



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA UN
CARRIL DE ACCESO PARA UNA TIENDA DE CONVENIENCIA
EN PÁTZCUARO MICHOACÁN”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

ISALIA ELITTE MENDOZA PEÑA

ASESOR DE TESIS:

Mtro. JOSÉ ANTONIO ESPINOZA MANDUJANO

MORELIA, MICHOACÁN MARZO 2022.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. GENERALIDADES	4
MACRO LOCALIZACIÓN	6
MICRO LOCALIZACIÓN.....	16
2. EXPLORACIÓN Y MUESTREO	30
INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.....	36
PERFIL ESTRATIGRÁFICO	39
3. TRABAJOS Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.....	41
DETERMINACIÓN DE LOS LIMITES DE PLASTICIDAD Y DE LA CONTRACCIÓN LINEAL.....	42
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD O CONTENIDO DE AGUA DE LOS SUELOS.....	45
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS.....	47
CLASIFICACION E IDENTIFICACION DE SUELOS.....	49
4. MEMORIA DE CÁLCULO.....	53
5. RESUMEN DE RESULTADOS	91
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
7. ANEXOS (GRAFICAS Y FIGURAS)	104
8. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	105
9. INFORME FOTOGRÁFICO	107
BIBLIOGRAFÍA.....	108

RESUMEN

La construcción de calles y carreteras se ha vuelto indispensable para el desarrollo de una nación. Para ello los ingenieros se han basado en Metodologías de diseño desarrolladas como consecuencia de estudios matemáticos y empíricos que se han realizado desde hace mucho tiempo.

Este trabajo realiza una evaluación de dos de los métodos más empleados para el diseño de estructuras de pavimento rígido, la metodología de la PCA (Portland Cement Association) y la metodología AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), haciendo una comparación de ambos métodos de diseño y una descripción general de cada una de las metodologías utilizadas y sus criterios de diseño.

Este trabajo incluye un estudio de Mecánica De Suelos para saber las condiciones de la zona en la que se pretende construir la estructura, así como reunir la información necesaria de las características y propiedades del suelo.

Palabras clave:

PAVIMENTO RÍGIDO, CONSTRUCCIÓN, ESTRUCTURA DE PAVIMENTO, SUB-RASANTE, SUELO.



ABSTRACT

The construction of streets and highways has become indispensable for the development of a nation. To this end, engineers have relied on design methodologies developed as a result of mathematical and empirical studies that have been carried out for a long time.

This paper evaluates two of the most widely used methods for the design of rigid pavement structures, the PCA (Portland Cement Association) methodology and the AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) methodology, making a comparison of both design methods and a general description of each of the methodologies used and their design criteria.

This work includes a study of Soil Mechanics to know the conditions of the area in which the structure is to be built, as well as gathering the necessary information on the characteristics and properties of the soil.

Keywords:

RIGID PAVEMENT, CONSTRUCTION, PAVEMENT STRUCTURE, SUBGRADE, SOIL.



INTRODUCCIÓN

Los pavimentos son estructuras constituidas por una serie de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen con materiales seleccionados con características específicas y adecuadamente compactados. La resistencia de estas estructuras depende de la capacidad de soporte a compresión de la sub-rasante, es decir, la función estructural de un pavimento es disminuir los esfuerzos generados por las cargas impuestas debido a la acción de tránsito.

Para lo anterior se debe realizar un estudio de mecánica de suelos previo, para conocer las características del suelo y realizar un adecuado diseño en función de las mismas.

Esta investigación está enfocada en dos metodologías para diseño de pavimentos rígidos, mismas que se eligieron por ser de las más usadas actualmente por la ingeniería, Metodología de la PCA (Portland Cement Association) y Metodología de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

El método de la PCA se basa en un diseño matemático, la cual se basa en variables como Fatiga y Erosión, mientras que el método de la AASHTO es un método empírico, con variables tales como manejo de drenajes, pérdida de soporte, transferencia de carga, confiabilidad, módulo de reacción de la sub-rasante, por mencionar algunas.

La finalidad de este trabajo es hacer un análisis y conocer las variables que utiliza cada metodología, para que el ingeniero seleccione el adecuado dependiendo a sus requerimientos hablando en costo y durabilidad de la estructura.



1. GENERALIDADES

Se realizó un estudio de mecánica de suelos la determinación del valor relativo de soporte, para el tipo de cimentación de la estructura del pavimento y el diseño de la losa del Pavimento Rígido. Para el **DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA UN CARRIL DE ACCESO PARA UNA TIENDA DE CONVENIENCIA EN PÁTZCUARO, MICHOACÁN.**

Las condiciones actuales que presenta el área en estudio son las siguientes:

- ✚ Actualmente no se presenta área construida en el terreno por lo que para fines de la mecánica de suelos se considera que el suelo no ha estado sujeto a cargas previas.
- ✚ Por lo antes expuesto el tipo de material encontrado NO presenta un buen funcionamiento como superficie de apoyo para recibir los esfuerzos transmitidos por los ejes de los vehículos,
- ✚ No obstante, se procedió a realizar 1 UN sondeo o pozo a cielo abierto para determinar las características mecánicas que tiene dicho material, y proponer una estructura de pavimento sobre una superficie de apoyo y esta sobre el terreno natural.
- ✚ Por la formación geológica del sitio en estudio se prevé la presencia de material inorgánico de baja plasticidad, así como de suelos residuales, lo cual se puede observar en la siguiente exposición:

El objetivo principal de este estudio es la realización del diseño adecuado para la formación de la estructura del pavimento.



Específicamente se busca definir la estratigrafía del subsuelo y las propiedades de cada estrato, así como la ubicación del nivel de aguas freáticas, para en base a ello determinar la ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO.

Se puede considerar la zona en general como topografía tipo lomerío Suave y el SITIO en particular es plano, se trata de un terreno en el que actualmente no existe construcción, además SI existen indicios de que exista material de relleno producto de algún movimiento de tierras o para relleno, más sin embargo el subsuelo se trata de una zona tipo suelo o terreno natural sin cargas previas.

Los datos viales se consideraran como una carretera secundaria.



FOTO. VISTA DE LA CALLE: LOCALIDAD DE PÁTZCUARO, MICHOACAN



MACRO LOCALIZACIÓN

MICHOACAN DE OCAMPO



Michoacán de Ocampo.

Datos Generales

Capital: Morelia

Municipio: 066

Localización: El estado de Michoacán se sitúa hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.



Extensión: Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.



Orografía: Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas, que son: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal y Valles Intermontañosos (Cordillera Neovolcánica o Tarasco - Náhuatl).

La Sierra Madre del Sur cruza al Estado en aproximadamente 200 kilómetros en la zona Suroeste (entre los municipios de Chinicuila y Arteaga). Se le considera como la continuación de la Sierra Madre Occidental y de otras Sierras de América del Norte (Sierra Nevada, Montañas Rocallosas). Presenta una dirección de Noroeste a Sureste, extendiéndose a lo largo de la costa del océano Pacífico y muy próxima a él: tiene una anchura de casi 100 km., una altitud más o menos constante en sus partes altas de más de 2,900 m. y una superficie de 13,126.5 km².

La mayor prominencia en esta Sierra es el Cerro de las Canoas que tiene 2,985 m. de altitud y se localiza a 7 km. al Noroeste de la población de Coalcomán, en el municipio de este mismo nombre. Otra es el Cerro Cantador con 2,436 m. de altura, localizado a 35 km., al Suroeste de Aguililla, también en el municipio de Coalcomán.

La otra región montañosa del Estado, la constituye el Sistema Volcánico Transversal (o Cordillera Neovolcánica) se localiza al sur de la altiplanicie mexicana y se formó como consecuencia de la aparición de numerosos volcanes. Este sistema tiene una longitud de 300 km. y una anchura aproximada de 130 km.



La mayor parte del mismo se sitúa entre los paralelos 19° y 20° de latitud Norte y presenta líneas estructurales que siguen una dirección Noroeste Sureste.

En este Sistema, hay una región orográfica que queda representada por la Sierra de Tancítaro, que se conecta en el Noroeste con la de Peribán y se enlaza con las Sierras de San Ángel y Tarécuaro, y por el Este con las de Paracho y Carapan (en esta zona se ubica la Meseta Tarasca donde se localiza el Volcán Parícutín).

En la parte Este del Sistema, está la Sierra Mil Cumbres (Otzumatlán, la zona silvícola más importante del Estado) que es la continuación de la Sierra de Acuitzio. Más al Este se localizan las Sierras de San Andrés, (región conocida también como Los Azufres, cerca de Ciudad Hidalgo), Maravatio, Tlalpujahuá, Angangué y Zitácuaro.

Las elevaciones orográficas más notables en esta región, son: el Tancítaro (3,857 m. en el municipio de Tancítaro); Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Volcán de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Ciudad Hidalgo).

Hidrografía: En el estado de Michoacán se presenta una red fluvial de mucha consideración, que tiene como arterias principales a dos grandes ríos del país, el Lerma y el Balsas; por otra parte los ríos de la región de Arteaga y Coalcomán no tienen ninguno principal, pues desembocan directamente en el Océano Pacífico y por último la pequeña red interna representada por los Lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén.

Tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica del Norte, Centro y Sur, además del sistema fluvial costanero, son los que se encuentran en la entidad.

Sistema del Norte. - Cuenca del Lerma, incluye al importante río Lerma que nace en el Estado de México, atravesando el territorio michoacano en su porción nororiental, con una dirección de noreste a suroeste; en esta parte se encuentra la Presa Tepuxtepec con una capacidad de 371 millones de metros cúbicos.



Los afluentes del Lerma se localizan abajo de dicha presa, siendo los principales los ríos Tlalpujahua, Cachiví y Duero, este último considerado como el tributario más importante en la margen izquierda del Lerma, y sus afluentes desembocan finalmente en el Lago de Chapala en su extremo noreste.

La Cuenca de Cuitzeo, ocupa una superficie dentro del Estado de 3,618 kilómetros cuadrados, teniendo como principales afluentes los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, que recibe los aportes de los ríos de San Lucas y Zinapécuaro, nace en la Sierra de Oztumatlán siguiendo su curso una dirección de sur a norte. Ambos desembocan en el Lago de Cuitzeo, considerado como el más grande en el estado.

El Lago de Chapala ocupa sólo una porción en el estado, la parte Sureste del lago, con aproximadamente 125 kilómetros cuadrados, recibe aportes de los ríos Duero y Lerma.

El Sistema del Centro está representado por los Lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, el primero ocupa una superficie de 1,525 kilómetros cuadrados aproximadamente, comprendiendo los municipios de Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan. La cuenca que da origen al Lago se alimenta de numerosas corrientes tanto superficiales como subterráneas. Entre las primeras se destacan las de los ríos San Gregorio y Chapultepec, así como los arroyos de Santa Fe y Soto. En el interior del lago se levantan los islotes denominados Janitzio, Yunuén, La Pacanda, Tecuén, Jarácuaro, Urandén y Carián.

El Lago de Zirahuén, una cuenca de 615 kilómetros cuadrados, recibe los aportes de los arroyos Manzanilla y Zinamba, los cuales nacen en el municipio de Santa Clara del Cobre.

Tanto el Lago de Pátzcuaro como el de Zirahuén, localizados en la región centro - norte del estado, en una de las partes más altas del Eje Volcánico Transversal, constituyen los centros de mayor atracción turística de la entidad, siendo la actividad pesquera una de las más importantes.

En el Sistema del Sur se sitúan la mayoría de los ríos y arroyos del estado. Es el río Balsas el más importante, el cual junto con sus numerosos afluentes ocupa una superficie de 32,950



kilómetros cuadrados. Los afluentes que en Michoacán recibe el Balsas son los ríos Cutzamala, Carácuaro y Tepalcatepec.

El río Cutzamala se une al Balsas por su margen derecha, siendo sus formadores principales los ríos Tuzantla y Tilostoc.

El Río Carácuaro (5,300 kilómetros cuadrados de superficie) que corre en una dirección de norte a sur, recibe los aportes de varios ríos y arroyos, entre los que destacan los arroyos de Inguarán, Las Truchas y Los Limones, así como los ríos de Pedernales y Puruarán.

