hacia la superficie al aumentar la rigidez de la estructura e impide la migración de finos del terreno de cimentación hacia la superficie de la losa a través de grietas o juntas en esta última (efectos de bombeos).

#### □ TERRENO DE CIMENTACIÓN

Las terracerías estarán constituidas por lo general por materiales predominantes en la región. Sirve como superficie de desplante para toda la estructura.

## 2.1 CARECTERISTICAS DE LOS COMPONENTES DE CONCRETO.

El concreto hidráulico es un material Pétreo artificial, elaborado al mezclar parte de agua y cemento Pórtland con arena, gravas, aire y en su caso aditivos en proporciones tales que se produzca la resistencia deseada.

El proporcionamiento mas adecuado en función de los siguientes elementos:

- ✓ Resistencia deseada
  - ✓ Densidad optima
  - ✓ Manejabilidad del concreto fresco.
- La relación agua-cemento es primordial para alcanzar las características de resistencia de cualquier concreto.
  - Siempre que el volumen de concreto supere los 15 m<sup>3</sup>, la dosificación se hará por peso.
  - Las resistencias se verificaron de preferencia mediante ensayos a compresión ejecutados de acuerdo a la NOM- C-159 vigente, "Elaboración y cura de especimenes de laboratorio"
  - El revenimiento para la construcción de losas en caminos se toma de  $5 \pm 2$  CMS

### □ CEMENTO.

Se empleara en los pavimentos de concreto el cemento de tipo 1 generalmente. En casos especiales cuando el pavimento esta expuesto a acciones como sulfatos o cualquier otro requerimiento dañino al mismo se utilizaran cementos de tipo II a V . E l cemento deberá cumplir como mínimo con las normas de la SCT en sus normas vigentes de calidad.

Se podrá utilizar cualquier marca comercial en toda la obra, siempre y cuando se utilice el cemento producido en la misma fabrica, dicha fabrica deberá de acatar las normas internacionales y nacionales.

Al almacenar el cemento deberá garantizarse la conservación de sus propiedades de fabricación, para ello se deberá almacenar de una forma adecuada según se encuentre envasado si es en silos deben estar en buenas condiciones, bien tapados y en lugares sin humedad, en el caso de cemento colocado en sacos se debe de mantener lejos de la humedad, tener ventilación y muy bien calzado con maderas u otro material para evitar su contacto con el suelo, todo ello deberá encontrarse en un lugar cubierto.

Si el cemento ha sido almacenado durante más de 90 días se deberá verificar mediante la presión de sacos y verificando que no se hayan formado grumos, lo anterior se realizará mediante el tacto con los dedos en dichos sacos, cuando se forman los grumos se pierden propiedades del cemento por lo que no es recomendable utilizarlo.

### □ AGREGADOS

Para el mejor entendimiento de los términos utilizados para las características requeridas en los agregados se tomara la siguiente tabla de mallas adoptadas por la SCT para las granulometrías.

Aberturas nominales de la malla.			
Nominal	En pulgadas	Nominal	En pulgadas
No. 75.0	Malla 3"	No. 1.40	Malla No. 14
No. 63.0	Malla 2 1/2"	No. 1.18	Malla No. 16
No. 50.0	Malla 2"	No. 1.00	Malla No. 18
No. 37.5	Malla 1 1/2"	No. 0.85	Malla No. 20
No. 31.5	Malla 1 1/4"	No. 0.60	Malla No. 30
No. 25.0	Malla 1"	No. 0.425	Malla No. 40
No. 19.0	Malla 3/4"	No. 0.300	Malla No. 50
No. 16.0	Malla 3/8"	No. 0.250	Malla No. 60
No. 12.5	Malla 1/2"	No. 0.150	Malla No. 80
No. 9.5	Malla 3/8"	No. 0.150	Malla No. 100
No. 8.0	Malla 5/16"	No. 0.180	Malla No. 140
No. 6.3	Malla 1/4"	No. 0.075	Malla No. 200
No. 4.75	Malla No. 4	No. 0.045	Malla No. 325
No. 2.36	Malla No. 8		
No. 2.0	Malla No. 10		
No. 1.70	Malla No. 12		

Los agregados empleados en el concreto para los pavimentos deberán cumplir con la siguiente granulometría

### GRAVA

Normas de calidad (Granulometría)			
Denominación de la Malla (de acuerdo a la ASTM).		Porcentajes en peso que pasa, según el tamaño máximo.	
2 1/4"	2.5 cm (1")	1% (4 cm)	5 cm (2")
-	-	-	100
2"	-	100	90-100
1 1/2"	100	90-100	-
1"	90-100	-	35-70
3/4"	-	35-70	-
3/8"	25-60	-	10-30
3/4"	-	10-30	-
No. 4	0-10	0-5	0-5
No. 8	0-5	-	-

**EXAMEN DE**  
**PRÁCTICA DE ORIGEN**

Además de lo anterior las gravas deben cumplir con los siguientes parámetros:

✗ Materiales Rugosos	
✗ Materiales que pasan por la malla # 200	0.50 % MAX.
✗ Carbón	1.0 % MAX.
✗ Desgaste de Angeles	40.0 % MAX.
✗ Fragmentos blandos y otras sustancias	5.0 % MAX.
✗ Indices Plástico	0
✗ Contracción Lineal	0

En cuanto a la Arena

Granulometría recomendada en la arena	
Denominación de la malla (de acuerdo a la ASTM)	Porcentajes en pesos que pasa, según el tamaño máximo.
3/8	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-60
No 50	10-30
No. 100	2-10

Y cumplir con los requisitos de:

✗ Materiales que pasan la malla # 200	3.0 % MAX.
✗ Partículas dezinables	3.0 % MAX.
✗ Carbón	1.0 %
✗ Modulo de finura	2.2 a 3.1
✗ Impurezas orgánicas, referidas a color limite según patrón.	Amarillo Claro

Los agregados deben ser almacenados sobre una superficie limpia, se realizara en patios grandes que permitan la formación de montículos diferenciando perfectamente los agregados. Se deberá tener cuidado que los materiales no sean contaminados por sustancias o materiales externos.

La obtención de muestras de agregados será bajo las especificaciones de la norma NOM C-30 vigente, que establece obtener las siguientes cantidades mínimas, según los tamaños máximos.



Recomendaciones de muestreo en agregados			
Material	Tamaño máximo nominal en mm	Pasa la malla No	Masa mínima de la muestra de campo* en kg.
Arena	Hasta 5	No. 4	100
Grava	Hasta 75	3"	150
Grava	Mayor de 75		200
Grava-arena	Cualquiera		300

Se deberán de tener pruebas de laboratorios realizando los siguientes ensayos:

- ◆ Granulometría.
- ◆ Absorción.
- ◆ Densidad.
- ◆ Contenido de partículas extrañas.
- ◆ Otro ensayo que se solicite.

□ **AGUA**

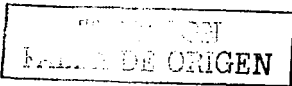
El agua deberá estar libre de materiales en suspensión se debe utilizar agua potable en lo posible, el PH de dicha agua se encontrará entre 6.0 y 9.2 además de cumplir con lo establecido en la norma NOM C- 122 - 82. Se realizaran estudios para obtener los contenidos de sal, los límites dependerán de la agresividad del medio ambiente. Los análisis de agua para concreto se deberán realizar de acuerdo a la NOM C- 283. el agua a utilizar deberá estar libre de aceites, grasas, materia orgánica, etc.

□ **ADITIVOS**

Las sustancias que se agregan al concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades para inducir algunas características adicionales (trabajabilidad, reducción de los requerimientos de agua incorporación de aire, etc.) son los aditivos.

Para la utilización de dichos aditivos se deben tomar en cuenta los criterios básicos que son:

- ✓ El agregar aditivos al concreto deberá lograr el objetivo buscado sin alterar el proporcionamiento básico.
- ✓ Su empleo se justificara económicamente.
- ✓ Se tendrá información sobre los posibles efectos nocivos en la mezcla, inmediatamente o a largo plazo.

  
**LISTA DE ORIGEN**

Además de lo anterior las gravas deben cumplir con los siguientes parámetros:

<input checked="" type="checkbox"/> Materiales Rugosos	
<input checked="" type="checkbox"/> Materiales que pasan por la malla # 200	0.50 % MAX.
<input checked="" type="checkbox"/> Carbón	1.0 % MAX.
<input checked="" type="checkbox"/> Desgaste de Angeles	40.0 % MAX.
<input checked="" type="checkbox"/> Fragmentos blandos y otras sustancias	5.0 % MAX.
<input checked="" type="checkbox"/> Indices Plástico	0
<input checked="" type="checkbox"/> Contracción Lineal	0

En cuanto a la Arena

Granulometría recomendada en la arena	
Denominación de la malla (de acuerdo a la ASTM)	Porcentajes en pesos que pasa, según el tamaño máximo.
%	100
No. 4	95-100
No. 8	80-100
No. 16	50-85
No. 30	25-60
No 50	10-30
No. 100	2-10

Y cumplir con los requisitos de:

<input checked="" type="checkbox"/> Materiales que pasan la malla # 200	3.0 % MAX.
<input checked="" type="checkbox"/> Partículas deleznales	3.0 % MAX.
<input checked="" type="checkbox"/> Carbón	1.0 %
<input checked="" type="checkbox"/> Modulo de finura	2.2 a 3.1
<input checked="" type="checkbox"/> Impurezas orgánicas, referidas a color limite según patrón.	Amarillo Claro

Los agregados deben ser almacenados sobre una superficie limpia, se realizara en patios grandes que permitan la formación de montículos diferenciando perfectamente los agregados. Se deberá tener cuidado que los materiales no sean contaminados por sustancias o materiales externos.

La obtención de muestras de agregados será bajo las especificaciones de la norma NCM C-30 vigente, que establece obtener las siguientes cantidades mínimas, según los tamaños máximos.

Recomendaciones de muestreo en agregados			
Material	Tamaño máximo nominal en mm	Pasa la malla No	Masa mínima de la muestra de campo* en kg.
Arena	Hasta 5	No. 4	100
Grava	Hasta 75	3"	150
Grava	Mayor de 75		200
Grava-arena	Cualquiera		300

Se deberán de tener pruebas de laboratorios realizando los siguientes ensayos:

- ◆ Granulometría.
- ◆ Absorción.
- ◆ Densidad.
- ◆ Contenido de partículas extrañas.
- ◆ Otro ensayo que se solicite.

#### □ AGUA

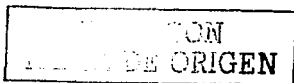
El agua deberá estar libre de materiales en suspensión se debe utilizar agua potable en lo posible, el PH de dicha agua se encontrará entre 6.0 y 9.2 además de cumplir con lo establecido en la norma NOM C- 122 - 82. Se realizaran estudios para obtener los contenidos de sal, los límites dependerán de la agresividad del medio ambiente. Los análisis de agua para concreto se deberán realizar de acuerdo a la NOM C- 283, el agua a utilizar deberá estar libre de aceites, grasas, materia orgánica, etc.

#### □ ADITIVOS

Las sustancias que se agregan al concreto con el fin de modificar alguna de sus propiedades para inducir algunas características adicionales (trabajabilidad, reducción de los requerimientos de agua incorporación de aire, etc.) son los aditivos.

Para la utilización de dichos aditivos se deben tomar en cuenta los criterios básicos que son:

- ✓ El agregar aditivos al concreto deberá lograr el objetivo buscado sin alterar el proporcionamiento básico.
- ✓ Su empleo se justificara económicamente.
- ✓ Se tendrá información sobre los posibles efectos nocivos en la mezcla, inmediatamente o a largo plazo.



## **o CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITIVOS.**

### **INCLUSOR DE AIRE:**

Se proporciona de un 0.03 a 0.05 % de peso de cemento con el se incorpora micro poros al concreto induciendo resistencia a los ciclos de hielo y deshielo en la carpeta, mayor trabajabilidad, menor permeabilidad, menor carpeta, mayor trabajabilidad, menor permeabilidad, menor exudación (eventual)

Se aplica para la protección contra cambios bruscos de temperatura y protección contra cambios bruscos de temperatura y protección contra agentes químicos. La utilización de dicho aditivo puede provocar menor resistencia mecánica.

### **PLASTIFICANTES REDUCTOR DE AGUA**

Se emplea de un 0.1 a 0.4 % del peso del cemento; ayuda a mejorar la lubricación entre partículas obteniendo una mejor trabajabilidad para relaciones constantes de agua cemento, mayor facilidad de colocación y compactación, se recomienda utilizar en concretos premezclados bombeables, en zonas estrechas y/o prefabricados en concretos de alta resistencia.

### **FLUIDIFICANTES**

Se utiliza para aumentar la trabajabilidad de un 0.4 al 1.0 %. Para reducir el agua entre 1.0 a 3.0 % con respecto al peso de cemento. Aumenta la trabajabilidad y reduce el agua de mezclado para trabajabilidad constante y aumento de resistencia.

Se coloca en concretos para clima calurosos, concretos de alta resistencia, bombeados, prefabricados en reparaciones.

### **IMPERMEABILIZANTES**

Colocando DE 0.5 a 9 % del peso del cemento, disminuirá la absorción de humedad, aumenta la impermeabilidad se utiliza en concretos subterráneos, losas de cubierta, estanque de concretos, pisos impermeables. Se debe complementar con una dosificación compactación y curado de mezclas.

### **EXPANSORES**

Se requieren de 2 a 3 gramos por saco de cemento producen una ligera expansión de la masa de concreto, contrarresta las contracciones. Se utiliza en rellenos de cavidades y grietas, en andajes de puros y estructuras en los lechados.

## □ CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

### ✓ COMPRESIÓN

Resistencia media de proyecto a los 28 días.

### ✓ RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

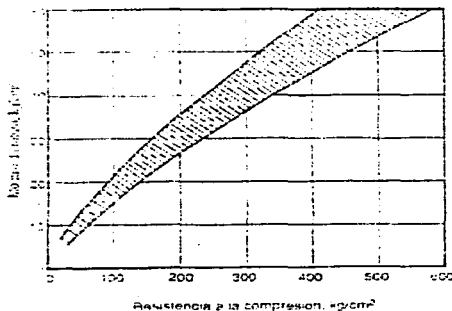
Resistencia media especificada a los 28 días. Tiene mayor relevancia en vías rápidas, viaductos, autopistas y vías principales. Normalmente se pide MR. A 42 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### MÓDULO DE RUPTURA (MR)

Para calcular el espesor de las losas, se requiere conocer la resistencia del concreto.

El parámetro de resistencia en pavimentos rígidos es el modulo de ruptura (MR), que se obtiene de la prueba de tensión por flexión.

Se lleva a la ruptura una viga de concreto a los 28 días, las dimensiones de la viga son las siguientes: 60 centímetros de largo, por 15 cms de lado (sección transversal 15x15), la carga se proporciona en dos puntos de apoyo en la parte superior de la viga y otros dos en la parte inferior (en los tercios)



$$MR = PL/bd^2 = \text{kg/cm}^2$$

Donde :

P = Carga de ruptura

L = Distancia entre apoyos inferiores

b = ancho de la viga

d = peralte de la viga

### ✓ REVENIMIENTO MAX. 5 cms. ± 2 cms.

## 2.2 CONCEPTO DE DISEÑO

### a) DESEMPEÑO

El desempeño de un pavimento se refiere a la forma en que esta satisface su objetivo estructural y su objetivo funcional.

1. - Objetivo Estructural. Se refiere a los parámetros tales como agrietamiento por fatiga escalonamiento. Etc.

2. - Objetivo Funcional Se refiere al nivel de comodidad y seguridad que brinda el pavimento al usuario que lo recorre, este objetivo esta ligado directamente con el nivel del servicio, de modo que el desempeño de un pavimento se determina contestando la pregunta ¿Qué tan bien sirve a los usuarios en términos de comodidad de manejo?

### b) DRENAJE

Las consideraciones de un buen drenaje en el diseño estructural de un pavimento son muy importantes si no se cuenta con un sistema confiable de drenaje, el agua comenzará a penetrar en la estructura del pavimento. Saturando las capas que lo constituyen, lo cual proporcionará la pérdida de valor de soporte (VRS) tanto en la capa sub-base como en el terreno de cimentación.

### c) MEDIO AMBIENTE

Hay dos factores del medio ambiente que afectan significativamente el diseño de una estructura de pavimento rígido: la temperatura y el binomio humedad / precipitación pluvial.

Los cambios de temperatura en el medio ambiente inducen la contracción y expansión de la losa de concreto, la losa debe de ser diseñada para soportar los esfuerzos causados por dichas alteraciones, se debe de conocer las temperaturas del lugar, Por otro lado la humedad y precipitación pluvial interactúan con el drenaje y la temperatura circunstancia que interactúan con el drenaje y la temperatura, circunstancias que se debe de considerar con el diseño, si no se considera provocará una menor vida estructural del pavimento mayor costo de mantenimiento y rehabilitación.

Se deben de tomar en cuenta en su caso un tratamiento del terreno en zonas con suelos expansivos.

## DISEÑO POR EL METODO DE LA PCA.

### (ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PÓRTLAND)

El criterio original de diseño considera el concepto de "resistencia utilizada" del pavimento por las diferentes solicitaciones, por carga y factores ambientales. En dicho método se calculan los esfuerzos inducidos por cada rango de carga (por ejes) y se comparan con la resistencia de diseño a dicha relación se le conoce como "relación de esfuerzos". Conociendo esta relación se calcula el número de repeticiones permitidas para un rango de carga por tránsito dado, valor que compara con el número de repeticiones esperadas en un periodo de diseño. La relación de estos números (en porcentaje que representa la resistencia consumida o utilizada por el tránsito) no debe nunca exceder 100 %.

#### □ ESFUERZOS EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

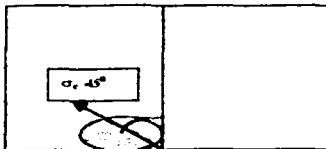
Para el cálculo de las losas se utilizan nomogramas elaborados por las asociaciones de cemento Portland, en ellos se toman en cuenta los esfuerzos a los cuales se encuentran sometidas las losas:

- a) Esfuerzos debidos al tránsito.
- b) Esfuerzos debidos al apoyo.
- c) Esfuerzos debidos a los cambios de temperatura.

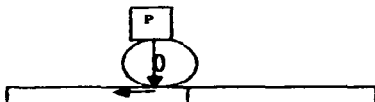
#### a) Esfuerzos debido al tránsito.

Se estudian según las posiciones de las huellas de los vehículos y se toman en esquina, en una orilla y al centro.

- ✓ **ESFUERZO EN ESQUINA.** Se presentan cuando la huella de la llanta es paralela simultáneamente a dos lados de la losa. La losa trabaja como un cantiliver (volado) y los esfuerzos de tensión se presenta a 45° con respecto a los lados, y en la parte superior de la losa.

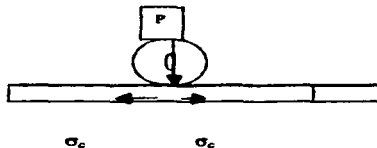
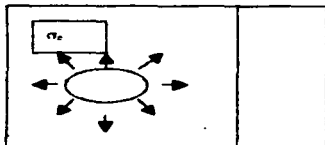


$$\sigma_{45} = (3P/d^2) (1 - \mu \nu)^2$$

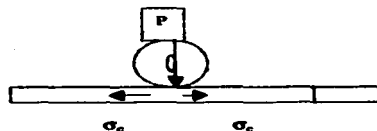
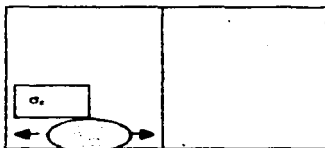


donde:  $P$  = carga transmitida a la losa a través de la llanta ( $\text{lb}$ )  
 $d$  = espesor de la losa (pulgadas)  
 $a$  = eje paralelo a la junta o a la orilla  
 $r = \sqrt{(Ed/12)(10^{-3})} k$  = radio de rigidez relativa (pulgadas)  
 $E$  = Módulo de elasticidad del concreto ( $\text{lb/pulg}^2$ )  
 $\nu$  = relación de poisson del concreto = 0.15  
 $k$  = módulo de reacción ( $\text{lb/pulg}^2$ )

**+ ESFUERZOS EN EL CENTRO DE LA LOSA.** En este caso los esfuerzos de tensión se van a presentar en la parte inferior de la losa y en forma radial.



- ✓ **ESFUERZOS EN UNA ORILLA.** Se presenta cuando la huella de la llanta se encuentra paralela a un lado de la losa los esfuerzos del tránsito se presentan en la parte inferior de la losa y paralelos a la orilla de la losa.

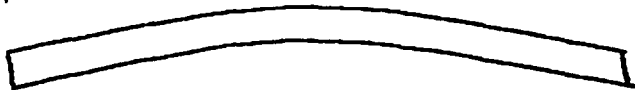


#### b) ESFUERZOS POR TEMPERATURA.

Si una losa cambia de temperatura en forma uniforme se contraería en el caso de enfriarse, se dilataría cuando se calienta. En realidad los cambios no son uniformes por lo que se presenta lo que se llama el gradiente de



temperatura, esto se presenta de la parte superior de la losa con respecto a su parte inferior.



En la madrugada cuando la temperatura baja considerablemente la losa se enfría y se contrae, conforme pasa el día se calienta la parte superior de tal manera que se dilata, pero como la parte inferior de la losa sigue fría, se vuelve convexa.

En la noche la temperatura desciende nuevamente y baja en la parte superior de la losa, y es mayor en la parte inferior la losa toma una forma cóncava.

Al perder apoyo los esfuerzos en la losa se incrementan hasta un 20 %.



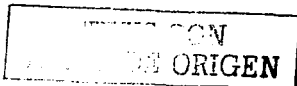
### TRÁNSITO

La determinación de las características del tránsito en cuanto a volumen y peso es extremadamente importante para un diseño confiable de un pavimento.

Los pavimentos se diseñan para soportar las cargas generadas por un tránsito el cual circulará sobre su superficie durante un periodo específico.

A medida que la vida del pavimento transcurre recibiendo las cargas aplicadas por el tránsito se va generando fatiga de su estructura. Por lo tanto se requiere conocer con un alto grado de certidumbre el número de vehículos que transitará aplicando una tasa de crecimiento para el fin y además conocer la composición de este volumen de tránsito en cuanto a los pesos en los diferentes vehículos.