El río Tepalcatepec o Grande, considerado de mayor extensión en la cuenca del Balsas, tiene una superficie de 18,000 kilómetros cuadrados y su origen en el estado de Jalisco, en donde recibe el nombre de Quitupan, correspondiendo a Michoacán una superficie de 15,120 kilómetros cuadrados. Ingresa al estado por el municipio de Tangamandapio, corriendo en dirección noroeste a Sureste. El principal afluente del Tepalcatepec es el Río Marqués, que se origina en Uruapan en el manantial denominado “Rodilla del Diablo”, recibiendo el nombre de Cupatitzio, atravesando los terrenos de las municipalidades de Uruapan, Parácuaro y La Huacana y que afluye al Tepalcatepec en jurisdicción de este último municipio.

La importancia del río Tepalcatepec se da desde el punto de vista agrícola, porque en su curso cruza el Plan de Tierra Caliente, zona eminentemente agrícola; además de ello, su importancia como fuente generadora de electricidad queda manifiesta por la construcción de varias presas entre las que destacan las del Cóbano, Zumpimito, Taretan, Salto Escondido y la del Infiernillo, considerada como una de las más importantes de Latinoamérica, con una capacidad de 12,500 millones de metros cúbicos de agua, que es utilizada en la generación de energía eléctrica y el riego.

En el sistema fluvial costero del estado, las corrientes fluviales que por ella drenan quedan enmarcadas dentro de la vertiente sur de la Sierra Madre del Sur, contándose entre las más importantes las de los ríos Coahuayana, Aquila, Ostula, Motín del Oro, Coire, Cachán y Nexpa. La cuenca del río Coahuayana comprende los estados de Colima, Jalisco y Michoacán, abarcando en este último los municipios de Coalcomán y Chinicuila. Tiene una extensión superficial de 1,260 kilómetros cuadrados, sus tributarios más importantes son el río Becerra y el arroyo Agua Fria; la desembocadura se ubica en la Bahía de San Telmo en la Boca de Apiza.



El río Aquila abarca parte de los municipios de Aquila, Coalcomán y Chinicuila, su cuenca cubre una superficie de 2,070 kilómetros cuadrados, se forma en la unión de los ríos Palo Dulce y Guayaba.

El río Ostula conforma una de las cuencas más pequeñas de la entidad, tiene aproximadamente 572 kilómetros cuadrados, quedando comprendida entre los municipios de Aquila y Coalcomán. Lo forman los arroyos de la Cofradía y la Mina, corriendo en una dirección de norte a sur; desemboca en el Océano Pacífico.

El río Motín del Oro, de corto curso, tiene como afluentes a los ríos Zilapa y Cacalula.

La lista de ríos y arroyos que desembocan en el Océano Pacífico asciende a más de cincuenta. Todos se originan en la Sierra Madre del Sur y fluyen en una dirección general del norte a sur. Sus cuencas son de relieve accidentado, de manera que el aprovechamiento del agua para actividades agrícolas es de escasa importancia.



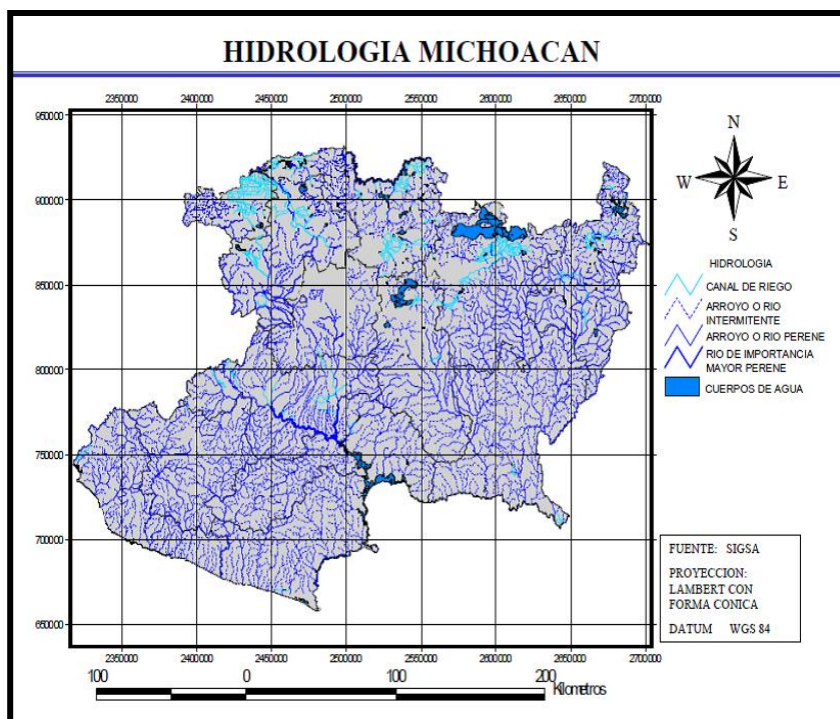
➤ Mapa de Clima



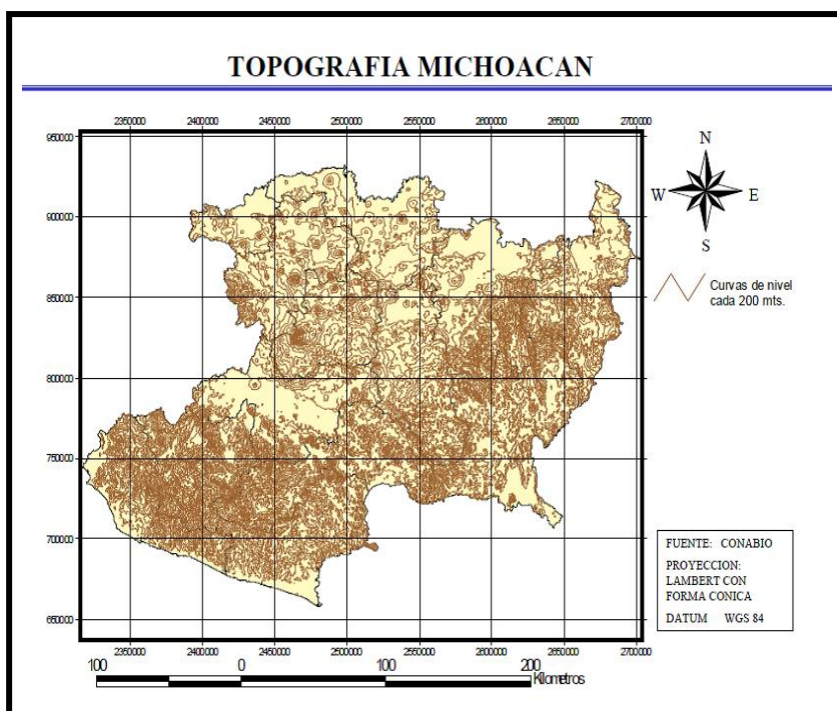
➤ Mapa Geológico



➤ Mapa de Hidrologia

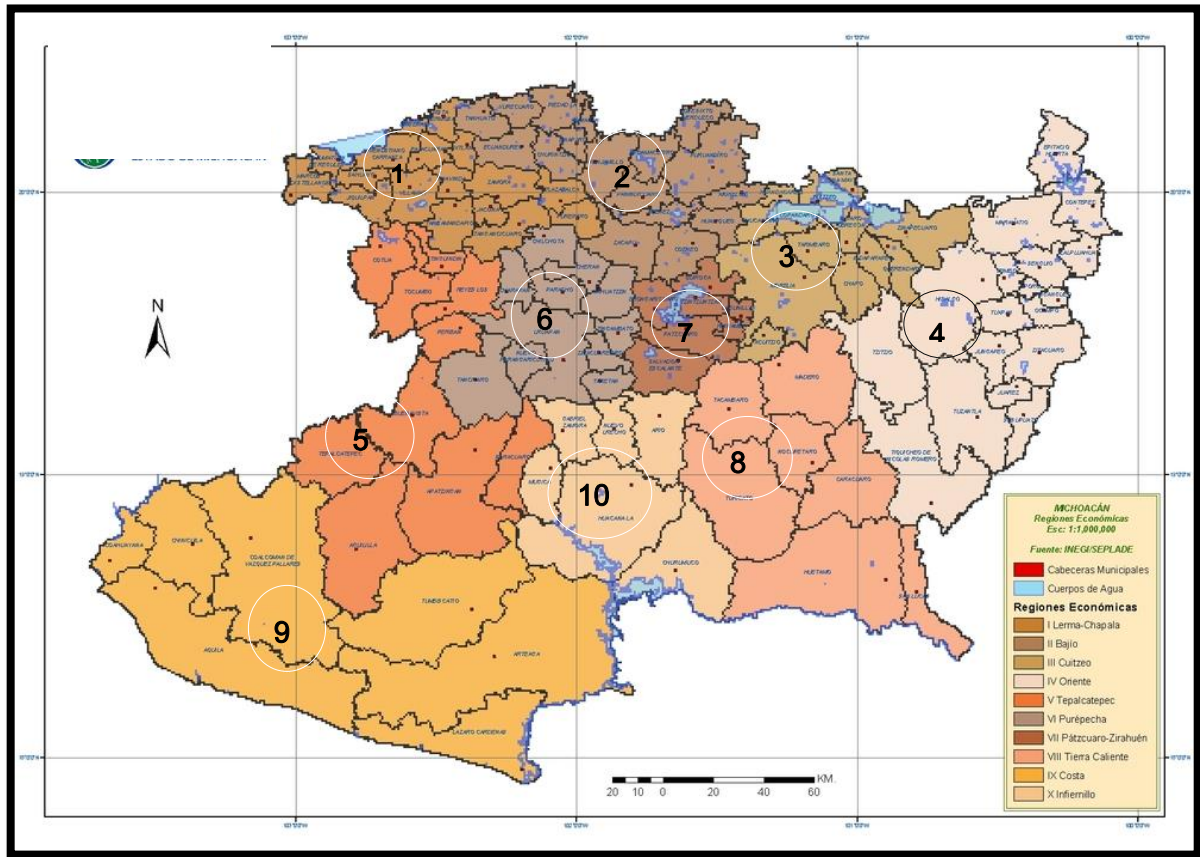


➤ Mapa de Topografia



➤ Mapa de Regiones

✚ Michoacán se divide en 10 regiones



1. Lerma – Chapala	2. Bajío
3. Cuitzeo	4. Oriente
5. Tepalcatepec	6. Purepecha
7. Pátzcuaro - Zirahuen	8. Tierra caliente
9. Sierra Costa	10. Infiernillo



MICRO LOCALIZACIÓN



Ubicación geográfica

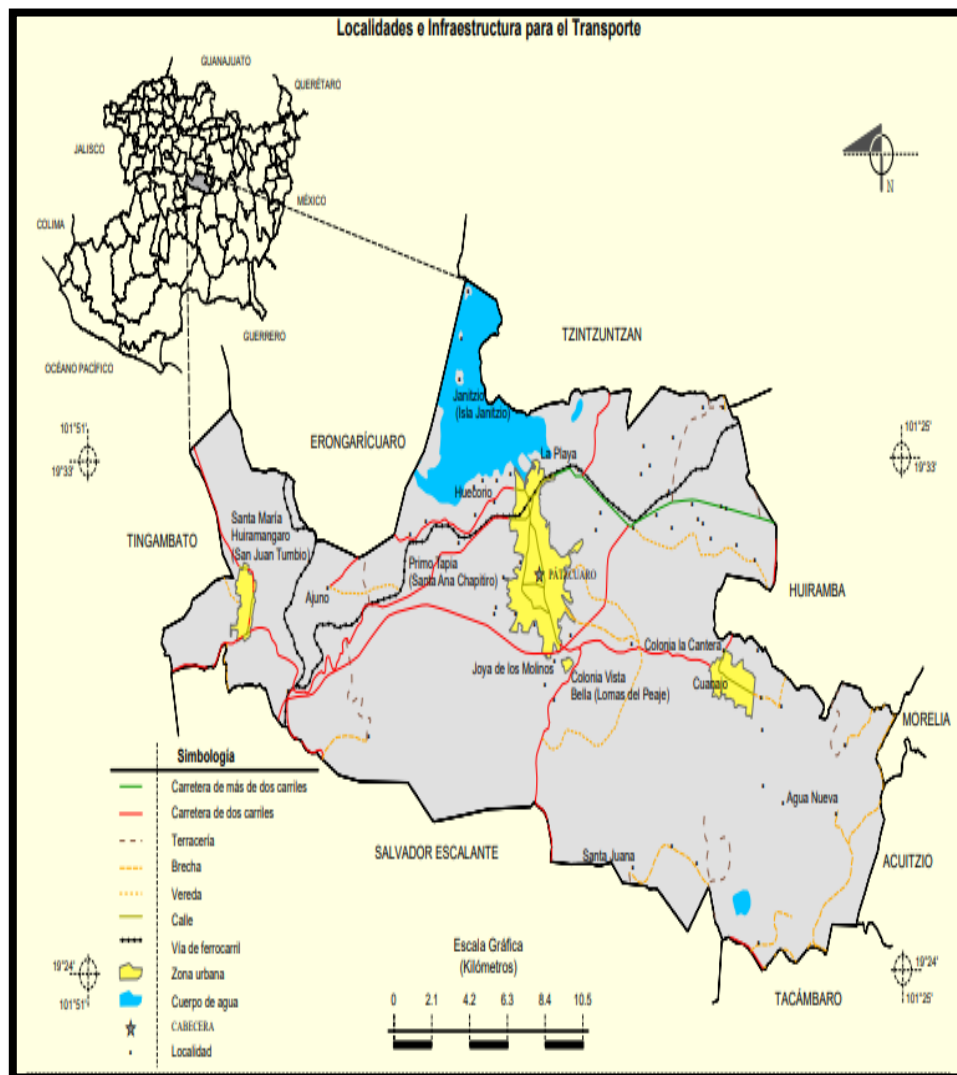
Coordenadas	Entre los paralelos 19°23' y 19°37' de latitud norte; los meridianos 101°25' y 101°49' de longitud oeste; altitud entre 2 100 y 3 300 m.
Colindancias	Colinda al norte con los municipios de Erongarícuaro, Tzintzuntzan y Huiramba; al este con los municipios de Huiramba,



Otros datos	Morelia, Acuitzio y Tacámbaro; al sur con los municipios de Tacámbaro y Salvador Escalante; al oeste con los municipios de Salvador Escalante, Tingambato y Erongarícuaro. Ocupa el 0.75% de la superficie del estado. Cuenta con 65 localidades y una población total de 79 868 habitantes
-------------	--



➤ Mapa de carreteras existentes (Pátzcuaro, Mich.)



Zona urbana	Las zonas urbanas están creciendo sobre suelo aluvial del Cuaternario y roca ígnea extrusiva del Cuaternario y Plioceno-Cuaternario, en sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con llanuras, vaso lacustre y llanura aluvial; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Andosol, Luvisol, Leptosol y Gleysol; tienen clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, bosques y tular.
-------------	--

Hidrología

Región hidrológica Cuenca	Lerma-Santiago (83.05%) y Balsas (16.95%) L. de Pátzcuaro-Cuitzeo y L. de Yuriria (83.05%), R. Tepalcatepec-Infiernillo (15.50%) y R. Tacámbaro (1.45%)
---------------------------	---



Sub cuenca	L. de Cuitzeo (64.53%), L. de Pátzcuaro (18.51%) L. de Zirahuén (15.42%), R. Tacámbaro (1.45%) y R. La Parota (0.09%).
Corrientes de agua	Perennes: El Pedregal y El Salto Intermitentes: Huinchu, El Guani, El Chorrito y El Tecolote
Cuerpos de agua	Perenne (5.05%): Lago de Pátzcuaro Intermitente (0.15%): La Lagunita



Uso potencial te la tierra

Agrícola	Para la agricultura mecanizada continua (51.47%)
	Para la agricultura con tracción animal estacional (9.78%)
	Para la agricultura manual estacional (10.10%)
Pecuario	No aptas para la agricultura (28.65%)
	Para el desarrollo de praderas cultivadas (51.47%)
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (19.82%)
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (18.89%)
	No aptas para el uso pecuario (9.82%)

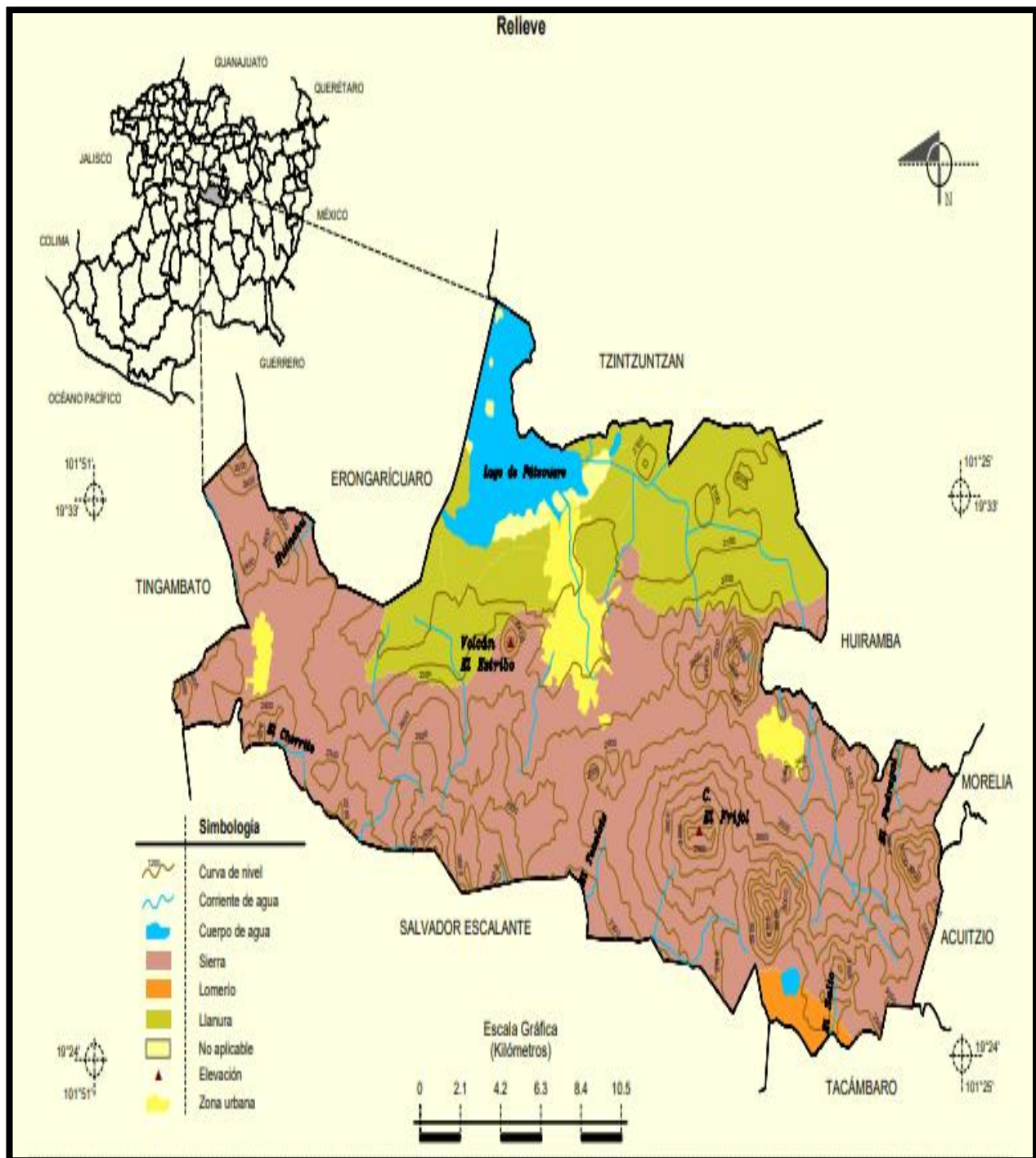


Fisiografía

Provincia	Eje Neovolcánico (100%)
Subprovincia	Neovolcánica Tarasca (100%)
Sistema de topoformas	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con llanuras (71.56%), Llanura aluvial (16.96%), Vaso lacustre (4.95%) y Lomerío de basalto con sierras (1.36%)



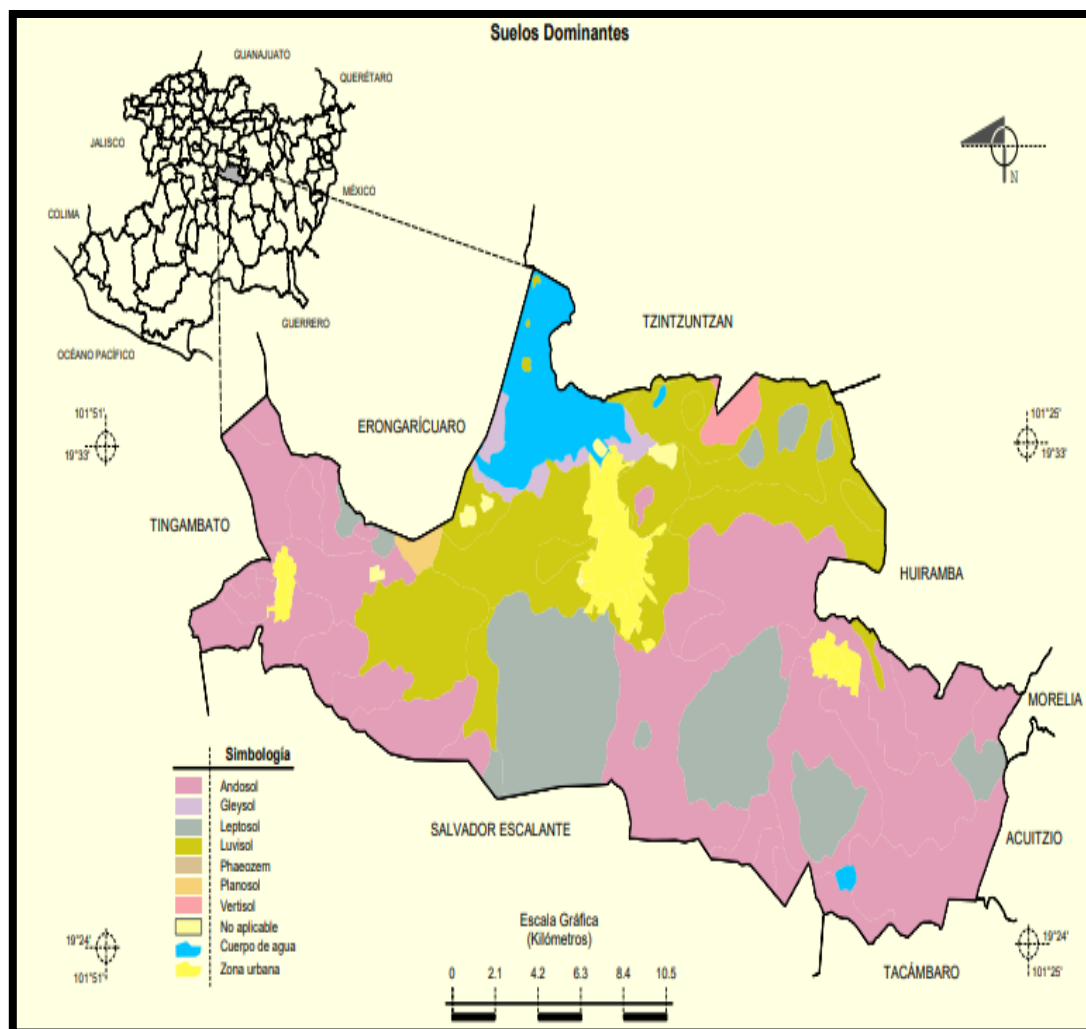
➤ Mapa de relieve (Pátzcuaro, Mich.)



Edafología

Suelo dominante	Andosol (46.03%), Luvisol (24.02%), Leptosol (17.36%), Gleysol (1.33%), Vertisol (0.90%), Planosol (0.47%) y Phaeozem (0.01%)
-----------------	---

➤ Mapa de suelos dominantes (Pátzcuaro, Mich.)