El método de diseño considera la acumulación de aplicación de carga equivalentes a un eje sencillo dual de 8.2 TON. ( 18 mil libras (ESAL'S)), sobre la estructura del pavimento. Se establece un procedimiento matemático para convertir las características del tránsito en cuanto a volumen, peso y tasa de crecimiento a esta carga equivalente aplicada durante el periodo de análisis.



En el procedimiento matemático, una vez establece la cantidad de aplicaciones de carga equivalentes a un eje sencillo, se determina la fracción de dichas cargas que se aplicaran en el carril de diseño ( Generalmente este carril de diseño en el exterior en dirección del mayor flujo vehicular, se hace esta consideración dado que el canal exterior es por donde tradicionalmente circulan la mayoría de los vehículos pesados). El método establece un factor de carril de diseño considerando un porcentaje del total de volumen vehicular.

A este respecto comúnmente se tiene la idea errónea de que los pavimentos son contruidos para una vida de años, siendo que la consideración de diseños es una vida medida en cuanto a la aplicación de cargas.

### **CARACTERÍSTICAS DEL TRANSITO**

TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDPA) es el número total de vehículos que pasan por una carretera en ambos sentidos durante un año, dividido entre 365 días. La información necesaria se obtiene mediante los llamados aforos ya sean mecánicos o manuales.

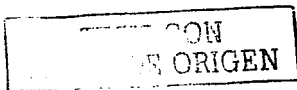
Dentro del mismo TDPA conocemos el llamado transito inducido (es aquel que utiliza otros caminos y al termino de nuevo usara este por proporcionar mayor comodidad, menor tiempo de recorrido, etc.) y el transito generado (Cuando el desarrollo de la zona de influencia del nuevo camino, genera una mayor cuantificación de los productos, agrícolas, ganaderos e industriales, generará el tránsito)

### **TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO**

Del TDPA se necesita conocer el porcentaje de vehículos que usan el carril en el cual se carga mas el movimiento, este se conoce como carril de diseño, determinándose según el numero de carriles de que constará el camino al cual se le asignará un porcentaje del TDPA.

### **COMPOSICIÓN DE TRANSITO.**

Es necesario conocer la cantidad de vehículos de cada uno de los cuales se dividen en grupos facilitando así los cuales; los vehículos del tipo A son los más ligeros (automóviles pick-up, con peso menor a 3 TON) los del tipo B ( autobuses) y los camiones de carga con mas de 3 TON perteneciente a los del tipo C, estos su pesos oscilan entre 3 y 60 TON por lo que se tiene una gran variedad según las comunicaciones en la posición de sus ejes y llantas de cada vehículo es necesario conocer los pesos cargados y vacíos.



Algunos métodos (como el de PCA) de proyectos de pavimentos rígidos requieren el conocimiento del número de los diferentes tipos de ejes y cargas correspondientes al tránsito de una obra por lo que suman los ejes del mismo tipo ( sencillos o tandem) y con igual peso.

TIPO DE VEHICULO	PESO TOTAL (TON)
Automóvil	
A2	2
Autobuses	
B2	15.2
B3	20
B4	27
Camiones	
A'2	5.5
C2	15.5
C3	23.5
C4	28.0
T2-S1	25.5

T2-S2	32.5
T3-S2	41.5
C2-R2	36.5
C3-R2	43.5
C3-R3	51.5
T2-S1-R2	46.5
T3-S3	50.5
T2-R2-S2	53.5
T3-S1-R2	53.5
T3-S2-R2	61.5
T3-S2-R3	69.5
T3-S2-R4	77.5

#### CARGAS MÁXIMAS PERMISIBLES EN MÉXICO PARA LOS VEHÍCULOS

En México, las cargas máximas legales por ejes son.

- 5.5 Ton por eje y ruedas sencillas
- 10.5 Ton para eje sencillo y rueda doble
- 18.0 Ton para eje tandem y rueda doble
- 27.0 ton para eje triple y rueda doble

De esta manera están legalizadas las diferentes combinaciones de vehículos señalados en la tabla anterior, donde se indican también las cargas totales y los diferentes ejes de que constan. La nomenclatura para los vehículos es como la siguiente.

- C- Camión con un chasis
- T-Tractor (unidad sólo con motor)
- S- Caja o semirremolque jalado directamente por el tractor.
- R-Remolque, caja jalada por el semirremolque

El número ubicado después de cada letra es la cantidad de ejes en cada porción.

La cantidad de ejes en cada porción de señala poniendo el número después de la letra correspondiente.

### ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

El diseño final de un pavimento estará regido para el número de repeticiones de los ejes de cada uno de los grupos de vehículos durante el periodo de diseño.

Comúnmente para el diseño se obtiene el tránsito vehicular diario actual e inicial en ambas direcciones los volúmenes obtenidos se afectan por factores direccionales y de distribución para obtener el tránsito diario para el carril de diseño, se vera afectado por un factor de crecimiento. Si se tiene el número total de repeticiones  $n_i$  del  $i$ -ésimo grupo o tipo de cargas el calculo se hará:

$$n_i = (n_o)_i (F.C.) (D) (C) (365) (A)$$

Donde:

$n_i$  = Número esperado de cargas para el  $i$ -ésimo grupo

$(n_o)_i$  = Número inicial de repeticiones por día en el  $i$ -ésimo grupo de cargas.

F.C. = Factor de crecimiento

D = Factor direccional normalmente igual o 0.5

C = Factor de distribución por carril

A = Periodo de diseño en años

#### FACTOR DE CRECIMIENTO F.C

Una de las formas de determina el factor de crecimiento es asignado una tasa de crecimiento constante  $r$  al tránsito promedio en toda la vida de proyecto.

$$F.C. = (1 + (1+r)^A)$$

La P.C.A en su método utiliza la mitad del periodo de diseño para diseñar.

$$F.C. = (1+r)^{0.5A}$$

Crecimiento anual en %	Periodo de diseño en 20 años	Periodo de diseño en 40 años
1.0	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2.0	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3.0	1.3	1.8
3.5	1.4	2.0
4.0	1.5	2.2
4.5	1.6	2.4
5.0	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6.0	1.8	3.2

Tasa de crecimiento anual  $r$  en porcentaje

Periodo de diseño años	Sin crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.2	2.02	2.04	2.05	2.08	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.25	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.85	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.84
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.99	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.56	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.69	25.67	27.89	30.32	36.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.56
18	18.0	21.41	25.68	28.13	30.81	34.03	37.45	45.80
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.78	37.39	41.45	51.18
20	20	24.30	29.78	33.08	36.79	41.00	45.79	57.28
25	25	32.03	41.65	47.73	54.88	63.25	73.11	98.35
30	30	40.57	56.08	66.44	79.08	94.46	113.28	164.49
35	35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Si la tasa de crecimiento es cero el F.C. será el del periodo de análisis como se muestra en la tabla.

El factor de crecimiento (F.C) multiplicado por estimación del tránsito durante el primer año nos dará el tránsito total, en ESAL 'S en el periodo de diseño.

#### FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL

En caso de que existan dos carriles en cada uno de ellos se tomará como carril de diseño por lo que su factor de distribución será del 100% = 1, en el caso de autopistas o de caminos de mas de dos carriles rige el de baja velocidad o el llamado exterior.

Para el diseño de pavimentos se pueden tomar los porcentajes de la tabla.

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60
4	50-75

#### FACTORES DE EQUIVALENCIA

$P_r$  = NIVEL DE RECHAZO (Se define por medio de una tabla en el cual se dice el estado en el que se encuentra el pavimento y dentro de que rango se deberá

# DISTRIBUCION DE ORIGEN

considerar como aceptable el funcionamiento del mismo sin dar un mantenimiento mayor).

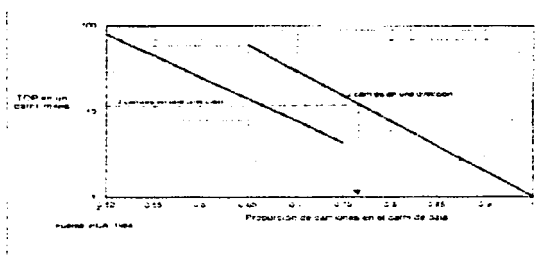


Figura B.2 Factor de distribución por camión

Carga Por eje (ton)	Espesor de losa, cm									
	15	17,5	20	23	25	28	30	33	35,5	38,5
1	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
2	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
5	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047
5,5	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
6,5	0,253	0,248	0,241	0,234	0,227	0,220	0,212	0,205	0,198	0,191
7,0	0,514	0,509	0,504	0,501	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	1,33	1,58	1,57	1,58	1,58	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
10	2,32	2,75	2,75	2,58	2,39	2,21	2,21	2,21	2,21	2,21
11	3,37	3,34	3,40	3,47	3,51	3,57	3,54	3,55	3,55	3,55
12	4,78	4,69	4,77	4,84	4,97	5,02	4,91	4,95	4,95	4,95
13	6,58	6,44	6,52	6,70	6,85	6,94	7,00	7,02	7,04	7,04
14	8,92	8,69	8,73	8,98	9,23	9,32	9,49	9,54	9,54	9,54
14,5	11,4	11,5	11,5	11,8	12,2	12,4	12,9	12,7	12,7	12,7
15,5	15,5	15,0	14,9	15,3	15,9	16,2	16,4	16,0	16,0	16,0
16,5	20,1	19,3	19,2	19,5	20,1	20,7	21,1	21,4	21,4	21,4
17	25,5	24,5	24,3	24,6	25,4	26,1	26,7	26,7	26,7	26,7
18	32,2	30,9	30,4	30,7	31,5	32,5	32,3	32,2	32,4	32,4
19	40,1	39,2	37,1	38,0	39,3	40,1	41,0	40,1	40,7	40,7
20	49,4	47,3	46,4	48,9	47,0	49,0	50,4	51,0	51,4	51,4
21	60,4	57,7	56,4	59,7	57,7	59,3	61,1	62,0	63,7	63,7
22	73,2	69,4	68,4	73,4	69,1	71,0	73,2	75,3	75,8	75,8
23	87,0	81,1	82,7	87,0	83,0	84,8	87,4	89,8	91,7	91,7

PL: nivel de trazo



**TRABAJOS  
DE ORIGEN**

Tabla 2.6 Factores de corrección de las cargas (acabados, vigas y pilas, 15 de 4.6)

Carga (N/m <sup>2</sup> )	Espesor de losa, D (cm)									
	15	17.5	20	23	25	28	30	33	35.5	38.5
1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
2.0	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
3.0	0.0010	0.0009	0.0008	0.0007	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002
4.0	0.0022	0.0019	0.0016	0.0013	0.0011	0.0009	0.0007	0.0005	0.0004	0.0003
5.5	0.0039	0.0033	0.0028	0.0023	0.0019	0.0016	0.0013	0.0010	0.0008	0.0006
6.5	0.0044	0.0037	0.0031	0.0025	0.0020	0.0017	0.0014	0.0011	0.0008	0.0006
7.9	0.0030	0.0025	0.0020	0.0016	0.0013	0.0010	0.0008	0.0006	0.0004	0.0003
8.0	0.0077	0.0065	0.0054	0.0044	0.0034	0.0024	0.0014	0.0004	0.0004	0.0003
9.0	0.0222	0.0189	0.0157	0.0126	0.0098	0.0072	0.0048	0.0026	0.0016	0.0010
10.0	0.1605	0.1311	0.0999	0.0688	0.0497	0.0377	0.287	0.207	0.147	0.107
11.0	0.1119	0.0914	0.0711	0.0518	0.0388	0.0298	0.022	0.016	0.012	0.009
12.0	0.0805	0.0659	0.0495	0.0363	0.0273	0.020	0.015	0.011	0.008	0.006
13.0	0.0579	0.0470	0.0355	0.0263	0.020	0.015	0.011	0.008	0.006	0.004
14.0	0.0470	0.0386	0.0293	0.022	0.016	0.012	0.009	0.007	0.005	0.004
15.0	0.0303	0.0246	0.0189	0.0142	0.010	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002
16.0	0.0246	0.0199	0.0142	0.010	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001
17.0	0.0189	0.0142	0.010	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001
18.0	0.0142	0.010	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001
19.0	0.010	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
20.0	0.007	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
21.0	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
22.0	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
23.0	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
24.0	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
25.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
26.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
27.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
28.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
29.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
30.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
31.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
32.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
33.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
34.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
35.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
36.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
37.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
38.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
39.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
40.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
41.0	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

El peso de losa es





# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TARIFA 6.112 - Método de aproximación de la carga por deformación específica para aceros al carbono, en lb o

Carga Pur ajo (ton)	Espesor de losq. (mm)								
	15	17.5	20	25	28	30	33	35.5	38.5
1.0	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
5.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
10.0	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026	0.0026
15.0	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039
20.0	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052
25.0	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065	0.0065
30.0	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078
35.0	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091
40.0	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104
45.0	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117
50.0	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130	0.0130
55.0	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143
60.0	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156
65.0	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169	0.0169
70.0	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182
75.0	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195
80.0	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208	0.0208
85.0	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221	0.0221
90.0	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234	0.0234
95.0	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247	0.0247
100.0	0.0260	0.0260	0.0260	0.0260	0.0260	0.0260	0.0260	0.0260	0.0260
110.0	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280
120.0	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300	0.0300
130.0	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320
140.0	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340	0.0340
150.0	0.0360	0.0360	0.0360	0.0360	0.0360	0.0360	0.0360	0.0360	0.0360
160.0	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380
170.0	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400	0.0400
180.0	0.0420	0.0420	0.0420	0.0420	0.0420	0.0420	0.0420	0.0420	0.0420
190.0	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440	0.0440
200.0	0.0460	0.0460	0.0460	0.0460	0.0460	0.0460	0.0460	0.0460	0.0460
210.0	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480	0.0480
220.0	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
230.0	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520	0.0520
240.0	0.0540	0.0540	0.0540	0.0540	0.0540	0.0540	0.0540	0.0540	0.0540
250.0	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560	0.0560

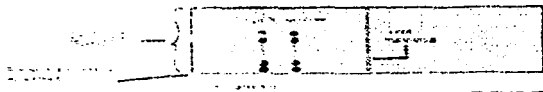
## TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## 2.3 METODO DE PCA (ASOCIACIÓN DE CEMENTO PÓRTLAND) PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Este método se calculan las cargas esperadas según el rango (por ejes) calculando los esfuerzos inducidos y compara con las resistencias de diseño, a dicha comparación se le llama relación de esfuerzos. En este método si se conoce la relación de esfuerzos se calculará el número de repeticiones permitidas para cada rango de cargas (por tránsito) dado, con ellas se compara el número de repeticiones esperadas en un periodo de diseño proporcionado, para saber si la relación de estos números ( que se obtienen en porcentaje y representan la resistencia consumida o utilizada por el tránsito), no excede el 100 %, ya que para la aceptación de un diseño esto no debe de pasar nunca.

Los criterios que se tomaron en cuenta en este método presentado en el año de 1984 de acuerdo a los manuales consultados son los siguientes:

- **Criterio por fatiga** : es utilizado para mantener los esfuerzos inducidos a la losa dentro de los límites aceptables.



$$Dr = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{N_i}$$

Dr = relación del daño acumulado en el periodo de diseño

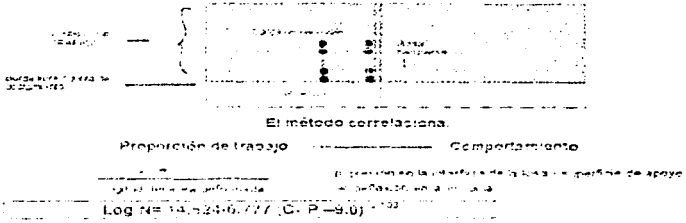
n = total de grupos de carga

P<sub>i</sub> = número pronosticado de repeticiones del grupo de tráfico (cargas) "i"

N<sub>i</sub> = número de repeticiones de carga permisibles al grupo de carga "i"

- **Criterio por erosión** : se utiliza para limitar los efectos de las deflexiones del pavimento en las zonas mas críticas, orillas y esquinas, que se inducen por la erosionabilidad de la capa de apoyo en las esquinas y orilla, también se introduce para eliminar problemas de fracturamiento en la zona de juntas, especialmente en pavimentos sin pasa juntas.

# TRABAJO CON ELEMENTOS DE ORIGEN



- N = número de repeticiones permitidas para un nivel de esfuerzo promedio de  $10^6$
- A = agrupación de tráfico o subgrupo de tráfico
- P = presión sobre el apoyo de la orilla de la instalación libre o bordada cuadrada o en el caso de cementación ligada exteriormente en el caso de los tipos en "C" o "B"
- K = módulo de reacción del apoyo en el puig
- C1 = factor de ajuste. Típicamente, se usa 1.0 para subbase esteatíticas
- La ecuación del diseño por fatiga es  $\log N = 14.524 - 0.777 (C1 - P - 9.0) + 0.0001 C2$
- C1 = 0.04 para tipos "A" acotamientos
- C2 = 0.04 para tipos "B" acotamientos sujetos

El análisis se basa en el **esfuerzo – deflexión crítico** debido a las posiciones de carga de un vehículo, se emplea el método de **elementos finitos**; se consideran losas finitas en donde actúan cargas en posiciones diferentes.

### CRITERIO DE DISEÑO POR FATIGA

En este criterio tenemos que, el número de repeticiones de cargas de un grupo esta dada en función de la **relación de esfuerzos flexionante actuante y la resistencia a la flexión a los 28 días del concreto**, esto es conocido como **relación de esfuerzos**. Se tiene una curva de diseño entre repeticiones permitidas y la relación de esfuerzos se introduce en los nomogramas para el diseño de pavimentos.

En este caso se acepta que si un grupo de cargas no consume la totalidad de fatiga permitida, el resto estará disponible para los otros grupos, la sumatoria de todos los consumos por fatiga no deberán ser mayor al 100 %.

En este método los esfuerzos por fatiga se determinan en las orillas, por lo que un pavimento sin acotamientos tendrá mayores concentraciones de esfuerzos; para este caso la PCA ha preparado dos tablas para la obtención de esfuerzos equivalentes ( se presentan mas adelante), estos esfuerzos equivalentes se obtienen al multiplicar los esfuerzos en la orilla por un factor igual a 0.894.

Definidos los esfuerzos equivalentes, la proporción de esfuerzos es determinada dividiendo estos esfuerzos entre la resistencia a la flexión del concreto para poder acceder a los nomogramas, para así obtener las repeticiones admisibles. Los nomogramas nos conducen a dos casos de pavimento, con pasa juntas y sin pasajuntas. De acuerdo al nomograma, en el caso de que las repeticiones admisibles se localicen fuera de los límites, se asumirá que el número de repeticiones permisibles será ilimitado.

### CRITERIO POR EROSIÓN.

Limita el número de repeticiones de carga de tal forma que los esfuerzos flexionantes no produzcan agrietamientos por fatiga, también es necesario se verifique que no haya erosión bajo las losas.

Este criterio se adopta apoyado en correlaciones con respecto a los resultados obtenidos en los tramos de prueba de la ASSHTO, en las cuales la PCA denomina *potencia*, la cual define como la *velocidad de trabajo con que una carga por eje deforma una losa dada*; se define como:

Potencia =  $p \cdot w / I$  para un área unitaria

Donde:

$p$  = presión en la interfase losa – capa de apoyo.

$w$  = deflexión calculada

$I$  = relación de la rigidez relativa. Equivalente a la longitud de la configuración deformada por la aplicación de la carga.

El concepto de este enfoque es tener configuraciones deformadas mas pequeñas, en el caso de una losa mas delgada será mas susceptible de ser fracturada debido a su baja rigidez. Al igual que en el caso del criterio por fatiga se pide que la suma de los consumos de todos los grupos no exceda el 100 %.

### SECUENCIA DE CALCULO.

El calculo se realizará en un formato con características similares al presentado al final de la descripción de la secuencia de calculo.

1. Se ordena la distribución vehicular de acuerdo a sus pesos y ejes, ejes sencillos o tandem, se colocan en la columna No 1.

2. Se toma en cuenta el impacto causado por los vehículos utilizando un Factor de Seguridad por carga (FSC) que se elige de acuerdo con la obra por construir.

TIPO DE OBRA	FSC	ESPESOR PROPUESTO
Carreteras de primer orden, autopistas tránsito con gran volumen de vehículos pesados.	1.2	30-40
Carreteras y avenidas con moderados volúmenes de vehículos pesados.	1.1	25-35
Carreteras y calles residenciales y otras con volúmenes pequeños de vehículos pesados.	1.0	20-30

3. En la columna 2 aparecerán los pesos de los vehículos pero afectados por el factor de seguridad F.S.
4. Se propone un espesor para la losa de concreto según la obra a construir para revisarlo por fatiga y por erosión.
5. Se busca el valor del esfuerzo equivalente para ejes según sea el caso, sencillos o tandem, el cual dependerá del espesor de la losa propuesta y del modulo de reacción de la sub. - rasante.