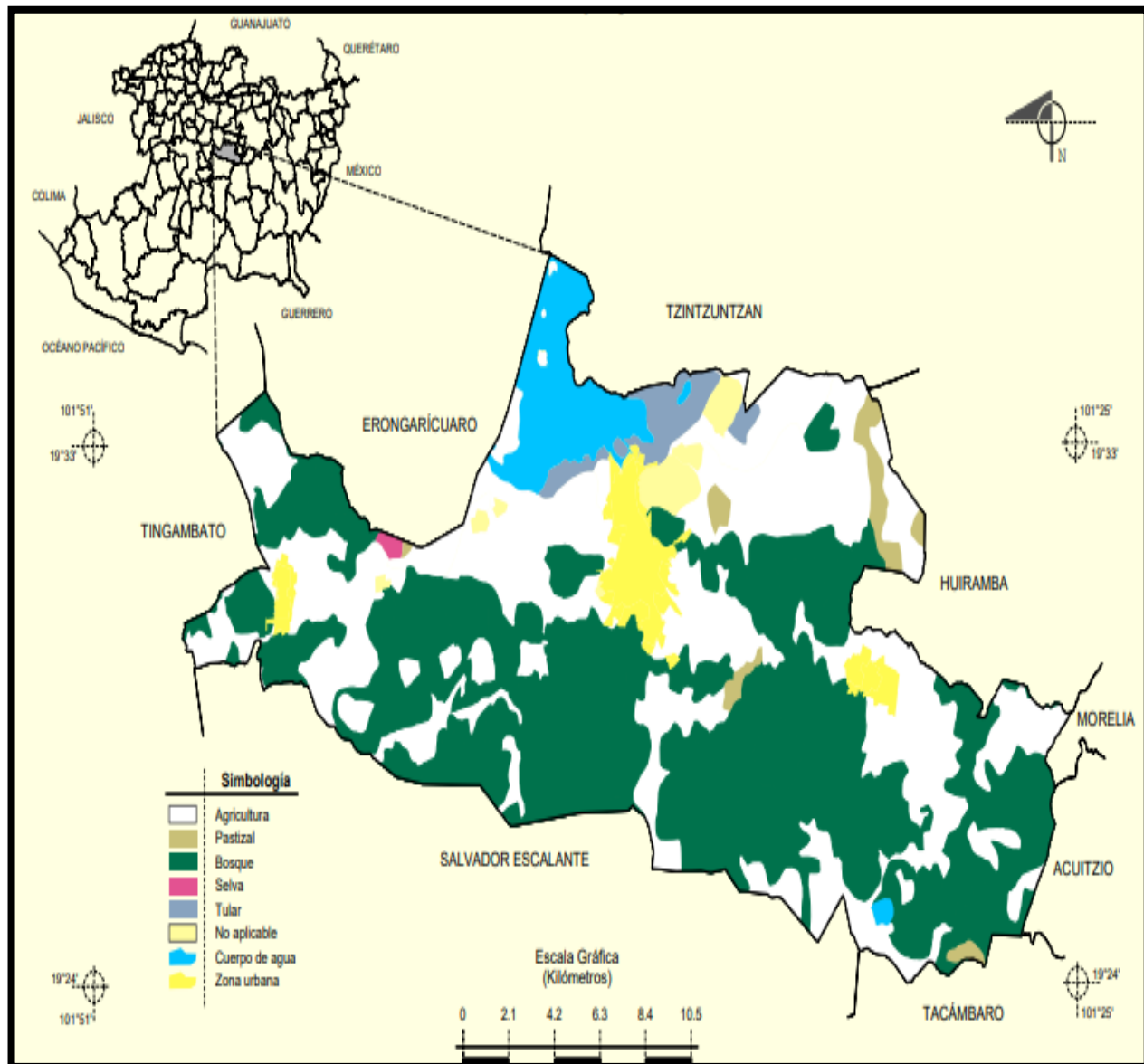


Uso de suelo y vegetación

Uso del suelo	Agricultura (38.64%) y Zona urbana (4.13%)
Vegetación	Bosque (46.25%), Tular (2.06%), Pastizal (1.75%) y Selva (0.16%)



➤ Mapa de Uso De Suelos (Pátzcuaro, Mich.)

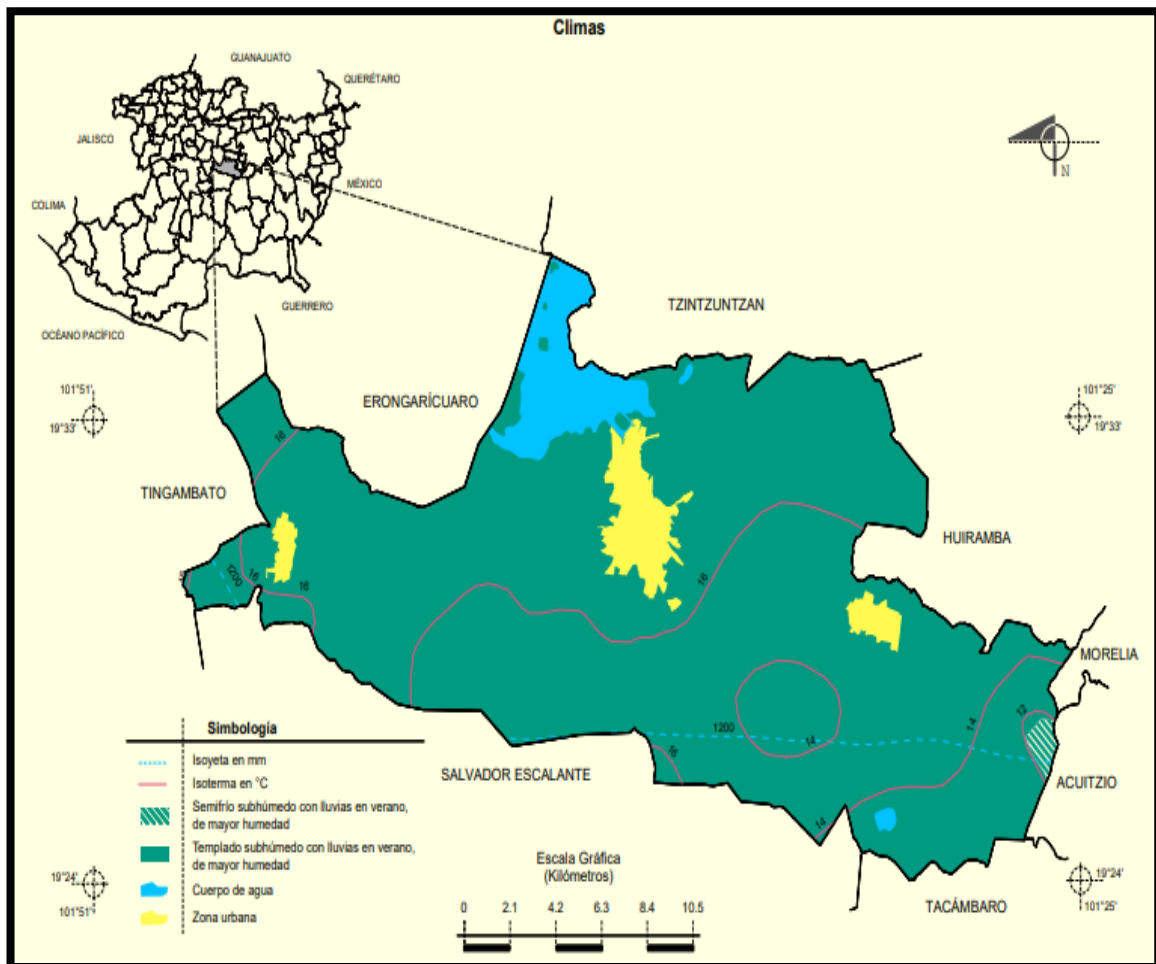


Clima

Rango de temperatura	10 – 18°C 1 100 – 1 300 mm
Rango de precipitación	Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (99.57%) y semifrío
Clima	subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.43%)



➤ Mapa de clima (Pátzcuaro Mich.)



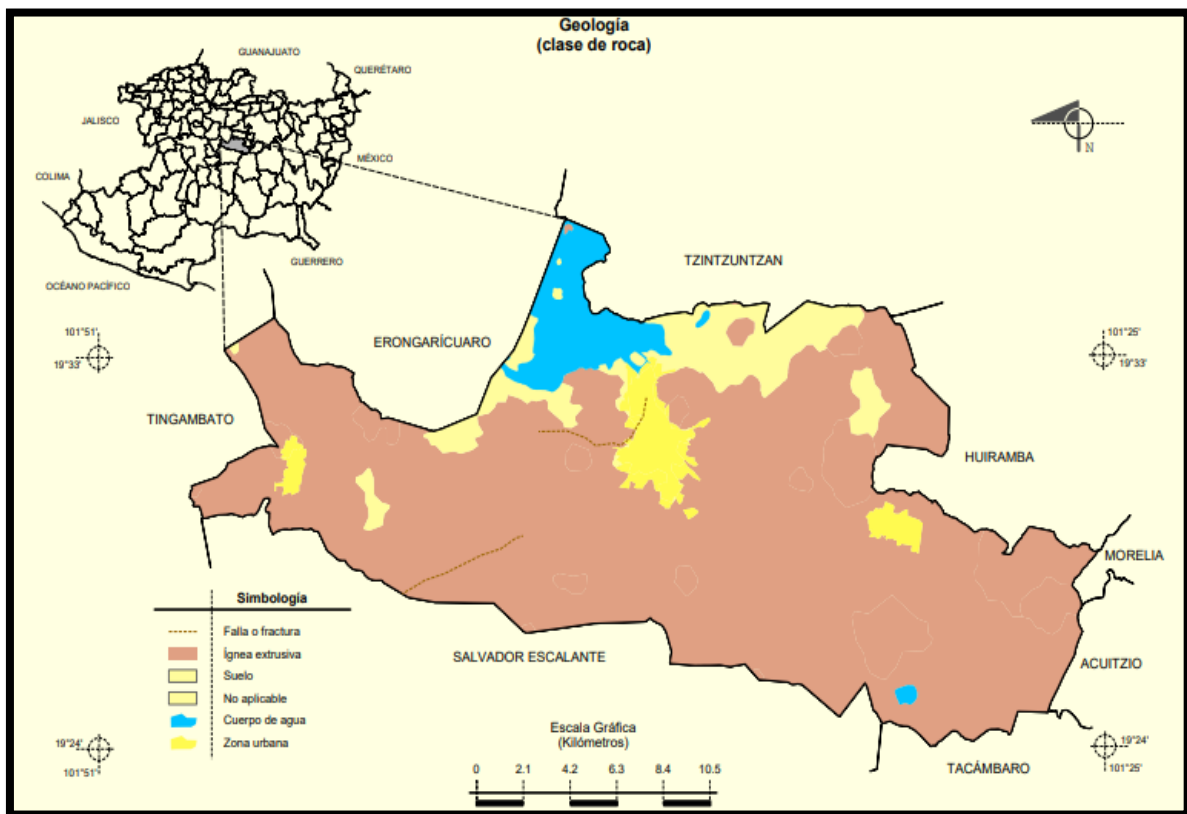
Geología

Periodo	Plioceno-Cuaternario (73.21%), Cuaternario (10.61%) y Neógeno (6.74%)
Roca	Ígnea extrusiva: basalto (73.49%), andesita, (4.08%), dacita (1.70%), brecha volcánica básica (1.62%), andesita-brecha



volcánica intermedia (0.96%) y
basaltobrecha volcánica básica (0.59%)
Suelo: aluvial (7.73%) y residual (0.39%)

➤ Mapa de Geología (clase de rocas) Pátzcuaro, Mich.)



2. EXPLORACIÓN Y MUESTREO

El muestreo consistirá en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura terrea o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. El muestreo, además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

El muestreo de suelos comprende 2 tipos de muestras:

1.- **Muestras inalteradas.** - Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra.

2.- **Muestras alteradas.** - Son aquellas que son constituidas por el material disgregado o fragmentado en las que se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan en forma adecuada.

Las **Muestras inalteradas** se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería. La excavación debe ser de tales dimensiones que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

En la extracción de muestras inalteradas se emplean herramientas y materiales, tales como picos, barretas, cuchillos, espátulas, cucharas de albañil, machetes, arcos de segueta con alambre de acero, estufa o lámpara para secado, brochas, cinta métrica de lienzo de 20 mts., flexo metro, recipiente metálico, manta de cielo, brea, parafina, cajones de madera. El procedimiento para su extracción es el siguiente:



Si la muestra va a ser obtenida del piso de una excavación o de una superficie prácticamente horizontal, se marca en un cuadro de 40 cm.

Por lado aprox. Y con el objeto de labrar un cubo de suelo de las dimensiones mencionadas, se excava alrededor de las marcas con la herramienta apropiada, sin dañar la estructura de la muestra ya sea por presión o por impacto; se profundizará lo necesario para poder efectuar un corte horizontal en la muestra, inmediatamente después se cubre con la manta de cielo recién embebida en una mezcla previamente preparada, de 4 partes de parafina, por una parte de brea, licuadas por medio de calor; la manta así preparada quedara bien adherida a la muestra.

Una vez protegidas las 5 caras descubiertas, se procede a preparar la muestra cuidadosamente para no dañarla e inmediatamente después, se cubre su cara inferior con una capa de manta de cielo embebida en la mezcla de brea con parafina, en la forma antes descrita. A continuación, a toda la muestra se le aplica con una brocha otra capa de parafina y brea fundidas y aprovechando la temperatura de la mezcla, se fija la tarjeta de identificación en la cara que originalmente estaba en la parte superior.

Si la muestra va a ser extraída de una pared, se procede a excavar a su alrededor una bóveda, con el objeto de facilitar el labrado de las caras superior y laterales del cubo y poder efectuar el corte horizontal en la parte inferior del mismo. La obtención de la muestra, así como su forma, dimensiones, protección e identificación, son idénticas a lo señalado anteriormente.

Una vez extraída y protegida la muestra se colocará en un cajón de dimensiones adecuadas y rellenando los espacios libres con aserrín, paja, papel u otro material similar, a fin de amortiguar el efecto de los golpes que pudieran sufrir durante el transporte.



Las muestras deberán contener los siguientes datos:

- 1.- Obra y localización.
- 2.- Numero de sondeo.
- 3.- Ubicación del sondeo.
- 4.- Numero de la muestra.
- 5.- Profundidad a la que se tomó la muestra.
- 6.- Espesor del estrato correspondiente.
- 7.- Clasificación de campo.
- 8.- Uso del material.
- 9.- Nombre del operador.
- 10.- Observaciones y fechas.

Las **Muestras alteradas** de suelos podrán obtenerse en una excavación, de un frente, ya sea de corte o de un banco, o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de la explotación, al nivel de aguas freáticas o aquel en la cual sea necesario extender el estudio.

El peso mínimo de la muestra será de 40 kg. Que es la cantidad de suelo que comúnmente se requiere para realizar las pruebas de materiales de terracerías; esta cantidad deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras que se tomen deberán estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y el tipo de estudio que se trate. En suelos que presenten pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que los suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en estudios definitivos.

En préstamos laterales continuos y en préstamos de banco dentro del derecho de vía, que contengan materiales homogéneos, se recomienda que los sondeos se hagan a distancias no mayores de 250 mts. Y a la profundidad suficiente para definir el espesor del material aprovechable, en el caso de bancos localizados fuera del derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m² de superficie de acuerdo con el volumen requerido, formando una cuadrícula.



Tratándose de cortes se recomienda hacer 3 sondeos como mínimo, en el sentido del cadenamiento que abarque el ancho de la terracería. Las herramientas y materiales que se emplean en la obtención de muestras alteradas son: picos, palas, barretas, posteadoras, barretas helicoidales, tubos galvanizados para extensiones, llaves Stillson, estufa o lámpara de secado, brochas, bolsas de lona ahulada, frascos o cápsulas de aluminio con tapa, cinta métrica de lienzo de 20 m., cordel, brea, parafina y cinta adhesiva.

Los procedimientos de muestreo, de acuerdo con el lugar donde se obtengan las porciones representativas serán como sigue:

Las muestras superficiales se tomarán a profundidades variables del orden de 1 m., este muestreo puede ser aplicable para los estudios del terreno de cimentación y algunos préstamos o bancos.

En este caso se eliminan primeramente los materiales extraños que existan en la zona elegida y cuando sea necesario también se descartará la parte superficial intemperizada o con un alto contenido de materia orgánica.

Para el muestreo a mayor profundidad que el señalado anteriormente se excava un pozo a cielo abierto y se muestrean los estratos en una de las paredes del mismo o también se puede obtener la muestra o muestras del material que se extraiga al hacer una perforación con herramientas especiales. Estos procedimientos de muestreo son los que comúnmente se emplean para el estudio de bancos de materiales, de cimentaciones superficiales y del terreno en general cuando su naturaleza se los permita.

Las muestras alteradas se envasarán en bolsas de lona, cerrándolas para evitar pérdidas o contaminación y llevarán tarjetas de identificación tanto en su interior como en su exterior, atadas en la parte exterior. Cuando se requiere determinar el contenido de agua del suelo, se envasan en cápsulas de aluminio o bien en frascos de tamaño adecuado y que no propicien la evaporación del agua, cuyas tapas quedarán selladas perfectamente, mediante la aplicación de cinta adhesiva o de un baño de brea y parafina.



El transporte de las muestras se hará en forma cuidadosa sin exponerlas a sufrir alteraciones y en el caso de usar frascos de vidrio, a fin de que se rompan, se empacarán en cajas de madera relleno de aserrín, papel, paja o similar.

Durante la visita técnica se realizó un recorrido sobre la superficie del terreno, esto con la finalidad de conocer las condiciones actuales e indicar en qué zona se realizaría los sondeos o pozos a cielo abierto.



Para estudios especiales el laboratorio indicará las cantidades necesarias.

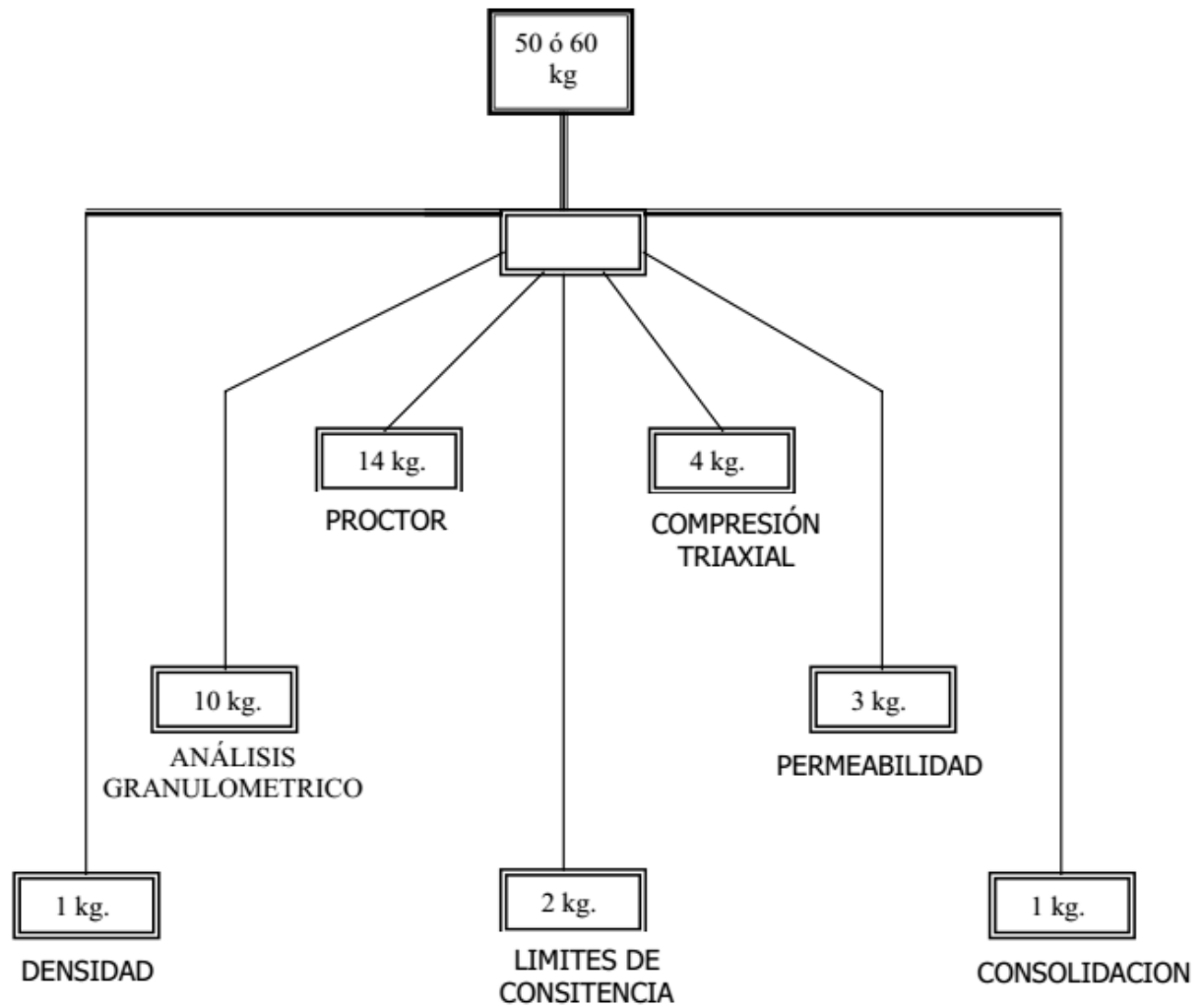


Fig. 1.1 Repartición de una muestra en el laboratorio, según la prueba.



INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

El material que predomina en la zona lo constituyen una arcilla inorgánica de baja plasticidad color rojo.

En los reportes de la exploración aparecen las estratigrafías encontradas.

Durante la visita técnica se realizó un recorrido sobre la superficie del terreno, esto con la finalidad de conocer las condiciones actuales e indicar en que zona se realizaría los sondeos o pozos a cielo abierto.

En función al tamaño de la vialidad y al lugar de la construcción del pavimento,
Se determinó realizar 1 sondeo o pozo a cielo abierto, cuya ubicación se encuentra
Indicada en el croquis siguiente:

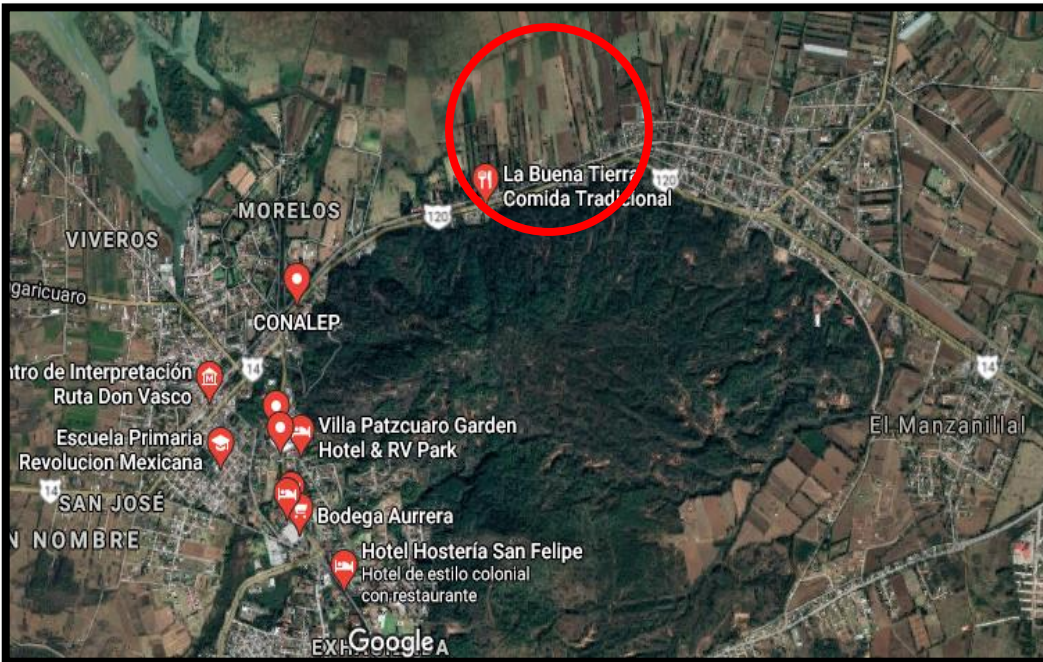
Una vez determinado el área de estudio se procedió a realizar los pozos en el área de la superficie de rodamiento como se muestra en la siguiente fig.