Espesor de la losa cms	Esfuerzo equivalente ( kg/cm <sup>2</sup> ) equivalente sin pavement																											
	K = módulo de reacción sub. - rasante ( kg/cm )																											
	2	4	6	8	10	15	20 +	2	4	6	8	10	15	20 +														
12	43.0	35.6	37.6	30.1	35.1	28.1	33.1	26.8	31.7	25.7	28.1	24.3	27.4	23.5	38.4	32.3	33.8	27.3	31.4	25.3	29.7	24.0	28.4	23.0	26.1	21.6	24.6	20.8
14	34.6	29.5	30.5	24.9	28.3	22.9	26.9	21.6	25.6	20.8	23.7	18.4	22.3	18.5	31.4	27.2	27.7	22.9	25.7	20.9	24.4	18.7	23.3	18.8	21.6	17.5	20.4	16.7
16	28.7	25.2	25.3	21.2	23.5	19.3	22.3	18.1	21.3	17.3	19.7	16.0	18.7	15.2	26.3	23.5	23.3	19.7	21.6	17.9	20.5	16.7	19.6	16.0	14.1	14.7	17.2	13.9
18	24.3	22.0	21.5	18.4	19.9	16.6	18.9	15.5	18.1	14.6	16.8	13.6	15.9	12.8	22.5	20.7	19.9	17.2	18.5	15.6	17.5	14.5	16.8	13.5	15.8	12.9	14.8	11.9
20	21.0	19.5	18.5	16.2	17.2	14.6	16.4	13.6	15.6	12.9	14.5	11.8	13.6	11.1	21.0	19.5	18.5	16.2	17.2	14.6	16.4	13.6	15.6	12.9	14.5	11.8	13.6	11.1
21	19.6	18.5	17.3	15.3	16.1	13.8	15.2	12.9	14.6	12.2	13.6	11.1	12.8	10.4	19.6	18.5	17.3	15.3	16.1	13.8	15.2	12.9	14.6	12.2	13.6	11.1	12.8	10.4
22	18.3	17.5	16.2	14.5	15.0	13.1	14.2	12.2	13.7	11.5	12.8	10.5	12.0	9.8	18.3	17.5	16.2	14.5	15.0	13.1	14.2	12.2	13.7	11.5	12.8	10.5	12.0	9.8
23	17.2	16.7	15.2	13.8	14.1	12.4	13.3	11.5	12.8	10.9	12.0	9.9	11.3	9.2	17.2	16.7	15.2	13.8	14.1	12.4	13.3	11.5	12.8	10.9	12.0	9.9	11.3	9.2
24	16.2	15.9	14.3	13.1	13.3	11.8	12.5	11.0	12.1	10.4	11.3	9.4	10.7	8.8	16.2	15.9	14.3	13.1	13.3	11.8	12.5	11.0	12.1	10.4	11.3	9.4	10.7	8.8
25	15.3	15.2	13.5	12.5	12.8	11.2	11.9	10.5	11.4	9.9	10.7	8.9	10.1	8.3	15.3	15.2	13.5	12.5	12.8	11.2	11.9	10.5	11.4	9.9	10.7	8.9	10.1	8.3
26	14.5	14.5	12.6	12.0	11.9	10.7	11.3	10.0	10.8	9.4	10.1	8.5	9.5	8.0	14.5	14.5	12.6	12.0	11.9	10.7	11.3	10.0	10.8	9.4	10.1	8.5	9.5	8.0
27	13.8	13.9	12.1	11.5	11.3	10.3	10.7	9.5	10.3	9.0	9.5	8.1	9.0	7.6	13.8	13.9	12.1	11.5	11.3	10.3	10.7	9.5	10.3	9.0	9.5	8.1	9.0	7.6
28	13.1	13.4	11.5	11.0	10.7	9.9	10.2	9.1	9.8	8.6	9.0	7.8	8.6	7.3	13.1	13.4	11.5	11.0	10.7	9.9	10.2	9.1	9.8	8.6	9.0	7.8	8.6	7.3
29	12.5	12.9	11.0	10.6	10.2	9.5	9.7	8.6	9.3	8.3	8.6	7.5	8.2	6.9	12.5	12.9	11.0	10.6	10.2	9.5	9.7	8.6	9.3	8.3	8.6	7.5	8.2	6.9
30	11.9	12.4	10.5	10.2	9.7	9.1	9.2	8.5	8.9	8.0	8.2	7.2	7.8	6.6	11.9	12.4	10.5	10.2	9.7	9.1	9.2	8.5	8.9	8.0	8.2	7.2	7.8	6.6
31	11.3	12.0	10.0	9.9	9.3	8.8	8.8	8.1	8.4	7.7	7.8	6.9	7.4	6.4	11.3	12.0	10.0	9.9	9.3	8.8	8.8	8.1	8.4	7.7	7.8	6.9	7.4	6.4
32	10.9	11.8	9.8	9.5	8.9	8.5	8.4	7.8	8.0	7.4	7.5	6.7	7.1	6.2	10.9	11.8	9.8	9.5	8.9	8.5	8.4	7.8	8.0	7.4	7.5	6.7	7.1	6.2
33	10.4	11.2	9.2	8.9	8.5	8.2	8.0	7.8	7.7	7.1	7.2	6.4	6.8	6.0	10.4	11.2	9.2	8.9	8.5	8.2	8.0	7.8	7.7	7.1	7.2	6.4	6.8	6.0
34	10	10.8	8.8	8.2	8.1	7.9	7.7	7.3	7.3	6.9	6.9	6.2	6.6	5.8	10	10.8	8.8	8.2	8.1	7.9	7.7	7.3	7.3	6.9	6.9	6.2	6.6	5.8

**TRABAJO CON  
EJES DE ORIGEN**

Espesor de la losa cms	Esfuerzo equivalente (log/cm <sup>2</sup> )										acortamiento porcentual			
	K = módulo de resacaón sur. - resacaón (log/cm <sup>2</sup> )													
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	15	20	25
12	33.6	26.2	29.5	24.6	27.4	23.1	26.0	22.2	24.6	24.9	23.1	26.8	21.9	20.6
13	30.2	25.6	26.6	22.2	24.7	20.8	23.4	19.9	22.5	22.5	20.9	18.8	18.8	18.5
14	27.4	23.4	24.1	20.2	22.4	18.9	21.3	18.0	20.5	20.5	18.1	16.7	16.2	16.2
15	26.0	22.1	22.1	18.5	21.5	17.5	19.5	16.4	18.8	18.8	17.5	15.1	14.7	14.6
16	22.9	19.9	20.2	17.1	16.8	15.8	18.0	15.1	17.3	17.3	16.1	13.8	13.5	13.5
17	21.1	18.5	18.6	15.8	17.4	14.6	16.6	13.9	16.0	16.0	14.9	12.8	12.4	12.1
18	19.8	17.2	17.3	14.7	16.1	13.5	15.4	12.9	14.8	14.8	13.9	11.6	11.3	11.2
19	18.2	16.2	16.1	13.6	15.0	12.7	14.2	12.0	13.6	13.6	12.9	10.6	10.2	10.3
20	17.0	15.2	15.0	12.9	14.0	11.9	13.4	11.3	12.9	12.9	12.1	10.1	11.6	8.7
21	15.9	14.4	14.0	12.2	13.1	11.2	12.6	10.6	12.1	12.1	11.3	9.5	10.9	9.1
22	14.9	13.6	13.2	11.5	12.3	10.6	11.8	10.0	11.4	11.4	10.7	8.9	10.2	8.6
23	14.0	12.9	12.4	10.9	11.6	10.0	11.1	9.5	10.7	10.7	10.1	8.4	9.7	8.1
24	13.2	12.3	11.7	10.4	11.0	9.5	10.5	9.0	10.1	10.1	9.5	8.0	9.1	7.6
25	12.5	11.8	11.1	9.9	10.4	9.1	9.9	8.5	9.6	9.6	9.0	7.6	8.7	7.3
26	11.9	11.2	10.5	9.5	9.8	8.7	9.4	8.1	9.1	9.1	8.6	7.2	8.2	6.9
27	11.3	10.8	10.0	9.1	9.3	8.3	8.9	7.6	8.6	8.6	8.1	6.9	7.8	6.6
28	10.7	10.3	9.5	8.7	8.9	7.9	8.5	7.4	8.2	8.2	7.6	6.5	7.5	6.3
29	10.2	9.9	9.1	8.4	8.5	7.6	8.1	7.1	7.6	7.6	7.2	6.3	7.1	6.0
30	9.8	9.5	8.7	8.1	8.1	7.3	7.7	6.9	7.5	7.5	7.1	6.1	6.8	5.8
31	9.3	9.2	8.3	7.8	7.7	7.1	7.4	6.6	7.2	7.2	6.8	5.8	6.5	5.5
32	9.0	8.9	7.9	7.5	7.4	6.8	7.1	6.4	6.9	6.9	6.5	5.6	6.2	5.3
33	8.4	8.6	7.6	7.2	7.1	6.6	6.8	6.1	6.6	6.6	6.2	5.4	6.0	5.1
34	8.3	8.3	7.3	7.0	6.9	6.3	6.6	5.9	6.3	6.3	6.0	5.2	5.7	4.9

6. Se obtiene el factor de proporción de esfuerzos dividiendo el esfuerzo equivalente entre el modulo de ruptura del concreto MR.

7. Se coloca el factor de erosión para ejes sencillos y ejes tandem.

Espesor de la losa cms	Factor de erosión, junta sin para junta										acortamiento sin pavimento			
	K = módulo de resacaón sur. - resacaón (log/cm <sup>2</sup> )													
	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	15	20	25	30
12	3.72	3.62	3.69	3.74	3.67	3.66	3.67	3.64	3.65	3.62	3.61	3.59	3.59	3.59
13	3.62	3.75	3.59	3.56	3.57	3.61	3.55	3.56	3.54	3.57	3.52	3.52	3.48	3.49
14	3.53	3.68	3.5	3.59	3.48	3.53	3.46	3.51	3.45	3.48	3.43	3.44	3.40	3.41
15	3.45	3.61	3.41	3.52	3.36	3.46	3.37	3.44	3.38	3.42	3.34	3.37	3.31	3.34
16	3.37	3.55	3.34	3.46	3.31	3.4	3.29	3.37	3.28	3.35	3.28	3.30	3.25	3.28
17	3.3	3.50	3.28	3.4	3.23	3.34	3.21	3.31	3.20	3.28	3.18	3.23	3.18	3.20
18	3.23	3.44	3.18	3.34	3.16	3.28	3.14	3.25	3.13	3.23	3.11	3.17	3.08	3.13
19	3.17	3.39	3.12	3.29	3.09	3.23	3.07	3.19	3.08	3.17	3.04	3.11	3.02	3.07
20	3.11	3.35	3.05	3.24	3.03	3.17	3.01	3.14	3.00	3.12	2.98	3.05	2.98	3.02
21	3.06	3.30	2.99	3.19	2.97	3.13	2.96	3.08	2.97	3.07	2.82	2.93	2.86	2.93
22	3.00	3.26	2.94	3.15	2.91	3.08	2.89	3.04	2.98	3.02	2.86	2.95	2.84	2.91
23	2.94	3.22	2.88	3.11	2.85	3.03	2.83	2.99	2.82	2.87	2.80	2.80	2.78	2.88
24	2.9	3.18	2.84	3.07	2.80	2.99	2.78	2.95	2.77	2.89	2.76	2.89	2.78	2.82
25	2.86	3.14	2.79	3.03	2.78	2.98	2.73	2.91	2.72	2.89	2.70	2.83	2.76	2.79
26	2.81	3.1	2.75	2.98	2.71	2.92	2.68	2.88	2.68	2.88	2.68	2.78	2.83	2.74
27	2.77	3.08	2.7	2.98	2.67	2.89	2.64	2.83	2.63	2.82	2.61	2.75	2.81	2.71
28	2.73	3.05	2.68	2.93	2.62	2.85	2.60	2.81	2.59	2.79	2.58	2.71	2.84	2.67
29	2.7	3.02	2.62	2.9	2.58	2.82	2.56	2.78	2.55	2.75	2.52	2.68	2.80	2.64
30	2.66	2.98	2.58	2.86	2.56	2.81	2.51	2.75	2.50	2.72	2.48	2.64	2.80	2.60
31	2.63	2.98	2.55	2.83	2.50	2.78	2.48	2.72	2.47	2.69	2.44	2.61	2.82	2.57
32	2.59	2.93	2.51	2.81	2.47	2.73	2.44	2.69	2.43	2.68	2.40	2.58	2.84	2.54
33	2.56	2.90	2.48	2.78	2.43	2.70	2.40	2.68	2.39	2.63	2.38	2.55	2.84	2.61
34	2.53	2.88	2.45	2.75	2.40	2.67	2.37	2.63	2.38	2.60	2.32	2.52	2.80	2.48

# CON DE ORIGEN

**Factor de erosión - jurta sin pase jurta - acortamiento pavimentado**  
K - módulo de reacción sub - rasante (log/cm)

Espesor de la losa cms	2		4		6		8		10		15		20 +	
	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem
12	2.97	3.02	2.92	2.92	2.90	2.90	2.87	2.83	2.86	2.80	2.84	2.78	2.82	2.74
13	2.88	2.96	2.83	2.85	2.81	2.79	2.78	2.76	2.77	2.73	2.75	2.68	2.73	2.66
14	2.80	2.89	2.75	2.79	2.73	2.72	2.70	2.69	2.69	2.66	2.67	2.61	2.65	2.58
15	2.72	2.84	2.73	2.65	2.66	2.66	2.63	2.61	2.60	2.58	2.59	2.52	2.57	2.51
17	2.64	2.76	2.60	2.68	2.58	2.60	2.55	2.57	2.54	2.54	2.53	2.46	2.46	2.45
18	2.57	2.73	2.53	2.62	2.51	2.55	2.48	2.51	2.47	2.48	2.45	2.42	2.42	2.39
19	2.51	2.69	2.47	2.57	2.44	2.50	2.41	2.46	2.40	2.43	2.38	2.37	2.38	2.33
20	2.44	2.64	2.41	2.53	2.38	2.45	2.35	2.41	2.34	2.38	2.33	2.31	2.29	2.28
21	2.38	2.60	2.35	2.48	2.32	2.40	2.29	2.36	2.28	2.33	2.28	2.28	2.23	2.23
22	2.33	2.56	2.30	2.44	2.27	2.36	2.24	2.32	2.23	2.29	2.21	2.21	2.18	2.17
23	2.27	2.52	2.24	2.40	2.21	2.31	2.18	2.27	2.17	2.24	2.15	2.17	2.12	2.12
24	2.23	2.48	2.19	2.36	2.18	2.28	2.13	2.24	2.12	2.20	2.10	2.13	2.07	2.08
25	2.18	2.43	2.14	2.33	2.11	2.24	2.08	2.20	2.08	2.17	2.05	2.09	2.02	2.05
26	2.14	2.39	2.09	2.29	2.06	2.21	2.04	2.17	2.03	2.13	2.01	2.08	1.97	1.98
27	2.10	2.35	2.05	2.26	2.02	2.17	2.00	2.13	1.98	2.10	1.98	2.03	1.83	1.85
28	2.08	2.32	2.01	2.23	1.98	2.14	1.95	2.10	1.94	2.07	1.92	1.98	1.88	1.81
29	2.03	2.28	1.97	2.19	1.94	2.11	1.91	2.07	1.90	2.04	1.88	1.95	1.85	1.87
30	1.99	2.25	1.93	2.16	1.90	2.08	1.87	2.07	1.86	2.01	1.83	1.93	1.81	1.83
31	1.96	2.21	1.89	2.13	1.88	2.05	1.83	2.01	1.82	1.98	1.80	1.80	1.77	1.80
32	1.92	2.18	1.86	2.11	1.83	2.03	1.80	1.99	1.79	1.95	1.76	1.87	1.74	1.76
33	1.89	2.15	1.82	2.08	1.79	2.00	1.76	1.95	1.75	1.92	1.72	1.85	1.70	1.73
34	1.86	2.12	1.79	2.05	1.76	1.97	1.73	1.93	1.72	1.90	1.69	1.82	1.67	1.70

**Factor de erosión - jurta sin pase jurta - acortamiento pavimentado**  
K - módulo de reacción sub - rasante (log/cm)

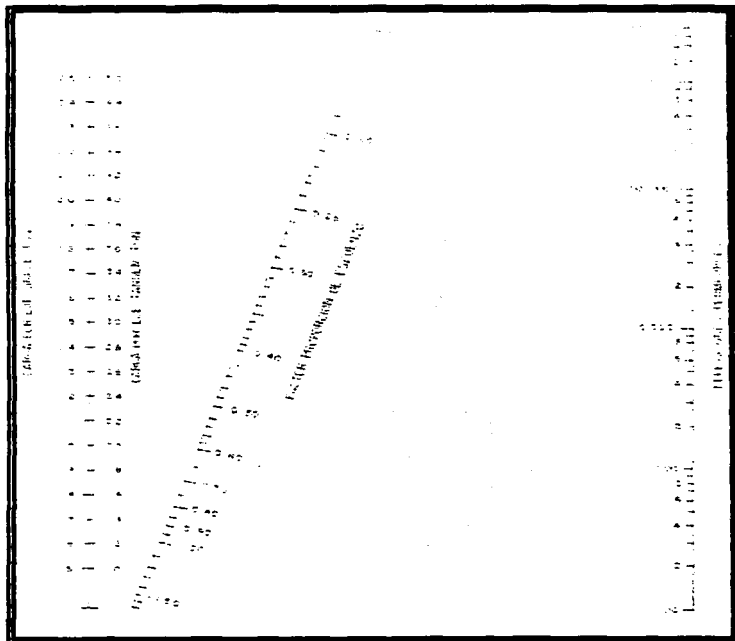
Espesor de la losa cms	2		4		6		8		10		15		20 +	
	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem	Eje simple	Eje tandem
12	3.25	3.29	3.20	3.19	3.18	3.13	3.17	3.11	3.18	3.08	3.13	3.04	3.11	3.00
13	3.16	3.23	3.11	3.12	3.08	3.08	3.08	3.04	3.08	3.02	3.03	2.97	3.01	2.95
14	3.08	3.17	3.03	3.08	3.00	2.99	2.99	2.97	2.98	2.95	2.95	2.90	2.93	2.87
15	3.00	3.13	2.96	3.00	2.92	2.92	2.91	2.91	2.90	2.89	2.89	2.83	2.86	2.80
16	2.93	3.08	2.88	2.94	2.85	2.86	2.84	2.85	2.82	2.82	2.79	2.77	2.77	2.74
17	2.87	3.01	2.81	2.89	2.78	2.82	2.77	2.79	2.75	2.77	2.72	2.71	2.70	2.68
18	2.80	2.97	2.74	2.84	2.71	2.77	2.70	2.74	2.69	2.71	2.68	2.65	2.64	2.62
19	2.74	2.92	2.68	2.80	2.65	2.72	2.64	2.69	2.62	2.68	2.60	2.60	2.57	2.57
20	2.68	2.88	2.62	2.76	2.59	2.68	2.58	2.64	2.56	2.62	2.53	2.55	2.51	2.51
21	2.63	2.84	2.57	2.71	2.53	2.64	2.52	2.60	2.51	2.57	2.48	2.50	2.48	2.47
22	2.58	2.80	2.51	2.68	2.48	2.59	2.47	2.58	2.45	2.53	2.42	2.46	2.40	2.42
23	2.53	2.77	2.46	2.64	2.43	2.56	2.42	2.51	2.40	2.48	2.37	2.41	2.35	2.37
24	2.48	2.74	2.42	2.60	2.40	2.52	2.37	2.48	2.36	2.45	2.34	2.38	2.33	2.35
25	2.44	2.71	2.37	2.57	2.34	2.46	2.33	2.45	2.31	2.42	2.28	2.34	2.28	2.29
26	2.40	2.68	2.33	2.54	2.30	2.48	2.28	2.41	2.27	2.38	2.24	2.31	2.22	2.25
27	2.36	2.65	2.29	2.51	2.28	2.43	2.24	2.38	2.22	2.35	2.20	2.27	2.17	2.21
28	2.33	2.62	2.26	2.49	2.25	2.40	2.20	2.35	2.18	2.32	2.18	2.24	2.13	2.18
29	2.29	2.60	2.22	2.48	2.18	2.37	2.18	2.33	2.14	2.30	2.12	2.21	2.09	2.14
30	2.26	2.57	2.18	2.43	2.15	2.35	2.12	2.30	2.11	2.27	2.08	2.18	2.08	2.11
31	2.22	2.55	2.15	2.41	2.11	2.32	2.08	2.27	2.07	2.24	2.04	2.15	2.02	2.07
32	2.19	2.52	2.11	2.38	2.08	2.29	2.05	2.25	2.03	2.22	2.01	2.13	1.98	2.03
33	2.16	2.50	2.08	2.36	2.07	2.27	2.02	2.22	2.00	2.19	1.98	2.10	1.88	2.01
34	2.13	2.48	2.05	2.34	2.01	2.25	1.98	2.20	1.97	2.17	1.94	2.07	1.82	1.98

8. Se obtienen las repeticiones o pasadas de cada tipo de vehículo o de cada tipo de carga en un periodo de diseño dado de acuerdo a la formula.



$$n_i = (n_o)(F.C.) (D) (C) (365) (A)$$

9. Las repeticiones o pasadas permisibles se obtienen al entrar en el nomograma correspondientes, con la *proporción de esfuerzos* definida y el valor de *cargas* de la columna No. 2. El número de pasadas permisibles se anotarán en la columna No 4 para el caso de análisis por fatiga, en el caso de que el valor o la línea imaginaria trazada de acuerdo a los parámetros antes mencionados, el valor será "indeterminado" lo cual nos dirá que para este tipo de cargas no provocara la falla sin importar el número de pasadas calculadas.



DISEÑO CON  
 FALDA DE ORIGEN

10. En la columna No 4 se obtienen los porcentajes de fatiga dividiendo la columna 3 entre la No 4, y multiplicando el resultado por 100.
11. Se suman los porcentajes de daños parciales y se colocan al pie de la tabla de calculo.
12. Se obtienen las repeticiones permisibles por erosión del nomograma, entrando con los factores de erosión, tomados de la tabla de factores por erosión y las cargas afectadas por el factor de seguridad de la columna No 2.

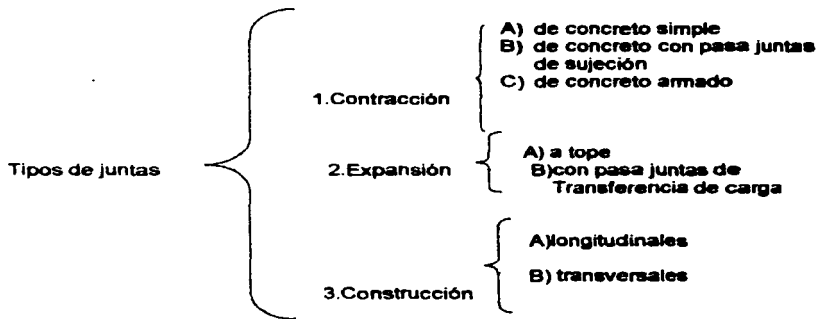
CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	FACTORES DE EROSIÓN	FACTORES DE SEGURIDAD	CARGA AFFECTADA	CARGA AFFECTADA	CARGA AFFECTADA
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
11.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
12.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
13.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
14.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
16.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
17.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
18.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
19.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
21.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
22.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
23.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
24.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
26.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
27.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
28.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
30.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
31.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
32.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
33.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
34.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
35.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
36.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
37.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
38.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
39.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
40.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
41.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
42.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
43.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
44.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
45.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
46.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
47.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
48.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
49.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
50.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

13. Los porcentajes de erosión se obtienen dividiendo los valores de la columna 3 entre los de la columna 6 y multiplicando el resultado por 100.
14. Al igual que en el análisis por fatiga se suman los porcentajes y se anotan en la parte inferior de la hoja de calculo.
15. Si a partir de un rango de cargas el número de pasadas es ilimitado, ya no es necesario obtener el porcentaje de daño de las columnas 5 y 7.
16. En el caso de que alguna de las sumas ya sea de la revisión por *Fatiga* o por *Erosión*, tenga como resultado un numero mayor al 100 % el diseño se rechaza y se proponen valores diferentes como puede ser un *Espesor mayor*, teniendo como opción el proponer una base con *mayor Módulo de Resacción* o un concreto con *Módulo de Ruptura mayor*.



## JUNTAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

Una de las necesidades en el proyecto y construcción de los pavimentos rígidos son las juntas ya que se crean para evitar la formación de grietas sin control que son inducidas por el secado, los cambios de temperatura y los cambios en los contenidos de agua en la losa causando los efectos de contracción y dilatación, se clasifican en:



### JUNTAS DE CONTRACCIÓN

a) **JUNTAS DE CONCRETO SIMPLE.** Reciben este nombre ya que no cuentan con ninguna cantidad de acero dentro de la masa de concreto, cuando se construyen o diseñan los pavimentos rígidos con este tipo de juntas la relación de largo/ ancho de la losa debe de ser menor de 1.25, siendo muy usual el valor de 1.15; o en su caso que no tengan un largo mayor a 4.5 m .

b) **JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN CON PASA JUNTAS DE SUJECCIÓN.** Un pavimento podrá diseñarse con o sin pasa juntas, ello estará en función de la estructura deseada, del tipo de tránsito y de las condiciones ambientales, se recomienda el empleo de pasa juntas para tránsitos intensos y pesados; cuando la longitud de las losas sea mayor de 4.5 m y un ancho de franja de 3.6 m (una relación mayor de 1.25 pero menor de 1.4) y menor de 6.5 m se utilizarán pasa juntas de sujeción, para ello se emplean generalmente varillas de diferentes diámetros incrustadas en el concreto en el aserrado de juntas hacia la mitad del espesor con una longitud de 40 CMS en cada losa para la mejor distribución de las cargas del tránsito. La separación de los pasa juntas estará en función del espesor

de la losa así como de la resistencia de las capas inferiores y del diámetro de la varilla usada, las separaciones se obtienen de las graficas que a continuación se muestran. Si se desea una mayor distancia entre juntas 6.50, se deben de colocar pasa juntas con ayuda de

### JUNTAS PARA PAVIMENTOS RIGIDOS

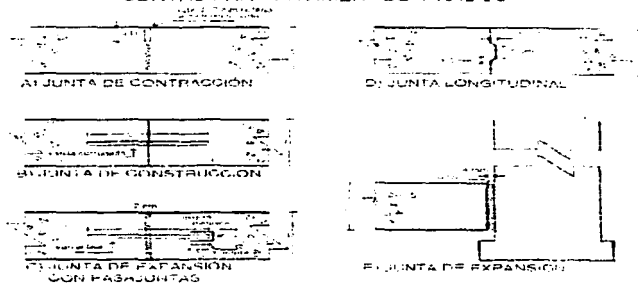
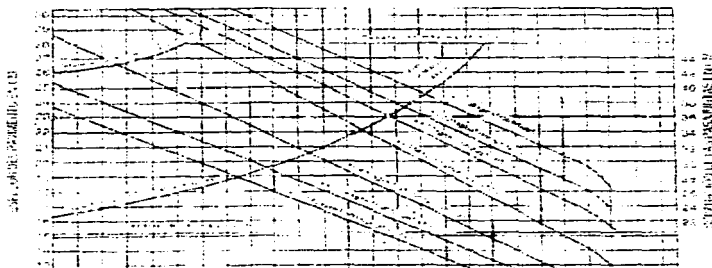
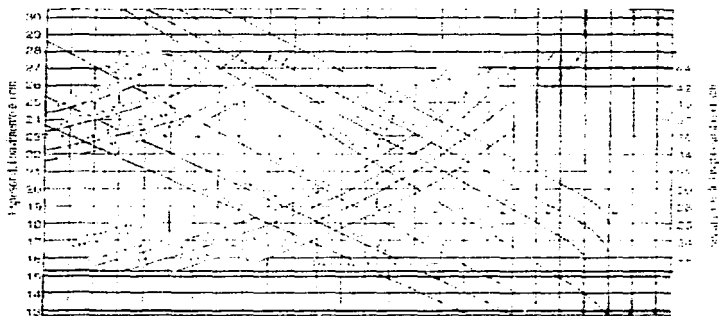


Fig. 11-12 Diferentes juntas que se construyen en los pavimentos de concreto rígido.

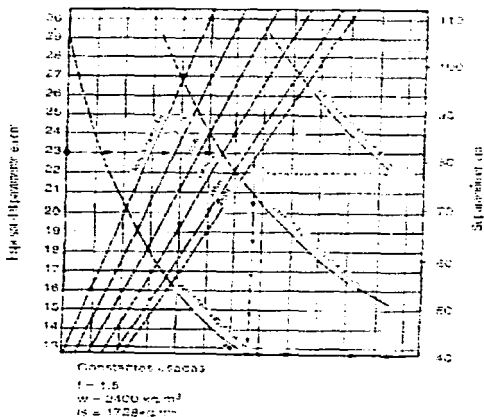


Gráficas para calcular la separación de las juntas de sujeción.

CON  
DE ORIGEN



Gráficas para calcular la separación de pasas juntas de transferencia de cargas para juntas de dilatación.



Gráficas para calcular la separación de pasas juntas de sujeción en las juntas longitudinales

### Dimensiones comunes en pasa juntas

Espesor de la losa en CMS	Diámetro de pasa juntas ,pulgadas	Longitud de la pasa juntas en CMS
12.5	5/8	30
15	¾	36
18	7/8	36
20	1	36
23	1 1/8	40
25	1 ¼	46
28	1 3/8	46
31	1 1/2	51

- a) **JUNTAS DE CONCRETO ARMADO.** Cuando la longitud de las losas es mayor de 6.5 m. se emplea un refuerzo continuo que representa un 6 % de acero de refuerzo con respecto a la sección de la losa el cual se colocará a medio espesor de la losa sin que el acero realice una función estructural.

### JUNTAS DE DILATACIÓN O DE EXPANSIÓN

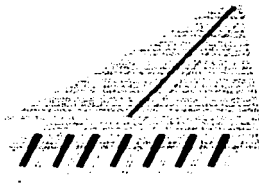
Son un tipo de juntas que evitan los esfuerzos en las uniones de los pavimentos de concreto con otra estructura diferente a este, se rellenan con cartón o con fibras asfálticas que se comprimen al presentarse esfuerzos.

- a) **A TOPE.** Se presentan en el cruce de una calle principal con respecto a una calle secundaria, en la unión de la pista de un aeropuerto con una calle de rodaje, en las uniones de las carpetas con estructuras rígidas o fijas como lo son los puentes o bien en el piso de una bodega con los cimientos.
- b) **JUNTAS DE EXPANSIÓN CON PASAJUNTAS DE TRANSFERENCIA DE CARGAS.** En estas juntas se colocan pasa juntas de varillas introducidas 40 CMS en cada una de las losas con un casquillo metálico engrasado en uno de los extremos de la varilla.

### JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN.

- a) **LONGITUDINALES.** Se presentan cuando se tienen varias franjas de pavimento. Por lo general se utiliza la de forma machihembrada, se utilizan generalmente para dividir la corona del camino en los carriles necesarios.
- b) **JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCIÓN.** Se presenta cuando se tiene que interrumpir el colado por alguna causa fortuita como pueden ser lluvia, un viento muy fuerte, que se acaben los agregados, o que se sufra alguna descompostura de maquinaria, que se termine la jornada de trabajo, etc. Se debe procurar dar un acabado vertical o terminar una losa completa

e introducir varillas de 1" de diámetro con una longitud de 40 CMS dentro de la losa y la misma medida afuera para a continuar el colado posteriormente.



**REQUERIMIENTOS EN LAS PASAJUNTAS:** deberán ser lisas de preferencia, una de sus mitades debe de tener engrasada o lubricada para evitar esfuerzos adicionales así como el de proteger a las varillas contra la corrosión, para la lubricación de pasa juntas se podrán utilizar diferentes materiales entre los que encontramos productos a base de emulsiones asfálticas, parafinas, aceites, etc.

### SELLANTES EN JUNTAS

Las juntas en los pavimentos rígidos son construidas por lo general a base de aserrado con discos en cuyos dientes se incrustan metales duros como lo es el diamante o el carburo de tungsteno, el aserrado se efectuará una vez que el concreto ha endurecido lo suficiente para que al incrustar el disco no se sufra despostillamiento, o desprendimientos; se debe de tener especial cuidado que se realice antes de que al concreto sufra agrietamientos prematuros, se considera un buen tiempo de 4 a 12 horas después del colado. Las grietas deben de presentarse una vez realizado el corte, después de la primer aserrada se realiza una segunda para ensanchar las dimensiones de la caja (las dimensiones estándar se presentan en las figuras siguientes) que alojará el cordón o tira de respaldo así como el material sellante, este material será del tipo plástico, generalmente silicon, el corte para inducir la grieta puede ser sustituido por la inserción de fajas de fieltro, una tira asfáltica, cartón asfaltado, etc.

Los sellantes deberán de soportar los esfuerzos de tensión y compresión sufridos por las losas por los cambios de temperatura, ser elásticos, resistir a los efectos de combustibles y de aceites automotrices, con propiedades adherentes al concreto y permitir las dilataciones y contracciones que presente la losa sin agrietarse, existen dos tipos de sellantes:

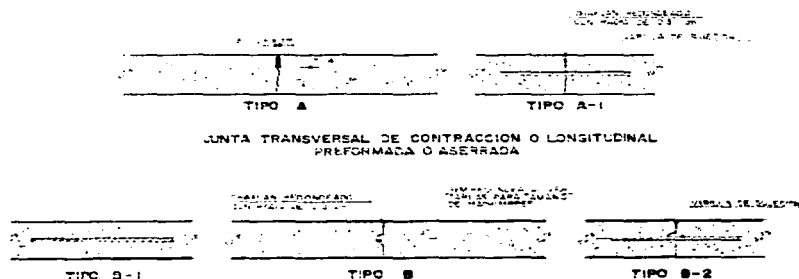
- Los formados en campo. Son aplicados en estados líquidos o semilíquidos (a base de silicones, poliuretano, poliuretano - asfalto) o también llamado solidificado a estado ambiente. El sellante se deberá adherir a los lados de



la junta o grieta en el concreto y deberá formar un sello efectivo contra la filtración de agua o de incrustación de materiales incompresibles. Para todas las juntas de la losa de concreto se deberá emplear un sellador de bajo modulo autonivelable.

- Los premoldeados. Son hechos por fabricantes en calidad y forma. Son tirillas de respaldo que se emplean para impedir la adhesión del sellador a la superficie inferior de la junta. La tirilla de respaldo deberá de ser de espuma de polietileno y de las dimensiones indicadas en los documentos de construcción, deberá de ser compatible con el sellador de silicón empleado ya que no se deberá presentar adhesión entre la tirilla y el silicón.
- En el caso de las juntas a tope, como lo pueden ser al encuentro de la losa con un puente; se colocarán placas y tiras de neopreno, estas deberán colocarse precisamente bajo las juntas de expansión en las transiciones, las tiras de neopreno deberán de ser de una sola pieza y colocadas con un pegamento que sea compatible con el concreto y el neopreno simultáneamente.

La PCA sugiere en las siguientes tablas las dimensiones de las cajas receptoras de los sellantes en función de los espaciamientos de juntas:



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILEN

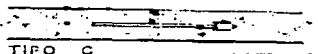
Espaciamiento de juntas en m	Ancho de la caja en cm	Profundidad de la caja en cm
5	0.84	1.27
6	0.95	1.27
9	1.27	1.27
12	1.60	1.60

**Sellos aplicados en campo**

Espaciamiento de juntas en m	Ancho de la caja en cm	Profundidad de la caja en cm
6 ó menos	0.65	1.12
9.2	0.95	1.6
12.2	1.12	1.905
15.3	1.27	2.23

**Sellos premoldeados**

SELOS PARA JUNTA DE EXPANSION



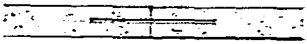
TIPO C

SELOS DE EXPANSION CON SELLO COMA TAMANO DE INDUSTRIAL

SELOS EN ESTE EXTREMO

**JUNTA DE EXPANSION**

SELOS EN ESCUINAS CON RADIO DE 2.5 CM

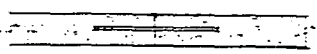


TIPO D

SELOS EN LAS ESCUINAS PARA TAMARCO Y ESPACIAMIENTO EN PASALUNTAS

**JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION**

SELOS EN ESCUINAS CON RADIO DE 2.5 CM

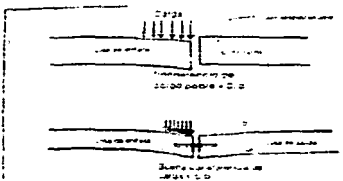


TIPO E

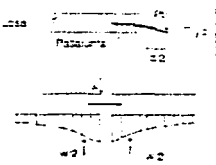
SELOS EN LAS ESCUINAS PARA TAMARCO Y ESPACIAMIENTO EN PASALUNTAS

**JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION SUJETADA**

Junta longitudinal de construcción



Pasante en la junta



Grupo de pasantes

## CAPITULO 3

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN PAVIMENTO RIGIDO CON EL METODO DE LA CIMBRA DESLIZANTE

Conforme avanza el tiempo, las sociedades crecen, y las necesidades de infraestructura aparecen en los países del mundo, con ellas la necesidad de dotar a todos de mejores y mas cómodos servicios, por lo que se deben realizar los trabajos que para ello se requiere con eficiencia, economía, rapidez y funcionalidad, para obtener un buen producto que satisfaga a todas estas necesidades.

Para obtener un buen producto es necesario dotarnos de una tecnología adecuada y muy actual, también así como algo que es básico, un personal capacitado para la correcta utilización; entre los estudios que se deben de realizar para escoger una tecnología o un método adecuado para la realización de un trabajo esta el de factibilidad para poder así saber cual de las opciones que se tienen es la mejor, la mas viable, o la mas conveniente para un caso dado, ya que para cada una de las opciones puede existir tecnologías y métodos diferentes para su ejecución.

En México la construcción de pavimentos rígidos no es nada nuevo, aun cuando no se haya realizado en grandes cantidades o en grandes obras hasta hace unas décadas, en el caso de autopistas o carreteras de gran importancia, ya que se tenia la preferencia por los pavimentos con carpetas de material asfáltico; en lo realizado con concreto hidráulico se utilizó una tecnología que fue lenta y hasta cierto punto "deficiente" ya que la mayoría de los procesos constructivos eran de forma manual y con cimbras fijas lo que hacia que las obras fueran lentas además de costosas.

En nuestro país se pueden observar calzadas y avenidas importantes, con pavimentos rígidos contruidos a base de "tableros", siendo un ejemplo de cómo se construfan los pavimentos de este tipo en épocas anteriores, hoy en día se construyen en las vialidades de las ciudades que cuentan poco tránsito, a pesar de que la construcción de estos pavimentos no se realizó con tecnología con la que hoy en día contamos, ni con las especificaciones y aún cuando no se conocía el comportamiento total de las losas de concreto, tenemos en ellas una muestra de la calidad de un pavimento rígido con el paso del tiempo, la durabilidad, y su buen comportamiento.

### 3.1 MAQUINARIA Y EQUIPO

En el mundo han surgido nuevas tecnologías para la construcción de los pavimentos rígidos, se han desarrollado para poder realizar grandes obras en la construcción de mejor infraestructura para el transporte en general, ofreciéndoles un mayor confort y un mejor comportamiento de las estructuras de los pavimentos, entre esta nueva tecnología que se ha utilizado con mas frecuencia en los países del primer mundo desde hace algunas décadas, se encuentra en México desde hace algunos años la llamada cimbra deslizante para pavimentos de concreto hidráulicos o los llamados rígidos.

A continuación se describen algunos de los equipos y la maquinaria que se utiliza en la construcción de un pavimento rígido con cimbra deslizante según se utilizan y el orden de aparición en la ejecución de una obra.

#### PARA LA ELABORACION Y TRANSPORTE DEL CONCRETO:

- ◆ CENTRAL DE PLANTAS DOSIFICADORAS
- ◆ CAMIONES

#### PARA LA COLOCACION Y TERMINACION DEL PAVIMENTO:

- ◆ PAVIMENTADORAS DE CIMBRA DESLIZANTE.
- ◆ RODILLOS VIBRATORIOS.
- ◆ REGLAS VIBRATORIAS.
- ◆ TEXTURIZADORAS CURADORAS.
- ◆ CORTADORAS DE CONCRETO

#### PLANTAS DOSIFICADORAS:

##### a) *Plantas de Mezclado Central.*

Son plantas que permiten la *elaboración del concreto con altos rendimientos y capacidades de producción.* Su uso es en proyectos de grandes magnitudes, producen alrededor de 7 a 9 m<sup>3</sup> por cada 1.5 minutos, la elaboración es de forma automatizada.

Son generalmente *plantas móviles* que se diseñan para un fácil y rápido montaje y desmontaje, se elaboran con altas especificaciones para que puedan soportar las cargas de trabajo durante el día. Son de fácil mantenimiento y limpieza.

De la variedad de plantas de mezclado central, encontramos desde las simples con un sistema de dosificación y una olla de mezclado o las que tienen integrado un tambor premezclador anterior a la mezcladora, el tambor recibe los materiales mientras que la olla descarga el concreto homogeneizado, tiene una buena capacidad de producción.

Para aumentar la producción, existen plantas de mezclado central "doble mezcladora" lo que hace más eficiente la dosificación, mientras una mezcladora homogeneiza el concreto, la segunda esta siendo dosificada, las cuales cuentan con dos líneas de carga.

Se deben de tomar en cuenta los principales pasos a seguir para habilitar una planta de mezclado:

- Selección del sitio
- Cimentación de la planta
- Movilización e instalación de la planta. Las plantas móviles se transportan en partes, se seleccionan en cada transporte una sección completa, manteniendo un orden y una secuencia para su colocación, para su instalación son necesarias grúas con capacidades de 80 a 100 ton. Así como el apoyo de personal capacitado.
- Calibración y ajustes. Este paso es de suma importancia antes de iniciar la producción del concreto, así como mantener un control periódicamente.

Los elementos a calibrar son:

Básculas  
Medidores de agua  
Dosificadores de aditivos  
Ajustes de las tolerancias de la dosis  
Ajuste de las señales y la información entregada por las computadoras  
Ajuste de los controles automáticos.

Para la *alimentación de los agregados a la planta*, se debe de contar con los suficientes cargadores que garanticen la producción sin interrupciones, alimentando dos o más tipos de agregados. Estas plantas cuentan por lo general con silos móviles de hasta 150 ton. De capacidad para el almacenamiento de cemento a granel, los silos deben de colocarse en un costado de la planta, la descarga de las pipas se hace mientras la planta esta en operación.

**El agua** es indispensable, no solo para la preparación del concreto si no también para el lavado de los camiones y para la limpieza de la planta, los camiones se limpian para evitar que el concreto se quede pegado en las paredes y después contamine al concreto que transportara; Estas necesidades en la planta pueden ser de 500 a 600 metros cúbicos de agua al día, es muy importante tener por lo menos un 20 % del consumo de agua diario.

**Los aditivos** en las obras se utilizan diferentes aditivos para darle al concreto condiciones requeridas según las necesidades, en este caso se utilizan para mejorar las condiciones durante el transporte y durante el extendido de la mezcla

por la pavimentadora, se utilizan depósitos móviles de aditivos que son fáciles de instalar y tienen una capacidad tal que permita el suministro del producto necesario para el proyecto.

Otros de los elementos que forman parte de la planta son:

- Generador de energía
- Un espacio para área de maniobras para los camiones en el acceso, espera, carga y salida.
- Almacén de insumos, refacciones y un taller.
- Laboratorio de la planta
- Área para los desperdicios.

En cuanto al **tráfico interno** dentro de la planta, debe de tener una circulación definida, una organización tal que permita circular a los camiones que cargan el concreto así como a los que suministran materiales, con ello se busca una mayor eficiencia, un menor tiempo de recorrido y la seguridad en la planta.

En la planta se deben de construir  **drenajes**  que permitan el desalojo de las aguas de lavado, desperdicios de producción, de servicios humanos así como de las aguas pluviales.

**b) Plantas dosificadoras con camión revolver.** Son utilizadas en proyectos de mediana y pequeña magnitud, en obras donde no se requiere una gran cantidad de concreto, pero que requieran un control de calidad en el mismo. El rendimiento que se tiene con este tipo de equipos es de 40 a 50 m<sup>3</sup> por hora, los materiales son dosificados por la planta directamente en un camión revolver por lo que será el encargado de realizar el mezclado adecuado de los componentes del concreto, por ello se le conoce como concreto premezclado que permite obtener concretos de alta calidad, existen plantas móviles las cuales se pueden transportar y montar fácilmente.

Una de las plantas de mezclado central mas utilizada cuenta con las siguientes características:

- ⇒ Producción promedio de 150 m<sup>3</sup>/hr. a 250 m<sup>3</sup>/hr.
- ⇒ Almacenamiento en silos de 500 a 800 ton.
- ⇒ Móviles.
- ⇒ Automatizadas y computarizadas.
- ⇒ Potencia requerido 120 hp.
- ⇒ Caseta de control con temperatura controlada.

- ⇒ Sistema automatizada de bachadas múltiples.
- ⇒ Tambores mezcladores de 10 a 12 yds<sup>3</sup>.
- ⇒ Capacidad de manejar 2 o 3 tipos de agregados
- ⇒ sistema colector de polvos
- ⇒ Tiempo de mezclado por bachada de 60 a 90 seg.
- ⇒ Báscula de precisión.
- ⇒ Sistema automático de corrección de humedad.
- ⇒ Sistema de generación de energía.
- ⇒ Cargadores frontales para la alimentación de agregados.
- ⇒ Depósito para el almacenamiento de agua.



Entre los equipos que complementan las plantas para la elaboración del concreto son:

- **Estaciones ambientales portátiles:** Son necesarias para controlar el buen comportamiento de la mezcla de concreto en edades tempranas, sobre todo en climas donde la humedad es baja y la temperatura es alta.

Las características más usuales que deben de cubrir estas plantas son:

- ⇒ Portátiles
- ⇒ Que permite medir las condiciones climáticas.
- Temperaturas
- Humedad
- Velocidad del viento
- etc.
- ⇒ Calcule y pueda monitorear la tasa de evaporación del agua del concreto.
- ⇒ Mantenga control de los problemas de contracción del concreto.
- ⇒ Que se pueda conectar a una computadora

- ⇒ Contar con un software de cálculo apropiado.
- ⇒ Ser automatizada completamente.
- ⇒ Tener un sistema de alarma durante el colado.

#### • **TRANSPORTACIÓN DEL CONCRETO**

##### CAMIONES.

Dependen del tipo de obra y de planta que se usará en la misma.

##### VOLTEO.

- ⇒ Chasis - cabina 6x4
- distancia entre ejes 5.54 m
- ancho total 2.26 m
- altura total 3.02
- longitud 8.38
- ⇒ Peso bruto del vehículo 29.9 ton.
- ⇒ Peso del vehículo 8.4 ton.
- ⇒ Motor 305 hp a 355 hp, a 2100 rpm.
- ⇒ Frenos dos posiciones.
- ⇒ Sistema de enfriamiento a base de agua
- ⇒ Transmisión de 9 a 10 velocidades.
- ⇒ Tanque de combustible de 379 lts.
- ⇒ Encendido electrónico.
- ⇒ Eje delantero sencillo.
- ⇒ Eje trasero en tandem.
- ⇒ Capacidad 14 m<sup>3</sup>

##### "FLOW - BOY"

- ⇒ Chasis - cabina 6x4
- distancia entre ejes 7.9 m
- ancho total 2.43 m
- altura total 3.12
- longitud 9.40
- ⇒ Sistema de aislamiento de la caja
- ⇒ Tapa trasera especial para el concreto
- ⇒ Banda transportadora de descarga horizontal.
- ⇒ Sección de la caja trapezoidal (a 60°)
- ⇒ Adaptable a cualquier tipo de cabina.
- ⇒ Capacidad 15 m<sup>3</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## PAVIMENTADORAS DE CIMBRA DESLIZANTE

Las *cimbras deslizantes* aparecieron por la necesidad de evitar las cimbras y los rieles utilizados comúnmente en la construcción de pavimentos de concreto, aparecieron por primera vez en los Estados Unidos en la década de los 50's, definiéndose como una herramienta necesaria para la formación de una figura geoméricamente consolidada, mediante el deslizamiento continuo de una cimbra alrededor de la masa plástica del concreto, esta maquina pavimentadora de cimbra deslizante es autopropulsable.

La maquina cuenta con el equipo necesario para la colocación del concreto que se ejecuta mediante extendedoras equipadas con tornillos sin fin, barra enrasadora, vibradores, aplanadores, placas niveladoras, allanador de terminado, que trabajan por lo general por medio de gatos hidráulicos, como equipos mínimos.

Existen en el mercado diferentes tipos de pavimentadoras y diferentes proveedores. Las maquinas empleadas en autopistas cuentan con potencias que van hasta los 298 Kw., y pueden alcanzar espesores máximos de 60 CMS. Los modelos de gran capacidad son desplazados sobre orugas, por lo general cuatro, las orugas son unidas por brazos que pueden girar hasta  $110^{\circ}$ , por lo que son maniobrables en cambios de dirección, y la transportación de las mismas, las variaciones en el ancho se consiguen mediante piezas que son atomilladas en el equipo.

Las extendedoras cuentan con gatos hidráulicos para elevar los escantillones o las compuertas dosificadoras, tres de ellos permiten tener diferentes elevaciones para cubrir las necesidades del proyecto en las sobre elevaciones por curvas así como los bombeos.

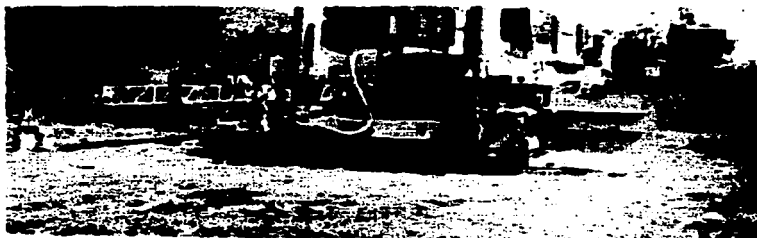
Los vibradores cuentan con un sistema de ajuste de alturas para adecuarlas a la losa, se alinean paralelos a la superficie de la losa.

Las cimbras metálicas deslizantes que van a los costados pueden levantarse para poder montarse en secciones de la losa ya terminadas y fraguadas en los comienzos de las juntas frías de comienzo de jornada, el escantillón puede ser cambiado para dar a la losa una diferente configuración de superficies no uniformes como lo puede ser una forma parabólica.

En algunos casos las pasa juntas se insertan en forma automática con un aditamento que se coloca en las pavimentadoras, el aditamento coloca dentro del concreto fresco la pasa juntas, detrás de la pavimentadora, la velocidad de inserción de pasa juntas es variable.

Algunos modelos de pavimentadoras se presentan en la siguiente tabla:

MODELO	POTENCIAS	ANCHO DE TRABAJO
SF550	400	5.5-15.2 m
SF350		3.66-11.60 m
SF250		3.66-9.75 m
SF175	142	Hasta 3.66 m de ancho ó 1.06 m de alto



Las características de una maquina de estas son las siguientes:

Pavimentadora de 4 tracks, tipo SF550 con DBI)

- ◆ Apoyada en 4 orugas
- ◆ Motor de 400 HP a 2100 rpm.
- ◆ Transmisión hidráulica hacia delante y hacia atrás.
- ◆ Velocidad de pavimentación de hasta 9.14 m/min.
- ◆ Dirigida por sensores.
- ◆ Velocidad de transportación de 18.3 m/min.
- ◆ Ancho de pavimentación de 5.5 m 15.2 m
- ◆ Espesor de pavimento máximo de 61.00 CMS.
- ◆ Altura de la pavimentadora de 4.42 m.
- ◆ Sistema hidráulico.
- ◆ Operación manual o automática.
- ◆ Con insertador de barras de armare
- ◆ Sistema automático de inserción de pasa juntas.
- ◆ Gusano frontal para la movilización de cargas de concreto.
- ◆ Vibradores de inmersión 10,000 rpm.
- ◆ Ajustable a pendientes transversales en 1 o 2 sentidos
- ◆ Flotador oscilante final.
- ◆ Peso aproximado 65.5 ton.
- ◆ Tanque para combustible 700 lts.
- ◆ Tanque de aceite hidráulico de 250 lts.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Texturizadora - curadora TC-250**

- ◆ 4 ruedas neumáticas.
- ◆ Motor a 56 HP, 42 kw, a 2500 rpm.
- ◆ Transmisión hidráulica para atrás y adelante.
- ◆ Sensores.
- ◆ Marco para soporte de yute.
- ◆ Control de profundidad de texturizado.
- ◆ Marco para colocación de peine metálico.
- ◆ Ancho de pavimentadora de hasta 15.2 m.
- ◆ Sistema de aspersión de membrana de curado.
- ◆ Operación manual o automática.
- ◆ Peso aproximado de 5.9 ton.

**Nota:** también existen texturizadoras – curadoras sin motor.

Otro de los elementos o de equipos necesarios e indispensables en la construcción de un pavimento de concreto hidráulico son las cortadoras de concreto fresco.

**Cortadora de concreto fresco.**

- ◆ Autopropulsada
- ◆ Motor de 20, 35, 65 hp a 2750 rpm.
- ◆ Profundidad máxima de corte de 6.5" (16.5 cm)
- ◆ Valeros y flecha sellados
- ◆ Control de disco electro – hidráulico.
- ◆ Enfriado de disco con agua.
- ◆ Encendido electrónico.
- ◆ Motor enfriado por aire.
- ◆ Peso de 280 Kg. a 660 kg.
- ◆ Contar con los accesorios de:
  - Kit de bomba de agua electrónico.
  - Kit de alumbrado.
  - Varilla de referencia.
  - Mofe silenciador.
  - Guarda disco de protección de 16".
- ◆ Velocidad de avance 70 m/min.
- ◆ Avance hacia delante y hacia atrás.
- ◆ Disco de diamante.
- ◆ Bomba de silicón de 208 lbs de sellador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE LOS EQUIPOS:**

Dentro de cada una de las obras que se realiza es esencial el mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos que son utilizados, es especialmente importante contar con un programa de mantenimiento diario con personal capacitado además de contar con equipo de respaldo para poder llegar a buen término en la obra. Es también importante tener a la mano herramientas y refacciones necesarias en caso de la descompostura de cualquier equipo para que se pueda tener una reparación muy rápida, ya que esperar dos o más días los repuestos o refacciones, resulta sumamente costoso.

TRABAJA CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS CON CIMBRA DESLIZANTE.

La técnica de pavimentación de concreto con cimbra deslizante apareció en 1955 por primera vez en los Estados Unidos, debido a la necesidad de evitar el uso de cimbras y rieles demasiado pesados que en este entonces eran utilizados para la colocación del concreto.

Anteriormente a la colocación de la losa de concreto se realizan actividades previas que son necesarias para llevar el proyecto a buen fin, para realizar estas actividades son necesarias una variedad de maquinaria que no se mencionan en este escrito.

#### PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA CAPA SUBRASANTE.

La construcción de la subrasante se presenta en dos casos generalmente, en terraplén y en corte, teniendo también el caso mixto.

En terraplén se construye en 2 capas de 15 CMS de espesor, se agrega la humedad óptima y compacta al 95 % del peso volumétrico seco máximo.

En corte, se representa dos casos:

1. Cuando el material del corte no cumple con las características físicas para la capa subrasante en este caso se abre caja a 30 CMS de profundidad y se coloca material de banco en dos capas de 5 CMS con la humedad óptima y el 95 % PVSM.
2. Este caso se da cuando el material del corte cumple con las características necesarias para la capa subrasante, se escarifican los últimos 15 CMS, se le agrega las Wop (Humedad Óptima) y se compacta al 95 % de PVSM.

TESIS CON  
FALLA DE CUBIERTA

#### PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA BASES Y SUB BASES

1. **EXPLORACIÓN.** Desde la etapa de selección de la ruta del camino a construir se buscará un banco de materiales, que sean duros, durables y resistentes, deben de ser depósitos o bancos de roca sana o fisurada, como lo son el basalto, la andesita, riolita o caliza; también se pueden tomar aglomerados o conglomerados depositados en playones de ríos o arroyos o ya sea en minas.

Se debe de tener especial cuidado con materiales que aparentan ser duros como lo es la lutita, y pizarras, ya que estos materiales se degradan con la intemperie y en el caso de materiales como la piedra pómez, o el azarón se son del tipo llamado resiliente, es decir; que con las cargas se deforman fácilmente lo que produce fallas en el pavimento, en el caso de usarse este tipo de materiales debe de rodearse de material firme como el tapetato.

2. **MUESTREO.** Se debe de realizar un muestreo para detectar las características de los materiales.  
Se traza una cuadrícula de 100 x 100 m en el banco de materiales en el cruce de cada eje se hace un pozo a cielo abierto de 1.50 x 2.00 m y una profundidad de 4.00 m como máximo; en una de las paredes laterales se hace una canal de 2.0 a 3.0 CMS de ancho y de 15 a 20 CMS de profundidad a todos los 4.00 m de profundidad del pozo, el material extraído es la muestra que por cuarteo se reducirá a 100 kg como máximo, en el caso que el material se encuentre muy cementado o sea roca, se obtendrán núcleos con máquinas extractoras.
3. **EXTRACCIÓN DE MATERIALES.** En el caso de material suelto se utilizarán palas mecánicas, en rocas se emplearán explosivos, para llevar el material se utilizan generalmente camiones llamados fuera de carretera o Euclides, para depositarlos en las trituradoras.
4. **TRATAMIENTOS PREVIOS.** Consisten en la disgregación, cribado, trituración parcial o total de los materiales extraídos.
5. **ACARREO A LA OBRA.** Se utilizan camiones de volteo de 6 m<sup>3</sup> hasta de 30 m<sup>3</sup>.
6. **TRATAMIENTO EN LA OBRA.** Cuando se mejora la calidad de los materiales que formaran parte de la base o sub. - base ya sea mediante estabilización mecánica o química realizada en la obra; normalmente se forma una cama con el material grueso, el material fino o cementante se tira en la parte superior y se mezclan con la motoconformadora la cual pasara los materiales de un lado a otro para darles uniformidad.
7. **COMPACTACIÓN:** Después de extender el material y homogeneizarlo se le agrega la humedad óptima ( se coloca arriba de la óptima para compensar pérdidas en caso de evaporación), se extiende y se mezcla con la motoconformadora de un lado para otro del camino, se compacta con un rodillo liso vibratorio al 95 % del PVS.M, se deja reposar por una semana.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una vez construida y nivelada la capa sub. – base o base según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones, se colocará una capa de arena de un espesor no máximo de 2 CMS para nivelar, se deberá humedecer antes de la colocación del concreto.

Previo a la elaboración del concreto se deberán de tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Elección de bancos de extracción de materiales como la grava y la arena.
2. Elaborar un proporcionamiento del concreto para obtener sus principales características, como lo pueden ser: la resistencia, el revenimiento, trabajabilidad, etc.
3. Se extraerán los materiales y se les dará el tratamiento previo de trituración y cribado en caso de ser extraído de bancos de rocas sanas o fisuradas, en el caso de minas deberán contar con las características necesarias descritas con anterioridad.
4. Acarreas al pie de la planta de mezclado o los patios habilitados para ello.



Triturado y cribado de agregados

### MEZCLADO DEL CONCRETO

El mezclado del concreto para autopistas o demás obras de importancia mayor se deberá de realizar en plantas con capacidad adecuada y que se encuentren en buen estado y calibradas.

Se determinará el tiempo mínimo de mezclado de cada planta a emplear, esto se hará mediante pruebas de uniformidad, el tiempo se tomará desde el momento en que todos los componentes sólidos se encuentren en el tambor de mezclado hasta el momento de la descarga, se realizarán pruebas de uniformidad de las mezclas teniendo diferentes contenidos de humedad y tamaño en los agregados gruesos.

En las siguientes graficas se muestra un proceso de elaboración del concreto:

# TEMAS CON FALSA DE ORIGEN

## 1. Materia prima para producir concreto



2. Los agregados  
Son piedras y arenas de diferentes tamaños que se obtienen de las canchales y representan del 60% al 75% aproximadamente del volumen total del concreto.

## 3. Los aditivos

Son sustancias químicas sólidas o líquidas, que se pueden agregar a la mezcla del concreto antes o durante el mezclado.

Los aditivos de mayor uso, se utilizan ya sea para mejorar la durabilidad del concreto endurecido, o para reducir el contenido del agua, también aumentan el tiempo de fraguado.



4. El agua  
Es el líquido más valioso para una mezcla, siendo su función el mezclar químicamente con el cemento.

## 5. El cemento

Es el material de mayor importancia en una mezcla, puesto que es el elemento que proporciona resistencia al concreto. Los cementos de uso más común en México son los cementos Portland gris tipo I y el C-2 purolánico, aunque también se emplean los tipos II y IV.



6. Mezcla de concreto  
Durante la etapa del mezclado, los diferentes componentes se unen para formar una masa uniforme de concreto. El tiempo de mezclado es registrado desde el momento en que la mezcladora y el agua son vertidos en la revoladora de cemento y así se empieza a rotar.

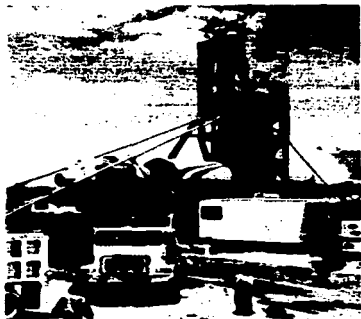
El proceso de elaboración del concreto presentado arriba fue tomado en su totalidad de la página electrónica de la cementera Cemex.



Ya conocidas las dosificaciones de los diferentes elementos que constituyen el concreto se colocaran en las tolvas alimentadoras de las plantas de mezclado para la elaboración del mismo; cada uno de los elementos se pesara o se medirá de acuerdo al proporcionamiento especificado además tomando en cuenta las restricciones en cuanto a las variaciones permitidas.

Se mezclarán los materiales en la planta central y se dotará a los camiones que transportaran la mezcla. Los aditivos líquidos se colocaran junto con el agua, en el caso de que se ocupen mas de un aditivo se deberán de dosificar por separado, a menos que sean compatibles y no tengan reacciones al mezclarlos.

Una de las guías utilizadas en el calculo del tiempo de mezclado se utilizan las recomendaciones de los fabricantes o las siguientes consideraciones: un minuto para cada  $\frac{1}{4}$  m<sup>3</sup> de mezcla, mas  $\frac{1}{4}$  de minuto por cada m<sup>3</sup> adicional de capacidad nominal del tambor, lo cual nos lleva a determinar que el tiempo de mezclado será en relación a la capacidad de la planta de mezclado.



## PREPARACIÓN DE LA PAVIMENTADORA DE CIMBRA DESLIZANTE

Para tener un mejor comportamiento de los equipos es necesario un chequeo previo al inicio de los trabajos, también la prueba de cada uno de ellos, la prevención de un desperfecto nos ahorrará tiempo y por consiguiente dinero.

Para la pavimentadora se realizará un chequeo general en el cual se revisaran principalmente los puntos que se mencionan a continuación:

- ◆ Deben activarse los sistemas hidráulicos tanto motrices como de transporte, compactación y vibrado del concreto, esto para detectar posibles fugas y conductos en mal estado, se debe de tener un especial cuidado en todos los sensores de dirección y de altura.
- ◆ Se debe de revisar el sistema neumático para garantizar en dado caso el uso de pistolas rompedoras de concreto, para la limpieza de la pavimentadora; además del suministro de agua se revisará la calidad de los elementos que proporcionan el acabado al concreto para tener seguridad que tendremos un terminado o una textura de calidad esperada.
- ◆ Los vibradores deben de estar en el lugar exacto para su correcta utilización y estar en buenas condiciones ya que no se permitirá una pavimentadora con los vibradores defectuosos.
- ◆ En caso de coronas y bombos en la losa se deberán ajustar los elementos necesarios para dar la forma proyectada, tanto en las zonas de recta como en las curvas. La llana metálica o finisher .
- ◆ Los sensores deben de colocarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, ya que existe un número considerable de fabricantes y de tipos de sensores, para ello se debe de contar con el personal especializado. Los sensores de altura se localizan adelante y atrás de la maquina y haciendo contacto en cada extremo con la línea guía. Las varillas de los sensores de altura deben de fijarse cerca de la horizontal, con la misma distancia entre la línea guía y el equipo, esta distancia deberá de ser de entre 20 y 25 CMS, la presión de la varilla deberá de ser ajustada cada que sea necesario durante la pavimentación.
- ◆ La texturizadora se probará con respecto a la respuesta que se tendrá de los peines en cuanto a las variaciones de la línea guía, los peines o el yute deberá de estar en perfectas condiciones, así como los orificios de las espesas de los aspersores de la membrana autocurante y el estado del deposito de la membrana así como los depósitos de la misma.
- ◆ Se deben de checar los equipos menores como la cortadora de concreto, los camiones para transporte del concreto, y los accesorios de mano que se utilizan para la terminación de la losa, también se tendrá un especial cuidado que la inserción de pasajuntas sea correcta ya sea por medios manuales o en su caso mecánicas, por lo que se checara el mecanismo utilizado para tal fin.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### TENDIDO DE LA LÍNEA GUÍA.

Según el proyecto geométrico del camino servirá para la colocación de las barras de soporte de las líneas, se colocan barras llamadas "pin" en los sitios correspondientes; estos puntos se marcan físicamente con clavos metálicos sobre estacas, normalmente son pintados para su fácil localización, se colocan normalmente a 150 CMS del borde de la losa, la barra o pin se clavan en la base de forma que no haya movimiento de la línea ante el paso de la pavimentadora, la texturizadora así como los movimientos que realiza el personal. Se formará una línea llamada " línea de pines" tomando una distancia entre cada uno de 8 a 10 mts, a diferencia de las rectas en las curvas se tomará de 5 mts máximo.

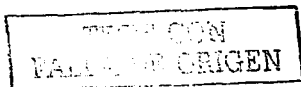
La máquina cuenta con sensores de altura por lo que la separación de los pines no debe de coincidir con esta, también se colocan líneas guía a ambos lados de la pavimentadora con el fin de tener mayor precisión en el perfil.

Se debe de tener especial cuidado en la colocación de las líneas guías y los pines con respecto de los diferentes sensores con los que cuenta la pavimentadora.

Los hilos o cuerdas de la línea pueden ser de diferentes materiales como los pueden ser de alambre, cables, nylon, los cuales deben de contar con las características necesarias, estas características son el resistir a la tensión además de ser ligeras para que guarden el alineamiento. En el caso de que los materiales no soporten los requerimientos de la obra y se lleguen a romper, se debe de contar con elementos de seguridad, si se llega a romper una cuerda o línea de seguridad debe de ser cambiada por una nueva sin añadir.

Es necesario mencionar que la varilla del sensor de la dirección de la máquina corre contra el interior de la línea guía, y la varilla del sensor de altura o elevación corre bajo la línea guía. La longitud de la cuerda o hilo que se tensa no debe de ser mayor a 200 mts y cuando existan traslapes de las cuerdas se harán a 20 mts como mínimo.

Una vez instalada la línea guía se verificará visualmente, cualquier duda o error posible, lo cual se verificará con el equipo topográfico según el proyecto geométrico del camino.



## INICIO DE LOS TRABAJOS

Antes de iniciarse una jornada de pavimentación deben de revisarse las medidas de seguridad y se deben de tomar las precauciones necesarias por todo el personal de la obra. Antes de iniciar se deben de prever los siguientes puntos:

- Se revisará todo el equipo a utilizar en la pavimentación.
- Se debe de tener un tramo considerable bien preparado para la pavimentación.
- Se dispone del material en volumen y calidad necesarios.
- Se cuenta con reservas.
- Equipos para pruebas en buen estado.
- Herramientas necesarias para la colocación del concreto.
- Aspersores suficientes.
- Vibradores manuales.
- Tener una buena comunicación entre la planta de fabricación del concreto y el frente de trabajo.
- Agua suficiente para la fabricación del concreto y las maniobras complementarias, así como para humedecer la rasante en el frente.
- Colocación de la línea guía.
- En caso de que el pavimento ya este avanzado se verificará la junta fría.
- Se deberá de verificar el insertador de pasa juntas o en su caso la correcta colocación de ellas.
- Se verificará el pronostico del tiempo.