A continuación, se muestra el sitio donde se realizó la exploración.



MICRO LOCALIZACION DE LA VIALIDAD





AREA EN
ESTUDIO

El sondeo se inició al nivel actual del terreno, profundizándose lo necesario (inicialmente se pensó en 2.0 mts) para establecer los estratos que presentan condiciones más favorables para apoyar la cimentación. Finalmente, de acuerdo a lo encontrado en campo, el sondeo se profundizó a 2.65 mt. En promedio.

Se hicieron, además, las observaciones necesarias donde se corroboró la homogeneidad del subsuelo. Se obtuvieron muestras alteradas para la determinación del valor relativo de soporte. Y obtener el diseño del pavimento.

La perforación se llevó a cabo mediante la ayuda de una máquina retroexcavadora.

Durante la exploración NO se detectaron NIVELES FREATICOS, la exploración se detuvo a esa profundidad de 2.65 mts. En promedio.



Es importante señalar que se tomaron muestras alteradas del material fino para realizar pruebas de mecánica de suelos. Con el objetivo de clasificar en S.U.C.S., y realizar una compresión simple, aunque la capacidad de carga se calculara con la fórmula de TERZAGHI y el pavimento por el método AASHTO y PCA.



PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Para fines de la interpretación del perfil se ha considerado que las profundidades se refieren al nivel actual del terreno.

Resulta conveniente describir el perfil estratigráfico a continuación:

POZO A CIELO ABIERTO No. 1

El subsuelo está constituido por 1 estrato que se describe a continuación:

- Estrato 1 compuesto de un material tipo relleno de banco de préstamo de color rojo en estado semicompacto, su espesor es de 2.60 mt.
- La profundidad total de exploración fue de 2.65 mts.



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

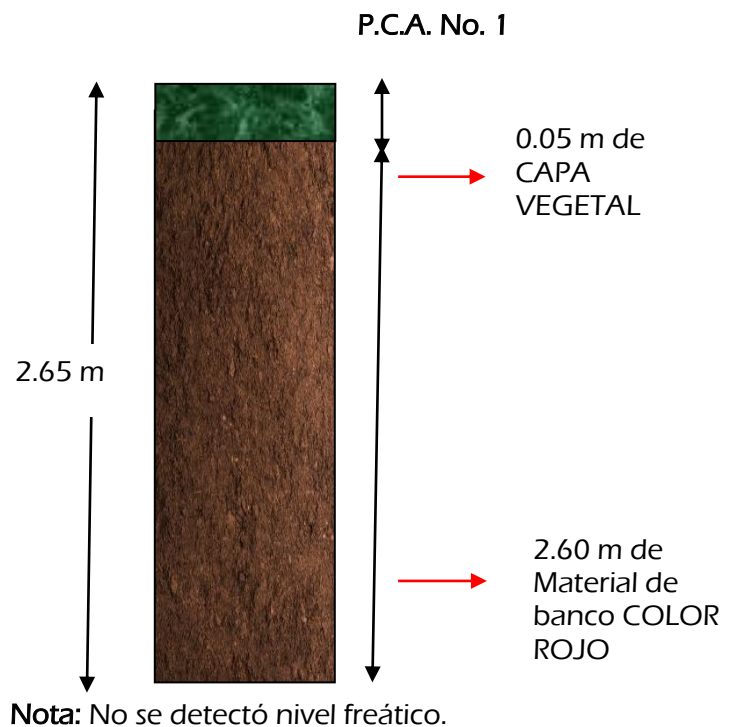
Para fines de interpretación del perfil se ha considerado que la profundidad se refiere al nivel actual del terreno.

Estudio de Mecánica de Suelos

Obra: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA UN CARRIL DE ACCESO DE UNA TIENDA DE CONVENIENCIA EN PÁTZCUARO, MICHOACÁN.

Ubicación: PÁTZCUARO, MICHOACÁN.

Perfil estratigráfico



3. TRABAJOS Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.

Las pruebas realizadas a las muestras alteradas son las siguientes:

Pruebas Índices

- Humedad natural
- Granulometría
- Límites de consistencia

Por las condiciones que presentan los materiales, se les realizaron los siguientes ensayos:

Pruebas Mecánicas

- Expansión
- Valor relativo de soporte



PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD Y DE LA CONTRACCIÓN LINEAL.

Los métodos de prueba a que se refiere esta cláusula tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla núm. 0.425, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

- A) La plasticidad es la propiedad de algunos suelos que les permite, bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida, sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables. Esta propiedad es originada por fenómenos electroquímicos, que propician la formación de una capa de agua absorbida de consistencia viscosa, alrededor de las partículas, cuyo efecto en la interacción de dichas partículas determina el comportamiento plástico del suelo.
- B) De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en alguno de los siguientes 5 estados de consistencia.
 - 1. Estado líquido, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.
 - 2. Estado semilíquido, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.
 - 3. Estado plástico, en el cual los suelos presentan las propiedades de plasticidad señaladas en el párrafo A) de este inciso.
 - 4. Estado semisólido, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.
 - 5. Estado sólido, en el que el volumen de los suelos no varían aún cuando se les someta a secado.



C) Las fronteras entre los estados de consistencia mencionados en el párrafo B) de este inciso, fueron establecidos por ATTERBERG bajo el nombre general de límites de consistencia, los cuales se indican a continuación:

1. Límite líquido, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.
2. Límite plástico, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plásticos y semisólido.
3. Límite de contracción, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.

D) A la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico, se le denomina índice plástico.

E) La contracción lineal de un suelo es la reducción del volumen del mismo, mediante en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido o hasta la del límite de contracción.

F) Para definir las características de plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

PARA LA DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE UN SUELO POR EL método estándar, se emplea el procedimiento de Casagrande, según el cual se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa la malla núm. 0.425, cuando al ser colocada en la copa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto en una longitud de trece punto cero (13.0) milímetros, después de golpear la copa veinticinco (25) veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales, desde una altura de un (1) centímetro, a la velocidad de dos (2) golpes por segundo. En el método estándar el límite líquido se determina gráficamente mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que representan los contenidos de agua correspondientes a diversos números de golpes, para los cuales la ranura se cierra en la longitud especificada.



El límite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa por la malla Núm. 0.425, para que se pueda formar con ella cilindros de tres (3) milímetros, sin que se rompan o desmoronen.

El índice plástico de un suelo mide el intervalo de variación de la humedad dentro del cual el suelo presenta una consistencia plástica, de acuerdo con los conceptos expresados los límites líquidos y plásticos corresponden a las fronteras superior e inferior de dicha consistencia, respectivamente.

La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de forma prismática rectangular, elaborado con la fracción de suelo que pasa la malla Núm. 0.425, cuando su humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresada como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

La determinación del valor relativo de soporte mediante la prueba Porter estándar se lleva a cabo sobre la fracción del suelo que pasa por la malla Núm. 25.0, elaborando un espécimen con la humedad óptima del material a estudiar, de acuerdo con el procedimiento de compactación por carga estática, descrito en el inciso 108-11.6; dicho espécimen se somete a un periodo de saturación antes de efectuar la determinación del valor relativo de soporte, y se obtiene como dato adicional la expansión originada por su saturación:



DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD O CONTENIDO DE AGUA DE LOS SUELOS.

Para la determinación de la humedad o contenido de agua de los suelos, se tomara en cuenta lo siguiente:

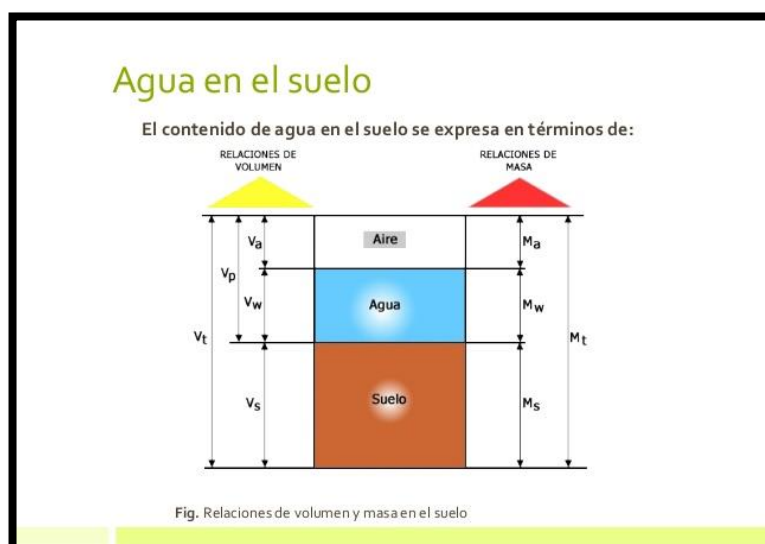
- A) La humedad o contenido de agua de un suelo es la relación expresada en por ciento, entre el peso del agua que tiene el suelo y el peso de sus partículas sólidas. Para los fines de esta prueba el contenido de agua es el peso que pierde la muestra al someterla a un proceso de secado en horno a ciento cinco más menos cinco grados centígrados (105 ± 5 °C) y el peso de las partículas sólidas es el que tiene la muestra después de someterla a dicho proceso. Su determinación proporciona una información complementaria y en ciertos casos constituye una etapa fundamental de otras pruebas que se efectúan a los suelos. Por otra parte, el conocimiento del contenido natural de agua de un suelo en algunas ocasiones puede dar idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento.
- B) La determinación de la humedad se efectuara siguiendo el procedimiento de prueba estándar descrito en el inciso 108-05.2, o bien cuando no se requiera mucha exactitud se podrá aplicar la prueba rápida que se describe en el inciso 108-05.3 de esta cláusula.
- C) La muestra que se destine para la prueba deberá tomarse de tal manera que sea representativa del material cuyo contenido de agua se desea obtener. Cuando se trate de conocer la humedad natural de un suelo, es conveniente que al tomar en el campo la muestra se determine de inmediato el peso inicial del material húmedo con todo y recipiente; cuando haya necesidad de transportarla al laboratorio para determinarle su humedad, deberá observarse las precauciones indicadas del inciso 108-02.3 relativo a la obtención y transporte de muestras alteradas.



D) La cantidad de muestra que debe tomarse para la determinación de la humedad será la indicada en el método de prueba correspondiente; si no hay indicación al respecto, los pesos mínimos estarán de acuerdo con lo siguiente:

TAMAÑO MÁXIMO DEL MATERIAL, EN MILIMETROS	PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA EN GRAMOS
4.75 PASA MALLA Núm. 4.75	100
25.0 PASA MALLA Núm. 25.0	500
50.0 PASA MALLA Núm. 50.0	1000

La prueba estándar para la determinación de la humedad u contenido de agua, consiste en obtener una muestra de suelo cuyo peso estará de acuerdo con lo indicado en el párrafo D) del inciso 108-05.1, someterla a un proceso de secado al horno y determinar la relación que existe entre el peso del agua que contiene y el peso seco del material.



DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS.

ESTA prueba consiste en separar por tamaños las partículas de suelo, pasándolo a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos retenidos como porcentajes en peso de la muestra total.

- A) La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo serán representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o acicular, es de lascas o agujas, respectivamente, los resultados que se obtengan no serán representativos de los tamaños reales del material y, en consecuencia, de su comportamiento. Así mismo la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños en los materiales con partículas de pesos específicos muy diferentes, en cuyo caso será necesario efectuar la corrección correspondiente, para transformar los porcentajes obtenidos en función de pesos, a porcentajes en función de volúmenes.
- B) Las características granulométricas de un suelo influyen en la mayor o menor facilidad para lograr una compactación adecuada y tienen importancia en su comportamiento mecánico, principalmente en los suelos gruesos. Generalmente, la mayor estabilidad de un suelo se alcanza cuando la cantidad de vacíos es mínima y para que esta condición pueda lograrse, se requiere que el material tenga una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas menores y que a su vez, los huecos que dejen estas últimas sean ocupados por partículas más finas y así sucesivamente.
- C) La prueba tiene dos (2) variantes, el análisis granulométrico y el análisis granulométrico simplificado, los cuales se describen en los incisos 108-08.2 y 108-08.3, respectivamente.