Se debe de revisar especialmente que antes de iniciar el tendido del concreto se tenga saturada la base, ello para evitar la pérdida de humedad del concreto, lo que ocasionaría pérdida de resistencia.

## TRANSPORTACIÓN DEL CONCRETO.

Los trabajos de pavimentación darán inicio con la elaboración de dos o tres batchadas, que corresponde a dos o tres camiones, en el caso del uso de volteos, dicho concreto deberá de ser revisado en el laboratorio, se realizarán las pruebas de revenimiento, contenido de aire y peso volumétrico.

Una vez que el primer camión llega al frente de pavimentación se revisará por el jefe de pavimentación quien determina si se descargará o no, en el caso que se descargue se revisará por el laboratorio para determinar la pérdida de trabajabilidad que ha sufrido el concreto durante el viaje y se proceda a reajustar la producción en la planta; la uniformidad es un factor de suma importancia para obtener un buen trabajo.

La distancia de la planta al frente de trabajo será un factor determinante para el buen comportamiento y suministro del concreto ya que el tiempo de recorrido hacia y desde la entrega será regido por las condiciones del camino así como por

las condiciones de tráfico y el número de unidades con las que se contará para la transportación.

En el caso de que los revenimientos sean mayores de 4 CMS se deberá de limitar el tiempo de recorrido a no más de 30 minutos, el tiempo se podrá incrementar cuando las condiciones climáticas lo permitan, también con el uso de aditivos retardantes.

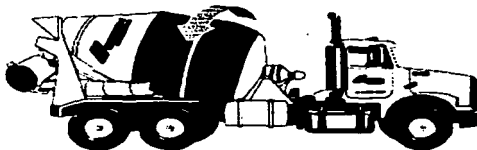
Se sugieren adoptar medidas como las siguientes::

- Emplear aditivos reductores de agua.
- Colocar lonas sobre las mezclas para su transporte y así evitar el secado de la mezcla.
- No se debe de colocar agua a la mezcla para aumentar su trabajabilidad.

Los primeros viajes de concreto se enviarán con un revenimiento alto para poder ir reduciendo, a este concreto se le conoce como de carga de la pavimentadora, se envía comúnmente con un revenimiento de 8 CMS para que se ajuste a uno de 5 o 6 CMS, con el fin de sobreponer las pérdidas de trabajabilidad, este concreto por ser el primero se extenderá prácticamente a mano ya que la extendidora necesitará una mayor cantidad de concreto para iniciar su trabajo normal. En esta etapa también se lleva un control de los espesores colocados. En el caso de vaciar sobre la extendidora se debe de contar con una retroexcavadora para repartir, colocar concreto faltante y ayudar a la extendidora a colocar el concreto en el tomillo sin fin.

En esta etapa se cuidara:

- La trabajabilidad de la mezcla.
- La relación agua / cemento de proyecto
- Volúmenes suministrados
- Espesor colocado
- Calidad de superficie
- Ajuste de la velocidad de avance del tren.
- Se calcula una rutina de rendimiento.
- La calidad de colocación de las barras de sujeción de las pestañas.





vaciado del concreto frente a la esfendadora, en el detalle se muestra la línea guía.

## PAVIMENTACIÓN CON CIMBRA DESLIZANTE

En el caso de las *pavimentadoras de cimbra deslizante* modernas cuentan con un mecanismo para acomodar el concreto dividiéndose en la recepción que va junto con el acomodo o acomodamiento, el vibrado y la compactación, y el perfilado o también llamado extrusado.

Antes que nada se deberá tener en cuenta que las máquinas o equipos no realizan solos todo el trabajo, también debemos de tomar en cuenta al personal o los llamados recursos humanos que dan los puntos mas importantes para la buena ejecución de los trabajos y esto es con ayuda de los equipos y materiales.

1. El concreto se coloca frente a la pavimentadora y se distribuye por medio de un tornillo sin fin o también llamado gusano, el tornillo controlado por el operador permitirá transportar el concreto al frente de la pavimentadora para repartirlo y dosificarlo hacia los lados de la máquina.

Algunas máquinas cuentan con un receptáculo entre el tornillo sin fin y el panel o plancha de cimbrado que contiene los vibradores la cual se llama caja de lechada, es una caja cerrada frontalmente por el strike-off y el chasis de la máquina, en las máquinas que cuentan con esta caja de lechada se encontrará inmediatamente frente al tornillo una lamina metálica horizontal o strike-off que sube o baja según las indicaciones del operador, esta debe de ser ajustado a las condiciones de pendientes transversales del camino, ya sea bombeo o corona



2. Al avanzar la maquina, esta acondiciona una compuerta o escantillon que dará paso a la cantidad necesaria de concreto para cumplir con el espesor de la losa.
3. Después de tendido el concreto se procederá al vibrado y acomodamiento del mismo, los vibradores entran en acción con el fin de fluidizar y compactar el concreto.

En las pavimentadoras encontramos dos tipos de vibradores, unos son los internos que se localizan en la caja de vibradores o de lechada, los segundos o también llamados de piso que son utilizados para el mejoramiento del acabado.

En las pavimentadoras que no cuentan con caja de lechada se encuentran los vibradores después de el tornillo sin fin y antes del molde o placa extrusora, los vibradores hacen que las burbujas de aire y agua suban a la superficie y exploten haciendo reducir el volumen de la mezcla. Entonces tendremos la respuesta del porque los vibradores, tienen dos funciones: consolidar el concreto y hacerlo fluido para que pase por el molde o caja extrusora y la eliminación de vacíos.

Un vibrador es un embolo que gira en el interior de un tubo, la energía que se produce por el vibrador es controlada desde la cabina de mando de la pavimentadora, evitando que la velocidad de trabajo del vibrador, sea mayor o salga del rango de 7000 y 9000 VPM. La posición de los vibradores debe de ser tal que no haya huecos o zonas en las cuales no llegue a vibrarse el concreto, por lo que los colocaremos de forma traslapada para evitar la segregación de la mezcla, además se debe de tener especial cuidado en el vibrado del borde de la losa, debe de saberse la vibración que se le dará a la mezcla para evitar problemas como una segregación por mas vibrado, un mal acabado por poca vibración lo que reducirá la resistencia por el mayor contenido de vacíos.

4. Detrás de los vibradores se encuentra una barra o cuchilla llamada tamber - bar, encontrada solamente en algunas pavimentadoras; esta es usada para profundizar fragmentos de grava que hayan quedado expuestamente en la superficie.

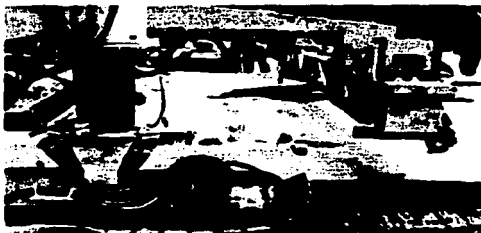
## TERMINACIÓN

Después de colocar el concreto es necesario afinar la superficie así como las pendientes dejadas por el equipo para dar la forma definitiva de la losa.

Al final encontramos una placa extrusora de concreto ( profile - pan), la cual dará la forma a la losa, en este paso se debe de tener bien definida la forma de la losa, la placa no debe de tener abolladuras o deformaciones que den el perfil de la losa, a los lados de la pavimentadora corre la cimbra deslizante la cual va siendo arrastrada sobre la base según el perfil del suelo.

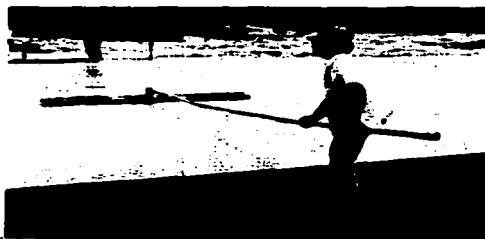
Con la cimbra deslizante se obtiene un trabajo de calidad en donde la losa será de una forma geométrica definida con una superficie uniforme tanto en las dimensiones horizontales como en las verticales; se realiza una colocación uniforme y homogénea del concreto.

Para dar a las losas una terminación o acabado de buena calidad se cuenta con llanas de gran variedad en dimensiones y formas, las llanas de mayor uso en las pavimentadoras de cimbra deslizante son las de perfil scanalado y tratadas con tungsteno conocidas como de canal o de avión.



Aplanado mecánico en la parte posterior del equipo

Detrás de la pavimentadora y de las reglas encontramos personal el cual ayuda a terminar con las imperfecciones que pudieran haber permanecido después del paso de la maquina, pueden quedar zonas cacarizas o protuberancias, el personal contará con allanadoras de gran tamaño y mangos lo suficientemente largos para que permitan alcanzar la parte media del pavimento.



Terminación y alzado final con allanadoras manuales



## COLOCACIÓN DE BARRAS DE SUJECIÓN O PASAJUNTAS

En la actualidad la mayoría de las pavimentadoras cuenta con aditamentos para la inserción de pasa juntas mecánicamente en las juntas longitudinales así como para las uniones con acotamientos, la colocación de las barras debe de ser según marca el proyecto.

Las barras de amarre se colocan a la mitad del espesor de la losa, una separación y con una longitud dentro de la losa según el proyecto el cual nos dirá también el diámetro de las mismas, las barras se pueden colocar en silletas antes de la colocación del concreto, cuando se colocan de esta manera se realizará de forma manual, cuando se colocan mecánicamente se colocarán cuando el concreto este en estado plástico.

Los insertadores automáticos de barras se acondicionan en la parte posterior de la pavimentadora, después de la colocación de la barra tendremos una placa flotante que borra las marcas de inserción.

Es común el empleo de personal que suministre las pasa juntas a la máquina, se suministran en un dispositivo especial.



Inserción de barras de sujeción en las juntas longitudinales en la parte posterior de la pavimentadora

## TEXTURIZADO

La seguridad en una carretera la dará una serie de cuestiones en las cuales se consideran la distancia de frenado de los vehículos determinado por la adherencia o fricción que se encuentra entre las superficies que estarán en contacto las cuales serán neumático - concreto.

Posteriormente a los trabajos de tendido y corrección de defectos en la losa se procederá al texturizado longitudinal o el igualmente llamado micro texturizado en la superficie de la losa la cual se ejecutará con una tela de yute húmeda.

cuando la superficie toma un tono mate se podrá iniciar el texturizado, la velocidad de aplicación deberá de ser la suficiente para evitar el levantamiento del concreto, se deberá de tener limpieza en la tela y procurar que el tejido en la tela sea continuo y que se encuentre en buen estado.

Las variables a controlar en este paso son la humedad de la tela, el tiempo de aplicación y la velocidad de aplicación; el exceso de humedad se presenta con burbujas de agua detrás del paso de la manta, si falta humedad el concreto se levantará al paso de la tela de yute, en este caso se agregará agua rociándola con una bomba manual.

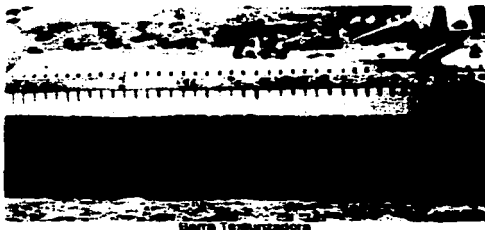
En algunos casos se utiliza pasto sintético o cuero para la realización del micro texturizado en lugar de la tela de yute.

Un segundo texturizado ( macro texturizado) se realiza con peines metálicos en forma transversal, este texturizado permite la rápida evacuación del agua evitando el acuaplaneo de los automóviles. El proceso de texturizado se realiza mediante una Texturizadora, los sensores de la Texturizadora usan como referencia para sus movimientos las líneas guía de la pavimentadora lo que permite tener un especial manejo de los traslapes y separaciones de las líneas, sobre todo en las curvas horizontales.

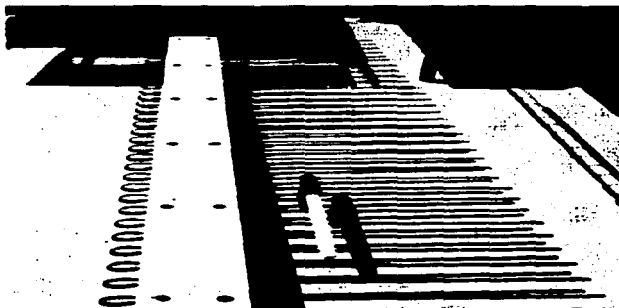
En este texturizado las variantes a cuidar corresponderán a las siguientes: el tiempo de aplicación, la profundidad del texturizado y la separación de las cordas.

El tiempo de aplicación será de acuerdo con la experiencia del operador de la maquina, debe de evitar el texturizado tardío ya que obligara a ocupar una mayor presión o profundidad lo que terminaría sacando agregados del concreto lo que daría a la losa un acabado deficiente.

La profundidad del texturizado será entre 3 y 6 mm, es importante la utilización de peines en buen estado y que cuenten con todos sus dientes, limpios y bien alineados.



Barra Texturizadora



Espaciamento entre cerdas metálicas

## CURADO DEL CONCRETO

Existen diferentes formas de curar las losas recién colocadas; método húmedo, por medio de aspersión o rociado de agua, arpilleras húmedas, arena húmeda, etc., y el método de membranas, estas son membranas que se forman al aplicar compuestos para el curado (polietileno saturado, etc.).

Este paso se desarrolla aplicando en la superficie de la losa una membrana de auto curado a razón de un litro por metro cuadrado, lo cual dará un espesor promedio de un milímetro, que dejará una membrana impermeable y consistente de color claro que impide la evaporación del agua contenida en el concreto fresco.

La aplicación de dicha membrana se realiza mediante la aspersión de productos curadores sobre la losa de concreto fresco, esto se realiza con la ayuda de la Texturizadora - curadora, en la Texturizadora encontraremos un depósito para la membrana de curado y conductos que llevarán el producto a los aspersores o espreas.

Los materiales de curado cuentan con un color blanco ayudando a la losa a no concentrar el calor, igualmente permite distinguir las zonas que se trataron y las que faltan por tratar, presentan una viscosidad alta y un secado al tacto en un lapso no mayor de 30 minutos.

Se deberá de cuidar que los materiales de membranas de curado permanezcan en recipientes totalmente cerrados antes de su uso, se debe de homogeneizar antes de su uso para garantizar su uniformidad.

El curado se coloca después de efectuar el texturizado transversal, la losa con la membrana se deberá de cuidar de acciones que pudieran dañarla como lo pueden ser: acciones de origen climático, herramientas o del paso de equipos. En el caso de haber un tramo de película dañada se restituirá.



Aspersión de la membrana de curado con la máquina de texturizado - curado

### MODULACIÓN DE LAS LOSAS

Al decir modulación de las losas nos referimos a proveer la geometría de tableros especificada en el diseño del pavimento que se construye, esto es para inducir el agrietamiento de la losa en una forma controlada durante los cambios de temperatura del concreto, disminuir o aliviar los esfuerzos de las losas de manera programada.

El concreto una vez tendido se protegerá de cargas o tráfico de cualquier tipo en un periodo comprendido entre 5 a 12 horas, esto dependerá de las condiciones climáticas, antes de realizar el corte y sellado de las juntas.

En el proceso de tendido antes del texturizado se podrá tener las medidas en las cuales se encontrarán las juntas, ello para prever el corte con el disco y evitar un desgaste mayor, para ello se realizará una breve operación que consiste en separar o sumir los agregados gruesos en la superficie de corte, lo anterior se logra al introducir una lamina conociendo el lugar en donde se encontrará la junta evitando así pérdida de tiempo y mayor desgaste de los discos utilizados para el corte en las juntas, la lamina se introducirá unos 5 a 6 CMS, tendrá un espesor de 4 a 6 mm. Se introducirá durante unos diez a quince minutos, se rellena la ranura con lechada de cemento.

La modulación se realizará con un polvo mineral de color para permitir al operador de la cortadora localice rápidamente el lugar del corte si se realiza en la noche, aún cuando el equipo cuenta con iluminación.

## CORTE DE LAS JUNTAS EN EL CONCRETO

Después del curado de las losas se procede al corte de las juntas longitudinales y transversales, para lo cual se emplearán cortadoras con discos abrasivos en caso que se realicen los cortes en seco, y en el caso que se realicen en forma húmeda serán discos de diamante; los cortes se realizarán dentro del periodo comprendido entre las 4 y 12 horas después del curado, que es cuando las condiciones del concreto son las óptimas para el corte de juntas.

El cortar antes o más rápido nos llevará a que se presenten problemas de despostillamiento de las losas, en el caso de que se corte demasiado tarde se presentarán agrietamientos no controlados.

Deberán de realizarse los cortes transversales primero y después los longitudinales, para realizar estos últimos se utiliza una guía ajustable a los bordes de la losa, para garantizar un correcto alineamiento de la vía.



cortadora de concreto

La profundidad del corte varía en función de la losa, es común que la profundidad sea entre  $1/3$  a  $1/4$  del espesor de la losa.

En el aserrado de las juntas se tendrá un primer corte en el cual se marcará la junta con un disco de unos 3 mm de espesor, después se ensancharán, el ensanchamiento servirá para obtener las dimensiones de proyecto para así obtener el suficiente espacio donde se alojará el material sellante y obtener el llamado factor de forma apropiado (según proyecto), en ancho y profundidad, para un buen comportamiento del material sellante.

El corte para ensanche se realiza con una cortadora de corte húmedo con un disco de 8 mm de espesor, este formado por dos de 3 mm de espesor, el corte se realizará hasta  $1/3$  del espesor de la losa.

### LIMPIEZA Y SELLO EN LAS JUNTAS

Después de los trabajos de corte se procede a la limpieza de juntas, este paso es por demás importante en el proceso constructivo de las juntas ya que se evita que materiales incompresibles se alojen dentro de ellas, además de evitar que polvos y algunas otras partículas extrañas puedan alojarse y no permitir la perfecta adherencia entre el material sellante y el concreto.

Los principales pasos a seguir en esta actividad son:

- a) Lavar las juntas con agua a presión.
- b) Realizar el rasqueteo o limpia de la junta.
- c) Secar con aire a presión.



Aplicación de aire para la limpieza de una caja receptora de sellante en una junta transversal

- d) Se inserta una cintilla llamada de respaldo o becker – rod.



Insertión de la tira de respaldo de poli estireno, previo a la aplicación del sello

- e) Aplicación del material de sellado con el equipo correspondiente para este trabajo.



Junta transversal ya sellada. Nótese una ligera depresión del material del sellante respecto a la superficie del pavimento

Se requiere el siguiente equipo:

1. Tanque de agua con bomba, el cual suministrará el agua a presión.
2. Compresor para limpieza y para la aplicación del material de sellado.
3. Herramienta para la inserción del cordón o backer - rod.
4. Bomba de silición para la aplicación del material sellante.

### CONSIDERACIONES IMPORTANTES

A continuación del corte inicial, las losas deberán ser protegidas de todo tránsito por 72 hrs. , en el caso de que existan mas carriles para colocación de concreto el tren de pavimentación podrá correr por la nueva superficie después de 72 hrs. Con algunas restricciones y limitaciones, ello para evitar el daño en la superficie de la losa; en el caso del tránsito pesado se evitará en por lo menos 10 días, o cuando el concreto haya alcanzado una resistencia a la flexión de 32 Kg. /cm<sup>2</sup>.

### JUNTAS FRIAS

Las juntas frías deben de planearse adecuadamente para mantener una uniformidad en el pavimento y así evitar faltantes o sobrantes de concreto, las juntas frías se construirán a lo ancho del colado, se utilizarán barras para juntas para garantizar la transferencia de cargas entre las losas; la alineación de las barras y su correcta instalación dependen en gran medida de la cimbra utilizada para formar la junta. Siempre que sea posible se hará coincidir la junta fría con la junta de contracción.



### EL PERSONAL ESPECIALIZADO NECESARIO SERA:

- **JEFE DE PAVIMENTACIÓN:** será el responsable de la colocación del concreto y las etapas siguientes de la pavimentación. Su principal función será la de coordinar en las actividades al equipo que realiza trabajos en el tramo, así como mantener una comunicación continua con la planta de mezclado así como con los demás equipos que participan en la obra.
- **JEFE DE LINEA.** Su responsabilidad estará en los datos topográficos y en el tendido de la línea guía, su trato es especialmente con el equipo de topógrafos para la buena colocación de la línea guía y un control en el espesor de las losas.
- **OPERADOR DE PAVIMENTADORA.** Coordina la descarga del concreto, el suministro de los mismos, coordina a los vigilantes de los sensores de la maquina así como la cimbra lateral, su función nos debe de llevar a la obtención de una losa que cuente con las especificaciones de proyecto en cuanto a la geometría.
- **JEFE DE TERMINADO.** En este caso se responsabiliza del acabado de la superficie de la losa de concreto antes de iniciar el texturizado; tendrá una gran comunicación con el jefe de pavimentación, quien a su vez dará ordenes al operador de la maquina pavimentadora en caso de presentarse problemas en el acabado que deja la maquina, problemas en la inserción de pasa juntas, o deficiencias en el acabado del hombro o borde de la losa.
- **OPERADOR DE TEXTURIZADORA – CURADORA.** Su tarea será la texturización con tela de yute o el también llamado micro texturizado o texturizado longitudinal, se encarga también del texturizado transversal y la aplicación de la membrana de curado, es la persona que decidirá cuando inicia su trabajo.
- **JEFE DE CORTE Y SELLADO.** Estará a cargo de los cortes, se acompañará por un grupo de operarios de equipos, para el corte y la correcta aplicación del sello en las juntas.

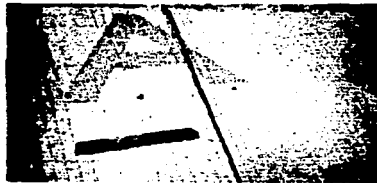


### CONTROL DE CALIDAD.

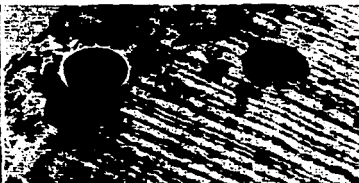
El control de calidad de cada obra será regido por las especificaciones del proyecto. En nuestro país se ha iniciado la forma de sanciones para las empresas que construyen los pavimentos, estas sanciones se asocian normalmente a incumplimientos en las resistencias, regularidad superficial o en los espesores, por lo que se establecen multas en porcentajes de los importes totales.