El análisis granulométrico estándar consiste esencialmente en separar y clasificar por tamaños las partículas que compone el suelo, utilizando el procedimiento de cribado, es decir, haciendo



pasar el material a través de un juego de mallas de aberturas cuadradas que comprende de la Núm. 75.0 a la Núm. 0.075.



GRANULOMETRIA

GRANULOMETRÍA

Fuente: Gallardo, 2015

MEDIANTE EL TAMIZADO SE PUEDE CONOCER EL TAMAÑO DE LAS DIFERENTES PARTÍCULAS QUE COMPONEN EL SUELO.

MECANICA DE SUELOS — Prof: R.G.A.

www.fppt.info

GIGMA



CLASIFICACION E IDENTIFICACION DE SUELOS

Los suelos se presentan como una variedad y complejidad prácticamente infinita. Así, cualquier intento de sistematización científica acompañada de la correspondiente tendencia generalizadora, debe ir precedido por otro, en que se procure clasificar a los suelos del modo más completo posible.

De hecho, los sistemas de clasificación de suelos son tan antiguos como la propia Mecánica de Suelos, pero por el escaso conocimiento que se tenía sobre los suelos, los sistemas que aparecieron en un principio estaban basados en características poco relevantes (olor, color, textura, etc), o muy difíciles de correlacionar con los fundamentales; estos sistemas están hoy superados y no conviene dedicarles atención, entonces dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente.

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo "clasificado", si previamente se conviene en dar una denominación particular a las distintas fracciones según queden comprendidas en una determinada gama de tamaños. Los sistemas de clasificación granulométrica, tan populares en el pasado, tuvieron esa génesis tan simple y los términos grava, arena, limo y arcilla aún tienen para muchos un significado relacionado únicamente con el tamaño de las partículas constitutivas de esos suelos o fracciones.

Es evidente que un sistema de clasificación de suelos debe agruparlos de acuerdo con sus propiedades mecánicas básicas, por ser estas las que interesan para la aplicación en la construcción. A la vez, el criterio clasificador ha de ser preponderantemente de naturaleza cualitativa, puesto que un sistema que incluyera relaciones cuantitativas resultaría excesivamente engorroso y complicado.

Probablemente lo menos que puede esperar un técnico de un sistema de clasificación es que sirva, para formar su criterio respecto al suelo en cuestión, antes de que adquiera conocimientos más profundos y extensos de las propiedades del mismo; así, al usar el sistema será posible, entre otras cosas, obtener criterios para saber en qué direcciones es conveniente profundizar la investigación.

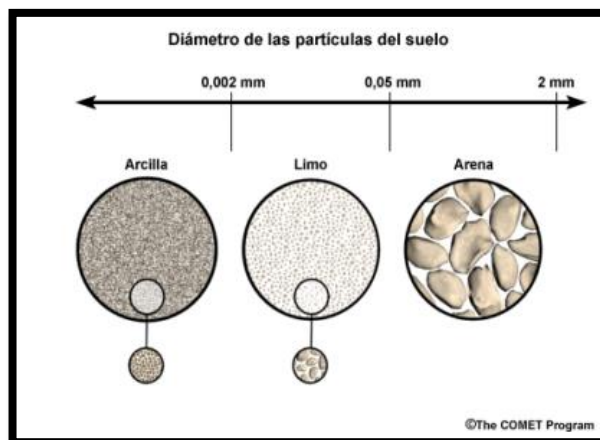


A pesar de su sencillez, los criterios de clasificación puramente granulométricos resulta hoy poco apropiados porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales (resistencia, compresibilidad, relaciones, esfuerzo, deformación, permeabilidad, etc), resultan demasiado inseguros y sujetos a excepciones y casos especiales

La identificación aproximada de los suelos se efectuará mediante las pruebas de granulometría, dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco.

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Es evidente que un sistema de clasificación que pretenda cubrir hoy las necesidades correspondientes, debe de estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser estas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. Entre los diversos estudios tendientes a encontrar un sistema de clasificación que satisfaga los distintos campos de aplicación a Mecánica de Suelos, destacan los efectuados por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard, los cuales cristalizaron en el conocido Sistema de Clasificación de Aeropuerto, así originalmente llamado, debido a que estaba orientado para uso en aquel tipo de obras

Un suelo se considera grueso si el más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas. Se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.



VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)

Esta es una prueba para determinar las características de resistencia de un suelo que se utiliza principalmente para el diseño de pavimentos. La muestra para llevar a cabo la prueba deberá haber sido secada, disgregada y cuarteada según los procedimientos normales. Cuando se ha logrado la disgregación de los grupos se tamiza la muestra por la malla de 3/4". Si la muestra original contiene material mayor de %, ese peso debe reemplazarse por la misma cantidad de material que pasa la malla de % y se retiene en la de 14". La muestra seleccionada del suelo de la sub-rasante se compacta en un molde que tiene 6" de diámetro y 6 a 7 pulgadas de altura, se eligen el contenido de agua, la densidad y el esfuerzo de compactación empleados en el moldeo de la muestra para que correspondan a las condiciones de campo esperadas. Después de que se ha compactado la muestra, se coloca sobre ella una sobrecarga con un peso equivalente al peso estimado del pavimento y la base, y se sumerge en agua el conjunto durante cuatro días. Al completarse dicho período durante el cual se embebe la muestra, se retira ésta del agua y se deja que escurra por un período de 15 minutos. La muestra, conservando la sobre carga que se le impuso, se somete de inmediato a penetración mediante un émbolo de 1.95" de diámetro, el cual se mueve a una velocidad de 0.05 pulg/min. Se registran las cargas totales correspondientes a las penetraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 pulgadas. 21 Se traza entonces una curva carga - penetración se hacen algunas correcciones necesarias, y se determina el valor corregido de la carga unitaria correspondiente a una penetración de 0.1 pulg. Después, se compacta dicho valor con otro de 1000 lb/pulg es necesario para producir la misma penetración en roca triturada estándar. Se calcula entonces el valor relativo de soporte utilizando la siguiente expresión. Carga unitaria a una penetración de 0.1 pulg. $VRS\% = \frac{(100)}{1000}$ El método comprende tres ensayos que son: a) determinación del peso volumétrico máximo y humedad óptima, b) determinación de las propiedades expansivas del material, y c) determinación del Valor Relativo de Soporte. El molde empleado es de 15.24 cm (6") de diámetro interior por 20.32 cm (8") de altura. La SCT especifica que el VRS debe cumplir con el 80 % mínimo. 22 Por lo tanto el material no cumple con esta condición. En la zona de recta, en los pozos a cielo abierto realizados a lo largo de la recta se observó que el material de relleno tiene 1.0 m de espesor, también se tomaron muestras integrales realizándose pruebas de calidad, indicando el resultado de la prueba de VRS



EQUIPO PARA REALIZAR LA PRUEBA DEL VALÑOR RELATIVO DE SOPORTE



4. MEMORIA DE CÁLCULO.

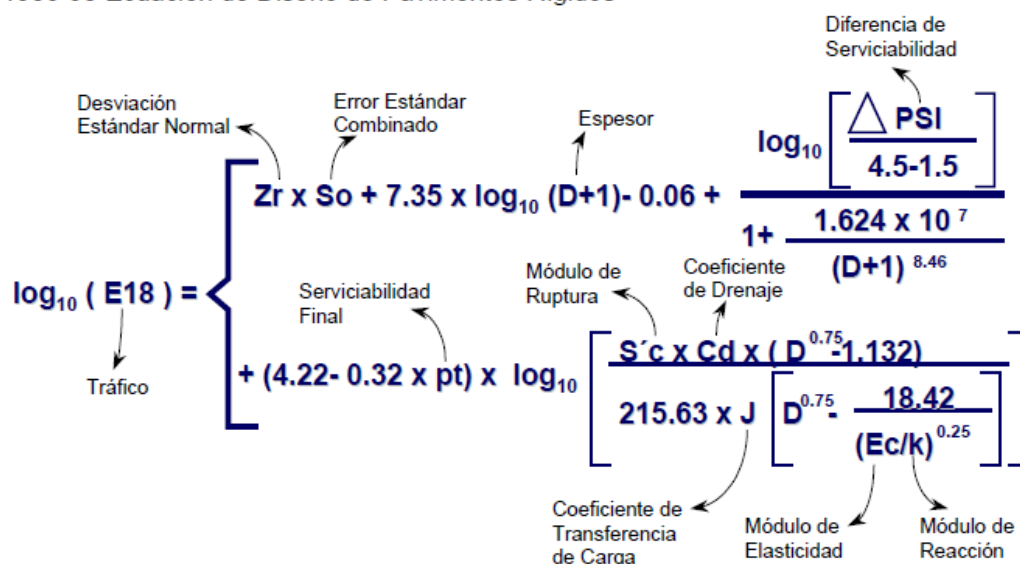
METODO AASHTO

SUPERFICIE DE RODAMIENTO A BASE DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO:

El método usado para este caso es el más usado nivel mundial, que es: EL MÉTODO AASHTO. Para determinar el espesor de la capa de base y subrasante.

La formula general a la que llegó al AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, basada en los resultados obtenidos de la prueba AASHO es la siguiente:

1986-93 Ecuación de Diseño de Pavimentos Rígidos



The diagram shows the AASHTO rigid pavement design equation with various variables labeled with arrows pointing to their respective parts of the formula:

$$\log_{10} (E18) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Desviación Estándar Normal} \rightarrow Z_r \times \text{Error Estándar Combinado} \rightarrow S_o + 7.35 \times \log_{10} (\text{Espesor} \rightarrow (D+1)) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} \\ \text{Tráfico} \rightarrow + (4.22 - 0.32 \times \text{Serviciabilidad Final} \rightarrow pt) \times \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}} \right]} \right] \end{array} \right.$$

Additional labels for the second part of the equation include:

- Módulo de Ruptura $\rightarrow S'c$
- Coefficiente de Drenaje $\rightarrow Cd$
- Coefficiente de Transferencia de Carga $\rightarrow J$
- Módulo de Elasticidad $\rightarrow Ec$
- Módulo de Reacción $\rightarrow k$

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

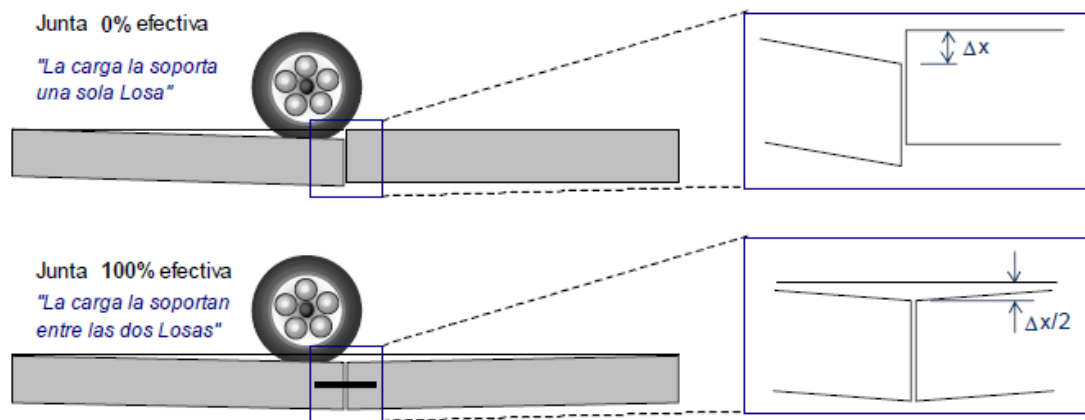
El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los Ejes Equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación el espesor supuesto es resultado del problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciendo tanteos para tomando como valor semilla el resultado del tanteo anterior. La convergencia del método es muy rápida.