**Control durante la ejecución de la obra:** se verifican los materiales utilizados y los procesos constructivos, que se cumpla con lo establecido en los proyectos. En este tipo de control se pueden detectar las posibles desviaciones y corregirlas a tiempo. Este control se lleva en cada una de las etapas de la pavimentación, se van obteniendo resultados de todas las muestras y todos los materiales probados en los laboratorios.

**Control de recepción y pago de obras:** este tipo de control lo realiza aquel gobierno o empresa interesada o dueña del proyecto, se apoya en inspecciones técnicas y pruebas de laboratorio que mediante muestreos y ensayos que se realizan a secciones que se toman al azar se verifican los alcances y la calidad lograda en la ejecución del trabajo, se revisan con tolerancias ya establecidas, con los resultados los interesados pueden aplicar medidas correctivas a los contratistas o empresas.



Punto de medición de desplazamientos en juntas



equipo para determinar temperaturas.



medición de desplazamientos horizontales de las losas



## CAPITULO 4

### COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

En nuestros días la selección en la construcción de autopistas, carreteras, caminos, y avenidas; se realizan mediante análisis de costos iniciales con los cuales se llevan a cabo las obras, algunas veces no se realiza un análisis técnico detallado de las características en las diferentes opciones que nos presenta el mercado, esto nos lleva a que las características de las estructuras construidas no tengan el comportamiento ni la vida esperada, en estos casos se tendrán inversiones cuantiosas para mantener y rehabilitar, y así mantener en buenas condiciones nuestra zona de rodamiento y en general toda la estructura.

En el presente capítulo se han tomado dos de las técnicas de pavimentación; se selecciono la de los pavimentos rígidos (motivo del presente trabajo y una de las opciones que se han tomado últimamente en México en la construcción de pavimentos) y la de los pavimentos flexibles (los mas usados en la construcción de vías de comunicación terrestre), teniendo en cuenta que existen otros que en su mayoría son variaciones de estos.

En México se han realizado estudios comparativos entre los costos iniciales desde 1994, en los cuales se percibieron que los costos entre estos pavimentos no son muy diferentes, se realizo un análisis en conceptos adicionales como lo es el mantenimiento, y rehabilitación requeridos en el periodo de vida del pavimento; todo ello para seleccionar la mejor alternativa. A esta metodología se le conoce como ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA.

Los costos se tomarán de la información proporcionada por personal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), datos tomados de la carretera Tepic- Mazatlán en su tramo el Rosario – Villa Unión para los costos de construcción de un pavimento rígido.

En el caso de los costos de construcción de un pavimento flexible se tomaron de la carretera Tampico – Linares .

### 4.1 DIFERENCIAS ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO Y UN PAVIMENTO DE ASFALTO.

A continuación se muestran las diferencias básicas entre los pavimentos rígidos y flexibles en cuanto al desempeño estructural y su estructuración.

<b>CONCEPTO</b>	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>
<b>MATERIAL EN LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO</b>	Concreto hidráulico	Concreto asfáltico
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL</b>	Losas / sub - base.	Multicapa mínimo 3 capas
<b>SISTEMA DE CARGA</b>	La losa toma la mayor parte de los esfuerzos producidos por las cargas y transmite muy pocos a las capas subyacentes.	Los esfuerzos son distribuidos gradualmente en forma descendente a cada una de las capas que formarán la estructura.
<b>MÉTODO DE ANÁLISIS</b>	Teoría de placa	Teoría de Capa
<b>MÉTODO DE DISEÑO</b>	Basado en el módulo de reacción efectiva ( $k_a$ ), el módulo de ruptura (MR).	Basado en los módulos de elasticidad de cada capa.
<b>ESTRATEGIA DE PAVIMENTACIÓN</b>	Una sola losa sin rehabilitación	Rehabilitación cada 3 a 6 años.
<b>PERIODOS DE ANALISIS</b>	Hasta 50 años	Hasta 30 años
<b>DESEMPEÑO FUNCIONAL</b>	Bajas deformaciones superficiales	Altamente deformable
<b>DESEMPEÑO ESTRUCTURAL</b>	Estructura altamente rígida.	Estructura de baja rigidez.
<b>CALIDAD DE SERVICIO GLOBAL</b>	Alto por largo tiempo	Altamente deteriorable

## 4.2 DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO Y UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN CONDICIONES SIMILARES.

La selección de un tipo de pavimento se debe de efectuar de acuerdo con la mejor opción en el comportamiento de la estructura en la zona, el *análisis del costo de ciclo de vida*; que se realiza para comparar los costos de la estructura a construir durante su vida, para realizar una comparación entre dos o mas tipos de pavimentos tendremos la necesidad de diseñar cada uno de ellos con condiciones iguales o semejantes de acuerdo a las variables a manejar en cada uno de los métodos de diseño.

Para el análisis y diseño de nuestro pavimento se tomara las siguientes condiciones:

### 1. Análisis de la estructura. Periodo de análisis.

Para realizar un estudio y comparar los costos entre dos estructuras de pavimento diferentes, es necesario determinar un horizonte de diseño, o sea el periodo de análisis en tiempo, en este caso se ha tomado un periodo de 20 años.

### 2. Análisis de tránsito

Un pavimento se diseña para las sollicitaciones de tránsito de una obra de caminos, carreteras, autopistas, etc., este diseño se hace tomando en cuenta la cantidad de aplicaciones de cargas medidas en ejes sencillos equivalentes a 8.2 ton. Generalmente la toma de decisiones no se realizará alrededor de aplicaciones, se realiza un estimado lo mas cercano posible a la realidad de cuantas serán en un periodo dado o periodo de vida de la estructura.

### TPDA.

En México se consideran diferentes tipos de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), 1500, 3500, 5000, 7000, 12400 y 23000 vehículos por día., en el presente trabajo tomaremos 7000.

### Tasa de crecimiento

Usualmente en México se considera una tasa de crecimiento del 4 % anual para el diseño de los pavimentos.

### Composición vehicular.

Se consideró la siguiente composición vehicular para determinar la composición de cargas, esta clasificación se estableció por la SCT.

CLASIFICACIÓN	PORCENTAJE
A	54.8
B	5.6
C2	6.2
C3	6.4
C4	0.3
T2-S2	0.6
T3-S2	8.0
T2-S2-R2	0.5
T3-S2-R2	0.3
T3-S2-R4	2.3

**Factor de daño.**

Se considero el factor de daño para cada tipo de pavimento, ya que para cada uno es diferente.

**Distribución del tránsito.**

Se considero que el tránsito es 50/50, lo que quiere decir que el 50 % viaja en una dirección y el restante en dirección contraria.

**Autopista : seis carriles.**

Tránsito en el carril de diseño: (80% TDPA) 4200.

**3. DISEÑO DEL PAVIMENTO.**

Suposiciones para el diseño de un pavimento flexible.

TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO EN %	DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO EN NÚMERO	COEFICIENTE DE EQUIVALENCIA	EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 TON
A	54.80	2,301.60	0.03	66.05
B	15.60	655.20	2.00	1,310.40
C2	11.20	470.40	1.80	846.72
C3	6.40	266.80	2.20	587.36
C4	0.30	12.60	2.50	31.50
T2-S2	0.60	25.20	4.20	105.84
T3-S2	8.00	336.00	4.30	1,444.80
T2-S2-R2	0.50	21.00	6.40	134.40
T3-S2-R2	0.30	12.60	8.40	105.84
T3-S2-R4	2.30	95.60	6.00	772.60
	100.00	4,200.00		

Σ 5,412.71

$$\text{FACTOR DE PROYECTO A FUTURO} = C = (((1+r)^n - 1)/r) \times 365$$

Y = tasa de crecimiento anual = 0.04  
 n = periodo de proyecto en años = 20

$$C = (((1+0.04)^{20} - 1)/0.04) \times 365 = 10,868.99$$

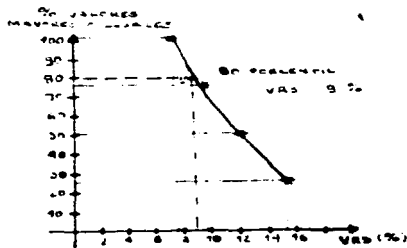
$$\Sigma \text{ de ejes a futuro} = \Sigma x \times C = 5412.71 \times 10,868.99 = 58'830,690 \text{ ejes.}$$

VRS (valor relativo de soporte) del cuerpo del terraplén = 40 %

VRS de la subrasante:

No de sondeo	VRS	Ordenados	Frecuencia	Valores $\geq$	%
1	9.5	7.5	1	4	100
2	7.5	9.5	3	3	75
3	9.5	12.0	1	2	50
4	9.5	15.0	1	1	25
5	12.0				
6	15				

Grificando

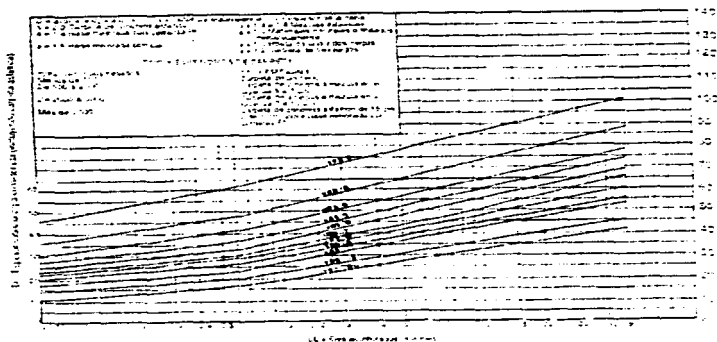


De la grafica tenemos que el valor relativo de soporte a usar es:

VRS: 9.0

Por lo que según la grafica se tiene:

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Para un número de ejes acumulados a futuro de : 58'830,690.00

VRS = 57 CMS

Utilizando los factores de equivalencia siguientes:

Tipo de material	Factor de equivalencia
Carpeta de concreto asfáltico	2
Carpeta de mezcla en el lugar de buena calidad	1.6
Carpeta de mezcla en el lugar de regular calidad	1.3
Base estabilizada con cemento Portland	1.8
Base estabilizada con cal	1.5
Carpeta de 3 riegos	1.3
Carpeta de uno o dos riegos	1.0
Material natural	1.0

Una carpeta de 12 CMS de espesor elaborada con mezcla de concreto asfáltico fabricado en planta, utilizaremos la formula:

$$D_2 = a_1 d_1 + a_2 d_2 + a_3 d_3$$

Donde

$D_2$  = espesor del pavimento necesario obtenido de la grafica de proyecto mediante el VRS de proyecto de la capa subrasante.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$a_1, a_2, a_3$  = factores de equivalencia correspondientes a la carpeta, base y subrasante, de acuerdo a los materiales que se usen.

$d_1, d_2, d_3$  = espesores reales de la carpeta, base y sub. base.

Se tomara el menor espesor posible para la cantidad de vehiculos usada que será de 15 CMS de base.

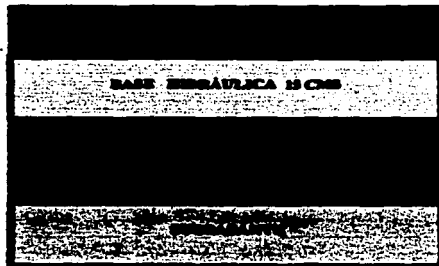
Utilizando la formula antes mencionada se calculará el espesor de la sub. base.

$$d_3 = D_2 - a_1 d_1 - a_2 d_2$$

por lo que:

$$d_3 = 57 - ((2.0)(12)) - ((1.8)(15)) = 6 \text{ CMS} \text{ por lo que se colocará de 15 CMS que es la mínima permitida:}$$

la estructura de pavimento quedará de la siguiente forma.





# TRAMOS CON FALLA DE ORIGEN

## Calculo de espesor de pavimentos de concreto

Obra: \_\_\_\_\_ autopista \_\_\_\_\_ Tramo 0+000 A 1+0000 \_\_\_\_\_

Proyecto: \_\_\_\_\_ 6 Carriles, Camino \_\_\_\_\_ Juntas con pasa juntas. Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Con acotamientos, Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

l. de la sub-base -subrasante: \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup> Factor de seguridad por carga ( FSC) \_\_\_\_\_ 1.2 \_\_\_\_\_

Espesor de losa propuesto: \_\_\_\_\_ 25CMS \_\_\_\_\_

Módulo de ruptura propuesto (MR) \_\_\_\_\_ 45 \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>

Nota de aclaración en otra planilla.

			Análisis por fatiga		Análisis por Erosión	
1	2	3	4	5	6	7
Cargas por eje (Kips) Ton	Afectado por el LFS 1 X LSF	Repeticiones esperadas	Repeticiones permisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones permisibles	Porcentaje de daño

(8) esfuerzo equivalente = 12.6  
 (9) factor de proporción de esfuerzos = 0.28 (8)/MR  
 (10) factor de erosión = 2.54

5	6	12,601,280.00	Indeterminac			
10.6	12.72	3,587,220.00	Indeterminac			
13.2	15.84	2,575,440.00	800,000	321.93		
15.8	18.96	1,471,680.00				
18	21.6	68,985.00				

(11) esfuerzo equivalente = 11.2  
 (12) factor de proporción de esfuerzos = 0.25 (11)/MR  
 (13) factor de erosión = 2.69

25	30	137,870.00				
23	27.6	1,839,600.00				
21	25.2	114,975.00				
19	22.8	68,985.00				
18	21.6	328,885.00				

Como se observa el primer calculo resulta insuficiente para las condiciones planteadas.







# CÁLCULO CON FALLA DE ORIGEN

## Calculo de espesor de pavimentos de concreto

Obra: \_\_\_\_\_ autopista \_\_\_\_\_ Tramo \_\_\_\_\_ 0+000 A 1+0000 \_\_\_\_\_  
 Proyecto : \_\_\_\_\_ 6. Carriles, Camino \_\_\_\_\_ Juntas con pasa juntas, Si: \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 Con acotamientos, Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 $t_c$  de la sub-base -subrasas: \_\_\_\_\_  $\text{kg/cm}^3$  Factor de seguridad por carga ( FSC ) \_\_\_\_\_ 1.2 \_\_\_\_\_  
 Espesor de losa propuesta: \_\_\_\_\_ 29CMS \_\_\_\_\_  
 Módulo de ruptura propuesta (MR) \_\_\_\_\_ 48 \_\_\_\_\_  $\text{kg/cm}^2$

		Análisis por fatiga			Análisis por Erosión	
1	2	3	4	5	6	7
Cargas por eje (Kips) Ton	Afectado por el LFS 1 X LSF	Repeticiones esperadas	Repeticiones permisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones permisibles	Porcentaje de daño

- (8) esfuerzo equivalente = 10.2  
 (9) factor de proporción de esfuerzos = 0.21 (8) MR  
 (10) factor de erosión = 2.35

5	6	12,001,280.00	indeterminado		indeterminado	
10.6	12.72	3,567,220.00	indeterminado		68,000,000.00	3.78
13.2	15.84	2,575,440.00	indeterminado		10,300,000.00	25.00
15.8	18.96	1,471,680.00	8,000,000	18.40	4,000,000.00	36.79
18	21.6	68,885.00	300,000	23.00	1,900,000.00	3.63
						69.20

- (11) esfuerzo equivalente = 9.5  
 (12) factor de proporción de esfuerzos = 0.20 (11) MR  
 (13) factor de erosión = 2.54

25	30	137,970.00	indeterminados		3,200,000.00	4.31
23	27.6	1,839,800.00	indeterminados		7,200,000.00	25.55
21	25.2	114,975.00	indeterminados		10,500,000.00	1.10
19	22.8	68,885.00	indeterminados		25,000,000.00	0.28
18	21.6	528,885.00	indeterminados		60,000,000.00	1.06
						32.29
			suma	41.4	suma	
					total	101.49

# TRABAJO CON TABLA DE ORIGEN

Capítulo 4

Ingeniería Civil

102

## Calculo de espesor de pavimentos de concreto

Obra: \_\_\_\_\_ autopista \_\_\_\_\_ Tramo 0+000 A 1+0000 \_\_\_\_\_  
 Proyecto: \_\_\_\_\_ 6 Carriles, Camino \_\_\_\_\_ Juntas con pasa juntas. Si: \* No \_\_\_\_\_  
 Con acotamientos, Si: No \* \_\_\_\_\_  
 k, de la sub-base subrasante: \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup> Factor de seguridad por carga (FSC) \_\_\_\_\_ 1.2 \_\_\_\_\_  
 Espesor de losa propuesta: \_\_\_\_\_ 29CMS \_\_\_\_\_  
 Módulo de ruptura propuesta (MR) \_\_\_\_\_ 45 \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>

		Análisis por fatiga			Análisis por Erosión	
1	2	3	4	5	6	7
Cargas por eje (Kpa) Ton	Afecto por el LFS 1 X LSF	Repeticiones esperadas	Repeticiones permisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones permisibles	Porcentaje de daño

(8) esfuerzo equivalente = 9.7  
 (9) factor de proporción de esfuerzos = 0.21 (8) / MR  
 (10) factor de erosión = 2.33

5	6	12,801,280.00	Indeterminado		Indeterminado	
10.6	12.72	3,567,220.00	Indeterminado		Indeterminado	
13.2	15.84	2,575,440.00	Indeterminado		10,000,000.00	25.00
15.8	18.96	1,471,880.00	8,000,000	18.40	4,200,000.00	35.00
18	21.6	85,985.00	300,000	23.00	2,000,000.00	3.48
					Suma 1	63.48

(11) esfuerzo equivalente = 6.8  
 (12) factor de proporción de esfuerzos = 0.18 (11) / MR  
 (13) factor de erosión = 2.51

25	30	137,970.00	Indeterminados		4,800,000.00	3.07
23	27.6	1,839,600.00	Indeterminados		9,900,000.00	18.58
21	25.2	114,978.00	Indeterminados		17,000,000.00	0.68
19	22.8	68,685.00	Indeterminados		35,000,000.00	0.20
18	21.6	528,685.00	Indeterminados		70,000,000.00	0.76
					Suma 2	23.28
					Total	86.77

Como el porcentaje consumido con las especificaciones propuestas entra dentro del rango de aceptación, el diseño se acepta, domina el diseño por erosión.

**TRAYECTORIA  
FALLA DE ORIGEN**

**Calculo de las repeticiones esperadas**

Con la formula:

$$n_i = (n_0)_i (F.C.) (D) (C) (365) (A)$$

Donde:

$n_i$  = Número esperado de cargas para el  $i$ -ésimo grupo

$(n_0)_i$  = Número inicial de repeticiones por día en el  $i$ -ésimo grupo de cargas.

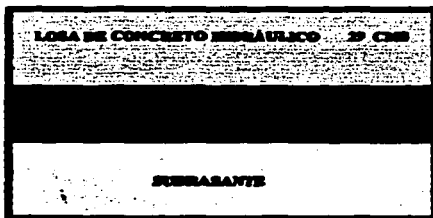
F.C = Factor de crecimiento

D = Factor de direccional normalmente igual o 0.5

C = Factor de distribución por carril

A = Periodo de diseño en años

TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO EN %	$(n_0)_i$	F.C.	D	C	A	$n_i$
A	54.80	3836	1.5	0.5	0.6	20	12,601,260.00
B	15.60	1092	1.5	0.5	0.6	20	3,587,220.00
C2	11.20	784	1.5	0.5	0.6	20	2,575,440.00
C3	6.40	448	1.5	0.5	0.6	20	1,471,680.00
C4	0.30	21	1.5	0.5	0.6	20	66,965.00
T2-S2	0.60	42	1.5	0.5	0.6	20	137,970.00
T3-S2	8.00	560	1.5	0.5	0.6	20	1,539,600.00
T2-S2-R2	0.50	35	1.5	0.5	0.6	20	114,975.00
T3-S2-R2	0.30	21	1.5	0.5	0.6	20	66,965.00
T3-S2-R4	2.30	161	1.5	0.5	0.6	20	528,665.00
							100.00



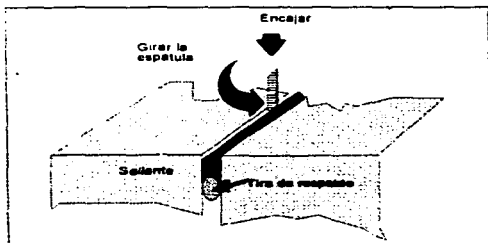
**ESTRUCTURACIÓN  
DEL PAVIMENTO  
RIGIDO.**

Según las graficas presentadas en el capítulo 2 para el diseño de juntas tenemos que:

La separación de las juntas longitudinales serán igual al ancho de carril 3.50 m. Con pasa juntas del 1 ½" con una longitud de 51 CMS, y una separación de 75 CMS cac.

La separación de las juntas transversales  $3.5 \times 1.25 = 4.37$  por lo que se colocarán a una distancia de 4.3 m.

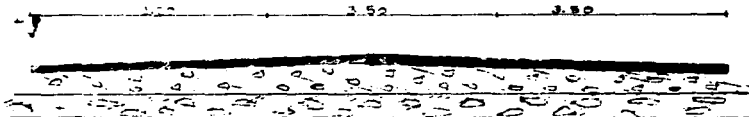
Las juntas contarán con un ancho de caja de 0.65 CMS y una profundidad de caja de 1.12 CMS, en la cual se colocará un sello premoldeado, y un sellante de juntas autonivelante.





### 4.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE

Los volúmenes que se presentan a continuación son de acuerdo a las cantidades que se presentarán en una obra con condiciones semejantes para ambos pavimentos, de acuerdo con las dimensiones obtenidas y antes presentadas, con un tramo longitudinal de 0+000 al 01+000 y contando con un ancho de corona de 10.50 m con 3 carriles en un solo sentido.



#### COSTO INICIAL DE CONSTRUCCIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

RIEGO DE SELLO	M3	105.00	\$	201.25	201.25
FR - 3 PARA RIEGO DE SELLO	LTO	12 600.00	\$		0
BARRIDO DE LA SUPERFICIE	MA	1.00	\$	1,797.35	1,797.35
CARPETA ASFALTICA	M3	1,449.00	\$	274.70	398,043.3
CEMENTO ASFALTICO DEL # 6	KG	223,890.00	\$	2.17	485,841.3
RIEGO DE LIGA	LTO	5,250.00	\$	3.38	17,745
RIEGO DE IMPREGNACIÓN	LTO	5,250.00	\$	3.47	18,217.5
ADITIVO PARA ASFALTO # 6	LTO	2,238.90	\$	12.10	27,090.99
BARRIDO DE LA SUPERFICIE	MA	1.10	\$	1,797.35	1,977.085
BASE HIDRAULICA	M3	1,890.00	\$	310.95	587,995.5
SUB-BASE HIDRAULICA	M3	1,890.00	\$	189.33	355,944.6
ACARREO PARA BASE	M3 - KM	1,890.00	\$	0.92	1738.8
ACARREO PARA SUB-BASE	M3 - KM	1,890.00	\$	0.99	1778.8
ACARREO PARA SELLO	M3 - KM	105.00	\$	0.70	73.5
ACARREO PARA CARPETA	M3 - KM	1,449.00	\$	0.99	1,434.51
<b>COSTO</b>			<b>\$</b>	<b>1,773,852.72</b>	
<b>COSTO M2</b>			<b>\$</b>	<b>168.94</b>	



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

BACHEO SUPERFICIAL	1,2,3,4,5,6,7	71.26	
SOBRECARPETA ASFÁLTICA DE 8 CMS (con material de recuperación)	7	36.80	
SELLADO DE JUNTAS	7		13.35
BACHEO SUPERFICIAL	8	71.26	
RIEGO DE SELLO	8	12.00	
BACHEO SUPERFICIAL	9	71.26	
SELLADO DE FRACTURAS	10		12.00
BACHEO SUPERFICIAL	11,12,13,14	71.26	
SOBRECARPETA ASFÁLTICA DE 8 CMS (con material de recuperación)	14	36.80	
SELLADO DE JUNTAS	14		13.35
REPARACIÓN DE CONCRETO	15		21.09
DEVOLVER RUGOSIDAD	15		64.76
BACHEO SUPERFICIAL	16,16,17,18	71.26	
RIEGO DE SELLO	18	12.00	
BACHEO SUPERFICIAL	18	71.26	

DE ACUERO CON EL ANÁLISIS REALIZADO EN CUANTO A COSTOS ENTRE PAVIMENTOS, SE HA DETERMINADO QUE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS TIENEN UN MENOR COSTO AL FINAL DE SU VIDA PROGRAMADA, ADEMÁS DE QUE CAUSARÁN MENOS PROBLEMAS O INCOMODIDADES POR MANTENIMIENTO.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO 5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

En los pavimentos de cualquier especie como en todas las obras, la conservación o mantenimiento preventivo es uno de los puntos de suma importancia para que sean menores los daños que sufren las estructuras por el uso que se les da así como por los elementos naturales (aire, agua, solicitaciones, etc.), en muchas ocasiones no se toma en cuenta este punto, causa de esto es el deterioro superior en las estructuras con lo cual se hace necesario un mantenimiento mayor, lo cual nos lleva a tener gastos muy altos y una pérdida de tiempo mayor; por ello debemos de tener en cuenta que el trabajo no se termina con la construcción o término de la obra, si no que el estar pendiente de los estándares de calidad en que se encuentra nuestra estructura para poder dar el mantenimiento menor o preventivo para conservar en buenas condiciones nuestra obra y no tener pérdidas económicas.

La superficie de los pavimentos sufre deterioros normales debido a las acciones del tránsito, las sobrecargas eventuales en los ejes vehiculares, así como los agentes naturales (agua, saturación estacional por sobre elevaciones de aguas freáticas, cambios climáticos bruscos, climas extremos, etc.).

Los trabajos de mantenimiento se deben de ejecutar oportunamente ya que de ello dependen que los gastos sean menores, es necesario contar con personal de experiencia, ya que si no se cuenta con la experiencia y en cambio se cuenta con personal negligente, los sistemas, materiales y equipos que se utilizan tendrán como consecuencia malos trabajos y omisiones que a la larga tendrá un alto costo en reparaciones mayores.

Una conservación normal se realiza para evitar el deterioro o destrucción prematuros de una obra y que la mantiene en su calidad y valor. Para el mejor manejo de la conservación se debe de realizar un programa de trabajos para su ejecución en forma de ciclos, en donde se estudiarán los intervalos de los periodos adecuados de acuerdo con la intensidad del tránsito, especialmente en rastreos y bacheos, y además tomando en cuenta las estaciones del año.

Dentro del programa de trabajos se tomara en cuenta el presupuesto destinado al mismo, la reparación de equipo, así como la posible información de los costos en el periodo, a demás de tomar en cuenta mantenimiento a las obras complementarias.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 5.1 DETECCIÓN DE FALLAS EN EL PAVIMENTO.

Para saber que tipos de trabajo se va a realizar, es necesario que se determine el deterioro que se tiene en la carpeta o losa, para ello una persona analiza las fallas de una manera muy cuidadosa según cada caso en particular para poder emitir un dictamen de las condiciones en que se encuentra nuestro pavimento.

1. Se observa cuidadosamente la falla para emitir una hipótesis preliminar, posteriormente se realizarán análisis y mediciones más exactas.
2. Se determinan las fallas en el pavimento así como las zonas de influencia de las mismas.
3. Se realizan estudios de laboratorio para sacar las condiciones reales del pavimento.

En las fallas de pavimentos se conocen dos tipos:

- a) *Fallas funcionales.* Es cuando se presentan defectos reflejados en la superficie de rodamiento del pavimento y que afecta al cómodo movimiento de los vehículos, sin imposibilitar su uso.
- b) *Fallas estructurales.* Se presentan cuando hay deficiencias en los pavimentos que provocarán o provocan a corto plazo una reducción de la capacidad de carga, como consecuencia de la incapacidad de soportar las cargas de proyecto, se presentará la falla estructural, si no se atiende y se deja avanzar, se presenta una destrucción generalizada del pavimento. Estas fallas se consideran graves e imposibilitan al pavimento para su correcto funcionamiento; este tipo de fallas se presentan tanto en la superficie de rodamiento como en la base, en la sub. - base o en la subrasante, también se pueden presentar en las terracerías o en el suelo de cimentación o terreno natural. Esto se presenta la mayoría de ocasiones a causa del llamado fenómeno de "bombeo".

El fenómeno de bombeo se detecta de diferentes formas a continuación se enuncian algunas:

- 1) Cuando hay fragmentación del pavimento cerca de la línea central y una junta o grieta transversal.
- 2) Por la expulsión de agua a través de las juntas o grietas
- 3) Se presentan manchas en la superficie del pavimento debido al suelo de la subrasante.
- 4) La presencia de burbujas de lodo a la orilla del pavimento.
- 5) Rotura del pavimento.

## INDICE DE SERVICIO

El "Índice de servicio" es una calificación que se utiliza en México para evaluar el estado de la superficie de rodamiento en los pavimentos. Se determina por observadores que observarán la *capacidad de servicio* de un pavimento en un determinado momento, realizando una comparación con los estándares para los que fue construido. Al determinar una calificación se debe de tomar en cuenta exclusivamente el estado de la superficie de rodamiento en el momento de la inspección, sin estimar un daño a futuro en las condiciones del pavimento.

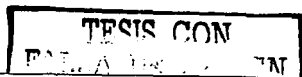
Se determinará de acuerdo al grado de comodidad que el usuario sentiría al llevar a cabo un recorrido de 500 Km por una carretera con unas condiciones semejantes en la superficie de rodamiento a la que se juzga; se calificará si el pavimento presenta condiciones excelentes, regulares o transitables, funcionalmente. La calificación de varias personas se juntan y la "calificación actual" será el promedio de las calificaciones que darán los usuarios.

Se emplea una escala numérica para referir la "calificación actual", se utiliza una escala del 0 al 5 siendo el valor de cero igual a *intransitable* y el de cinco a *excelente*.

Calificación	Estado del pavimento
0-1	Muy malo
1-2	Malo
2-3	Regular
3-4	Bueno
4-5	Muy bueno

La opinión de los observadores se realizará para el mismo tramo del camino, comúnmente se emplea a un tramo o sección de 10 Km como una longitud tipo a la cual se le dará la calificación. Un residente de conservación realizará un recorrido a la carretera cuando lo considere necesario, o cuando observe que la superficie de rodamiento no es homogénea, si resulta positivo se realizarán subdivisiones, los calificadores del grupo se deberán apegar a las subdivisiones para realizar el reporte, los observadores deberán presentar en su reporte algunos datos como son:

- Antecedentes.* Estos datos se proporcionarán por el encargado de conservación del camino, los datos a proporcionar serán la calificación inicial que se tuvo cuando se puso en servicio o cuando fue reconstruida la carpeta. Si se carece del dato entonces se tomara como comparación de pavimentos con acabados semejantes.
- Nivel de rechazo.* El nivel de rechazo se presenta tanto en el diseño como en este punto, el calificador deberá dar su opinión si el estado del



- pavimento es aceptable, dudoso o rechazable en el momento de la inspección.
- c) *Descripción de los daños.* A demás de la opinión numérica se deben de indicar la aceptación de la superficie de rodamiento mencionando la aceptación o rechazo de la misma. Se deberá de marcar como defecto "despreciable", "ligero" o "fuerte".

Las calificaciones deben de seguir las siguientes reglas:

1. Las calificaciones deben ser individuales.
2. Los calificadores recorrerán el tramo en forma individual.
3. El calificador deberá de hacer sitio total en su auto para hacer sus anotaciones al final de cada subsección o sección, no debe de pretender memorizar las condiciones de varios tramos ya que al final se confundirá al hacer el llenado de varias secciones.
4. El verificador realizará su recorrido en un automóvil semejante al que acostumbra a usar en el caso de no hacerlo.
5. La velocidad de circulación preferentemente no debe de exceder los 40 km/hr.
6. Se recomienda hacer los recorridos en las mañanas o en las primeras horas de la tarde para así contare con la suficiente luz y realizar correctamente las observaciones.
7. No se calificará cuando el pavimento se encuentre mojado.
8. No conviene calificar mas de 150 Km al día ya que el cansancio puede hacer que las personas no coloquen la calificación adecuada.
9. Los observadores deberán de calificar el mismo tramo en un lapso no mayor de 15 días.
10. Los calificadores deberán de contar con experiencia en conservación de caminos, a demás de contar con una guía para calificar.

#### GUÍA PARA CALIFICAR.

##### a) *Calificación de 5.0*

Cuando la superficie de rodamiento se encuentra en perfecto estado, con una textura adecuada, impermeable y rugosa tal que sea antiderapante. No tendrá grietas, ondulaciones o depresiones y permitirá la velocidad de operación con absoluta seguridad y comodidad.

##### b) *Calificación de 4.5*

La superficie de rodamiento esta en muy buen estado, se presentan zonas alisadas, con grietas no mayores de 3 mm así como ondulaciones o depresiones que no sobrepasen el centímetro. Son defectos que no se notan a velocidad de operación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*c) Calificación de 4.0*

Se presentan grietas del orden de 3 mm en forma de piel de cocodrilo en áreas aisladas no mayores de 5 m<sup>2</sup>, ondulaciones o depresiones que no sobrepasen 1 ½ cm. Defectos como áreas lisas o floradas no mayores de 5 m<sup>2</sup> pueden aceptarse calaveras aisladas tapadas, no baches.

*d) Calificación de 3.5*

Grietas en forma de piel de cocodrilo que sobrepasan algunas los 3 mm en áreas no mayores de 20 m<sup>2</sup>, ondulaciones o depresiones aisladas de hasta 2.5 cm, defectos leves en la textura como descascaramientos, aún así se puede desarrollar la velocidad de operación.

*e) Calificación de 3.0*

Grietas aisladas longitudinales de hasta un centímetro de ancho, ondulaciones o depresiones que no sobrepasen los 2.5 cm. Calaveras aisladas ( no más de una por cada 20 m) sin tapar. Los baches o asentamientos de mas de 2.5 cm deberán de estar tapados o corregidos, en este caso se permite tomar la velocidad de operación pero no con la misma seguridad ni comodidad.

*f) Calificación de 2.5*

Grietas frecuentes de un centímetro de ancho, asentamientos, ondulaciones, y depresiones del orden de hasta 4 cm, calaveras frecuentes y baches aislados sin arreglar, textura inadecuada en tramos continuos, se aproxima a la necesidad de la reconstrucción y la velocidad de operación disminuye considerablemente para mantener la seguridad.

*g) Calificación de 2.0*

Grietas generalizadas con inicio de desprendimientos, asentamientos, ondulaciones hasta de 4 cm frecuentes, calaveras y baches sin arreglar, la superficie de rodamiento necesita reconstrucción.

*h) Calificación de 1.5*

Grietas de todo tipo generalizadas, demasiados asentamientos, textura inadecuada con zonas lisas, la velocidad de operación disminuye hasta un 30%, sin ofrecer comodidad ni seguridad.

*i) Calificación de 1.0 a 0.0*

Es el caso de destrucción generalizada, obliga a reducir la velocidad de operación de un 40 a un 60 % para obtener seguridad mas no comodidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 5.2 MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Lo complejo en los trabajos de mantenimiento estarán regidos por las condiciones en que se encuentra el pavimento, la mayor parte del mantenimiento que se da a los pavimentos de concreto hidráulico consisten en:

1. *Llenar y sellar las juntas y grietas en la superficie del pavimento.* Estos trabajos se realizan con el objeto de prevenir la filtración de humedad a la subrasante y el de mantener el espacio original entre las juntas. Los problemas que se presentan son generalmente debido a que los productos utilizados para sellar las juntas se endurecen y agrietan con el tiempo, es necesario cambiarlas por lo menos cada tres años. Se retira el material dañado o en malas condiciones, cuando se sella 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 del sellador y la tira de respaldo vieja; se utilizan cortadores de potencia para cortar y ranurar las juntas antes de resellarlas, un cepillo de alambre de impulso mecánico para dejar la junta limpia por completo, un compresor para limpiar la junta con un chorro de aire comprimido. El procedimiento de sellado es el mismo que el primer sello de la junta; se coloca la tira de respaldo y sobre ella se coloca el material aplicado en caliente ya sea sílicón u otro material, los materiales utilizados y los procesos de mantenimiento a juntas y grietas serán aquellos aceptados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en sus manuales de mantenimiento a pavimentos.

Las acciones anteriores se realizan durante todo el año, de preferencia se recomienda ejecutarlo en los meses con mayor calor como en el verano, ya que se obtienen mejores resultados por la alta temperatura que se presenta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2. *La reparación de superficies fragmentadas, descascaradas y con grietas múltiples.* Este caso es muy común en los pavimentos de concreto, las grietas múltiples se distinguen por las cuarteaduras irregulares sobre la superficie de las carpetas o losas, las grietas transversales son producidas por la construcción de losas demasiado largas, sin pesa juntas o sin armado continuo; Las grietas en las orillas o en las esquinas de las losas son provocadas muchas veces por los fenómenos de bombeo. Las fragmentaciones son despostilladuras o astilladuras de una losa que se presentan generalmente a lo largo de juntas o grietas en las losas. El descascaramiento se provoca por el deterioro o desintegración del concreto y ocurre en cualquier parte de las losas, otra de las fallas de descascaramiento o descarnado de la superficie de rodamiento se

presenta por fallas en la construcción, ya que si se realiza un vibrado excesivo tendremos una lechada que asciende y deja a los agregados con una delgada película que se desprende con el tiempo.

La forma de reparación de los agrietamientos menores en la superficie de concreto es rellenarlos con un material sellante que puede ser el mismo que se utiliza en las juntas; en las juntas mayores de 1/8 de pulgada se deben de rellenar con material que permita la libre expansión y contracción del concreto. Los despostillamientos, agrietamientos o astilladuras, en el caso que sean muy grandes y no sea posible controlarlas con los métodos de sellado con materiales de silicones; se realizarán las reparaciones a base de concreto o materiales epóxicos.

En el caso de que se presenten solamente grietas finas, se utilizará el aceite de linaza para evitar el descascaramiento, cuando se presenta ya el descascaramiento o un excesivo desgaste que afectan un área considerable se recomienda un tratamiento superficial a base de una mezcla en planta caliente o de una pasta de mortero.

3. Las áreas con fallas mayores en los pavimentos de concreto se repararán con concreto de cemento de alta resistencia a corta edad y fraguado rápido, las áreas las deberá marcar una persona calificada que tenga conocimientos de este tipo de trabajos, posteriormente al marcado de las zonas se procederá a la remoción de las áreas marcadas, se realizará con martillos neumáticos u otro equipo para la demolición de las o la losa de concreto y se prepara el área para la colocación de la nueva mezcla que constituirá la nueva superficie. La profundidad del parche nunca será menor que el espesor de la losa existente, en el caso de que las capas subyacentes a la losa se encuentren en malas condiciones, se deberán reponer con las mismas características de proyecto, esto se realizará en el área necesaria aun cuando la losa se encuentre en buen estado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **SOBRE CARPETAS O WHITETOPPING.**

La construcción de una sobre carpeta de concreto hidráulico de bajo revenimiento sobre un pavimento asfáltico existente, es un procedimiento comúnmente llamado Whitetopping, el cual se ha utilizado desde 1944 en la Unión Americana y en Europa para la rehabilitación de aeropistas, carreteras y calles, con excelentes resultados. El Whitetopping (W.T.) asegura una solidez y durabilidad mayor que el pavimento flexible, lo que permite descartar que el agua circule por roderas o se estanque en baches.

Estas carpetas de concreto hidráulico sobre asfalto constituyen una superficie segura y de bajo costo de mantenimiento. Así, el Whitetopping ofrece beneficios inmediatos y a largo plazo a los usuarios y a las carreteras. Además, reduce radicalmente el tiempo y costo de mantenimiento que requieren las superficies asfálticas.

El Whitetopping permite la construcción directamente sobre la superficie flexible existente, sin remover o reparar la base a lo largo de todo el tramo en cuestión.

Otra ventaja importante del W.T. estriba en que las lluvias le causan sólo leves retrasos de construcción, ya que las obras pueden reanudarse poco tiempo después de que haya cesado una cierta tormenta; además requieren de un tiempo moderado para el secado.

El espesor mínimo recomendado para la sobre carpeta de concreto hidráulico es de 10 cm. para un diseño con juntas y de 15 cm. para un diseño continuo y reforzado.

Para caminos de alto tránsito, con más de 10,000 vehículos diarios y con un alto porcentaje de carga pesada, el procedimiento Whitetopping ofrece la recuperación de la inversión a partir del cuarto año de su construcción, para longitudes de 10 kilómetros o más.

TESIS CON  
FALLA DE CALZEN

## CONCLUSIÓN.

Los pavimentos rígidos de concreto simple con pasejuntas, es una opción con grandes ventajas para su construcción en todo tipo de vías, ya sea en la ciudad o en carreteras y autopistas, aun cuando ya se habían construido pavimentos de este tipo, se tenía desventaja en cuanto a los costos y tiempos en comparación con los de concreto asfáltico.

Hoy en día la tecnología de las cimbras deslizantes, así como sus equipos complementarios, la realización de los trabajos con calidad y el contar con el personal necesario y capacitado, y la elaboración de obras de pavimentación con materiales adecuados, siguiendo una normatividad establecida en México así como estándares internacionales; ha llevado a los pavimentos rígidos a ser competitivos en el campo de los costos de construcción inicial y con mayores ventajas en el de los costos finales en la construcción de grandes obras de infraestructura, también tenemos amplias ventajas en el ahorro de tiempo en la construcción de pavimentos rígidos que anteriormente eran demasiado tardados, por lo que en nuestros días es mas viable la construcción de un pavimento rígido con cimbra deslizante a comparación con uno flexible o de concreto asfáltico; aun cuando en los pavimentos flexibles se utiliza de igual forma una tecnología nueva que permite el reciclado de materiales para reencarpetado, reduciendo los costos por mantenimiento considerablemente.

La comparación de costos realizada nos lleva a una mejor opción, la construcción de pavimentos rígidos con la tecnología de la cimbra deslizante, la cual además de la ventaja económica a largo plazo nos llevará a tener un mejor comportamiento de nuestra estructura y algo que es de suma importancia para los usuarios de la vía de comunicación, la losa o superficie de rodamiento, lo que nos llevará a una menor pérdida de tiempo para los usuarios como para los encargados de dar mantenimiento a el camino construido, el tiempo de mantenimiento se reduce notablemente por lo que se reducen de la misma forma las molestias, contando así con caminos de calidad, con eficiencia y con un tiempo de vida útil mayor al proyectado, siempre y cuando se de el mantenimiento preventivo en tiempo y forma.

TESIS CON  
FALTA DE PAGEN

## BIBLIOGRAFÍA

1	<b>SALAZAR Rodríguez Aurelio.</b> <b>Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.</b> IMCYC ( Instituto mexicano del cemento y el concreto )
2	<b>OLIVERA Bustamante Fernando.</b> <b>Estructuración de vías terrestres</b> ED. CECSA.
3	<b>Normas para construcción de carreteras</b> <b>Parte 6.01, carreteras y aeropistas</b> <b>Pavimentos II, tomo I.</b> SCT. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)
4	<b>CRESPO Villa Laz Carlos.</b> <b>Vías de comunicación.</b> ED. LIMUSA.
5	<b>RICO Rodríguez Alfonso, del Castillo Hermilo.</b> <b>La ingeniería de los suelos en las vías terrestres.</b> ED. LIMUSA
6	<b>ESCARIO José Luis.</b> <b>Caminos tomo II</b> ED. MADRID
7	<b>MONCAYO Jesús</b> <b>Manual de pavimentos (asfalto, adoquín, empedrado, concreto)</b> ED. CONTINENTAL.
8	<b>MENDEZ Fregoso Gustavo.</b> <b>Pavimentos de concreto: procedimiento para autoconstrucción.</b> IMCYC.
9	<b>Pavimentos de concreto.</b> IMCYC - ACPA
10	<b>JEUFFROY Georges.</b> <b>Proyecto y construcción de carreteras.</b> ED. ETA.
11	<b>Diseño y control de mezclas de concreto.</b> IMCYC.
12	<b>Compactación del concreto.</b> IMCYC

TESIS CON  
 FALLA DE JERGEN

TRIPS CON  
DE ORIGEN

---

13	<b>Seminario de pavimentos de concreto hidráulico.</b> CINC Abril, 1996.
14	<b>IV seminario</b> <b>Diseño, construcción y conservación de pavimentos en la ciudad de México.</b> COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MÉXICO, JULIO 2002.
15	<b>PROYECTO : CARRETERA TEPIC-MAZATLÁN</b> <b>DIRECCIÓN DE CARRETERAS FEDERALES ( SCT)</b> <b>DIRECCIÓN DE ESTRUCTURAS Y PAVIMENTOS.</b>
16	<a href="http://www.cemex.com.mx">www.cemex.com.mx</a>

---