Variables de diseño de Pavimentos Rígidos

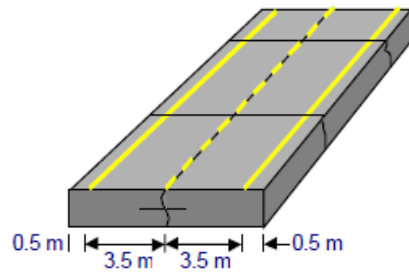
- Espesor
- Serviciabilidad
- Tráfico
- Transferencia de Carga
- Propiedades del Concreto
- Resistencia de la Subrasante
- Drenaje
- Confiabilidad

El Coeficiente de Transferencia de Carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta o grieta.

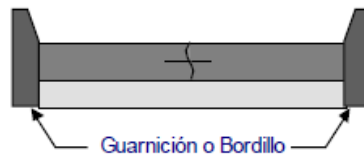


Soporte Lateral . - El confinamiento que produce el soporte lateral contribuye a reducir los esfuerzos máximos que se generan en el concreto por efecto de las cargas. Un pavimento de concreto puede considerarse lateralmente soportado cuando tenga algunas de las siguientes características en su sección:

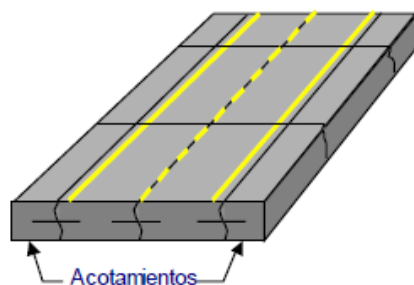
- Carril Ancho ≥ 4.0 m



- Confinamiento con Guarniciones o Banquetas



- Con Acotamientos Laterales



Pasajuntas.- Barra de acero redondo liso $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ la cual no se debe de adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa.

El diámetro, longitud y separación de las pasajuntas esta en función de el espesor de las losas principalmente. Algunas recomendaciones prácticas para la selección de la Barra son las siguientes:

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18



Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

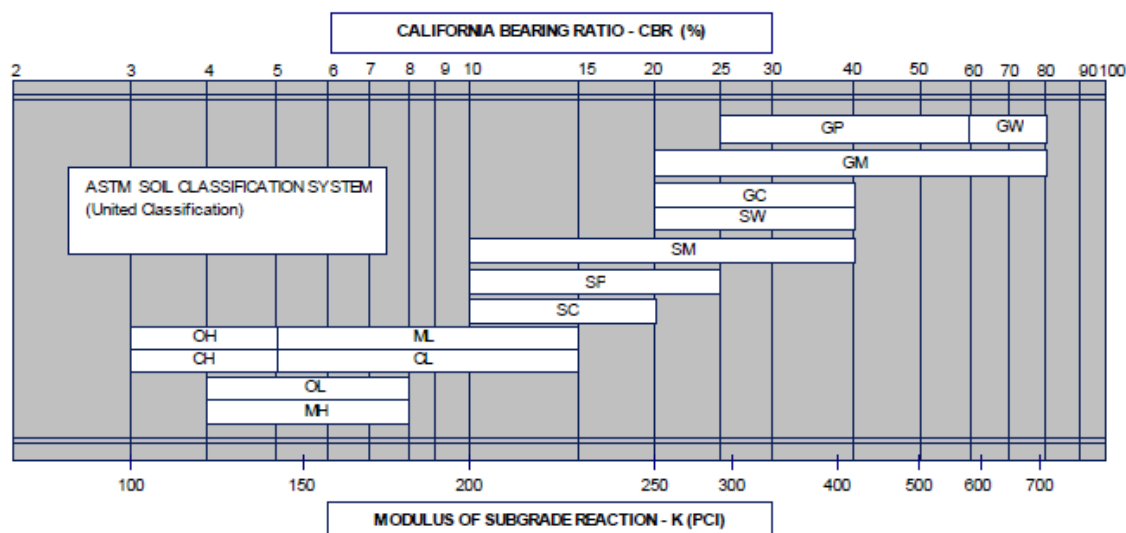
- Resistencia a la tensión por flexión ($S'c$) ó Módulo de Ruptura (MR)
- Módulo de Elasticidad del Concreto (E_c)

Módulo de Ruptura (MR) .- Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ($S'c$) o Módulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

Módulo de Ruptura Recomendado

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm ²	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Correlación 1 con SUCS y VRS





CALCULO DE TRANSITO ACUMULADO EN EJES SENCILLOS DE 8.2 TON. POR EL METODO DE LA U.N.A.M.																												
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE LA OBRA DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA EL CARRIL DE ACCESO DE LA TIENDA OXO UBICADA EN LA CARRETERA MORELIA-PATZCUARO DE LA LOCALIDAD DE PATZCUARO, MICHOACAN.																												
DATOS:																												
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL=		10																										
(%)		0.1																										
AÑOS DE SERVICIO=		20																										
TDPA en el carril de diseño=		1701																										
A en el carril de diseño (35%)=		595.35																										
TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION N DEL TRANSITO (%)	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS Y VACIOS		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADO O VACIO	COEFICIENTES DE DAÑO						NUMEROS DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES																	
					Z=5 cm	Z=15 cm	Z=30 cm	Z=60 cm	Z=90 cm	Z=120 cm	Z=5 cm	Z=15 cm	Z=30 cm	Z=60 cm	Z=90 cm	Z=120 cm												
A	80.8	CARGADO	0.8	0.8464	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000												
		VACIO	0.2	0.1616	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000												
B	6.7	CARGADO	0.8	0.0536	2.3100	2.1200	2.5900	2.9900	3.0900	3.1400	0.1238	0.1136	0.1388	0.1603	0.1656	0.1683												
		VACIO	0.2	0.0134	2.0000	0.4920	0.2580	0.1940	0.1940	0.1940	0.1940	0.0268	0.0066	0.0035	0.0026	0.0026	0.0026											
C2	6.7	CARGADO	0.8	0.0536	2.2400	2.2900	3.5000	4.5200	4.8100	4.9200	0.1201	0.1227	0.1876	0.2423	0.2578	0.2637												
		VACIO	0.2	0.0134	2.0000	0.0440	0.0060	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0268	0.0006	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001											
C3	4.5	CARGADO	0.8	0.0360	3.4900	2.9900	2.3200	2.6000	2.6700	2.7000	0.1256	0.1076	0.0835	0.0936	0.0961	0.0972												
		VACIO	0.2	0.0090	1.9990	0.0830	0.0200	0.0110	0.0110	0.0110	0.0110	0.0180	0.0007	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001											
T3-S2	1.3	CARGADO	0.8	0.0104	5.8800	5.1000	3.8000	4.1400	4.2300	4.2700	0.0612	0.0530	0.0395	0.0431	0.0440	0.0444												
		VACIO	0.2	0.0026	5.0000	0.1130	0.0230	0.0120	0.0120	0.0120	0.0120	0.0130	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000											
T3-S3		CARGADO	0.8	0.0000	6.8800	4.9700	3.8000	4.1400	4.2300	4.2700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000												
		VACIO	0.2	0.0000	6.0000	0.1540	0.0400	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000											
T3-S2-R4		CARGADO	0.8	0.0000	9.6400	5.1400	2.7800	2.5600	2.5100	2.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000												
		VACIO	0.2	0.0000	9.0000	0.1650	0.0410	0.0220	0.0220	0.0220	0.0220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000											
SUMA:	100			100													EJES EQUIVALENTES						0.518	0.405	0.453	0.542	0.566	0.576
																	TDPA INICIAL						595.35	595.35	595.35	595.35	595.35	595.35
FATIGA	Σ I'S Lo=	0.518	595	20905	=	6453196.49	6.45319649 X10 ⁶																					
DEFORMACION	Σ I'S Lo=	0.576	595	20905	=	7168904.58	7.16890458 X10 ⁶																					

AÑO	TDPA EN EL CARRIL DE DISEÑO	TASA DE CRECIMIENTO (%)	COEFICIENTE DE ACUMULACION DE TRANSITO C.A.T.	EJES EQUIVALENTES					
				Z=5	Z=15	Z=30	Z=60	Z=90	Z=120
				MILLONES DE EJES (10 ⁶)					
1	595.35	10	365	0.113	0.088	0.098	0.118	0.123	0.125
2	595.35	10	767	0.237	0.185	0.207	0.247	0.258	0.263
3	595.35	10	1208	0.373	0.292	0.326	0.390	0.407	0.415
4	595.35	10	1694	0.523	0.409	0.457	0.547	0.571	0.581
5	595.35	10	2228	0.688	0.538	0.601	0.719	0.751	0.765
6	595.35	10	2816	0.869	0.680	0.760	0.909	0.950	0.966
7	595.35	10	3463	1.069	0.836	0.934	1.117	1.168	1.188
8	595.35	10	4174	1.288	1.007	1.126	1.347	1.407	1.432
9	595.35	10	4957	1.530	1.196	1.337	1.599	1.671	1.701
10	595.35	10	5817	1.796	1.404	1.570	1.877	1.961	1.996
11	595.35	10	6764	2.088	1.632	1.825	2.182	2.281	2.321
12	595.35	10	7805	2.409	1.883	2.106	2.518	2.632	2.678
13	595.35	10	8951	2.763	2.160	2.415	2.888	3.018	3.072
14	595.35	10	10211	3.152	2.464	2.755	3.295	3.443	3.504
15	595.35	10	11597	3.580	2.798	3.129	3.742	3.910	3.980
16	595.35	10	13122	4.050	3.166	3.541	4.234	4.424	4.503
17	595.35	10	14799	4.568	3.571	3.993	4.775	4.990	5.078
18	595.35	10	16644	5.138	4.016	4.491	5.370	5.612	5.712
19	595.35	10	18673	5.764	4.505	5.039	6.025	6.296	6.408
20	595.35	10	20905	6.453	5.044	5.641	6.745	7.049	7.174

LOS DATOS DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA), SE OBTUVIERON DE UN LIBRO PUBLICADO POR UN ORGANISMO RELACIONADO CON EL TRANSPORTE EN ESTE CASO TOMAMOS LOS DATOS DE LA SCT.

SE CONSIDERA UNA CARRETERA ALIMENTADORA.



ENTONCES PARA APLICAR LA FORMULA AASHTO ANTES INDICADA SE TOMARAN LOS VALORES SIGUIENTES:

MICHOACAN

33 CARR: EL CORREO - LAGUNILLAS

CLAVE: 16014

RUTA: MICH

AÑO: 2010

L U G A R	E S T A C I O N					C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O										C O O R D E N A D A S			
	KM	TE	SC	TDPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
EL CORREO	0.00	3	0	1306	83.3	4.9	6.2	2.4	2.4	0.2	0.2	0.4	83.3	4.9	11.8	0.070	0.502	19.630472	-101.417018
T.C. MORELIA - PATZCUARO	10.60	1	0	1701	80.1	5.6	6.5	4.2	1.1	1.6	0.4	0.5	80.1	5.6	14.3	0.075	0.526	19.559759	-101.422517

34 CARR: EL TEMASCAL - EL LIMON

CLAVE:

RUTA: MICH

AÑO: 2010

L U G A R	E S T A C I O N					C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O										C O O R D E N A D A S			
	KM	TE	SC	TDPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
EL TEMASCAL	0.00	3	0	986	82.6	3.7	6.3	2.4	2.0	1.4	0.8	0.8	82.6	3.7	13.7	0.082	0.503	19.645414	-100.961343
EL LIMON	92.30	1	0	949	83.4	3.6	5.7	2.9	1.6	1.9	0.6	0.3	83.4	3.6	13.0	0.101	0.500	19.027590	-100.743556

35 CARR: GABRIEL ZAMORA - DR. MIGUEL SILVA

CLAVE:

RUTA: MICH

AÑO: 2010

L U G A R	E S T A C I O N					C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O										C O O R D E N A D A S			
	KM	TE	SC	TDPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
GABRIEL ZAMORA	0.00	3	0	4723	86.5	3.2	3.1	1.4	2.7	1.6	1.2	0.3	86.5	3.2	10.3	0.060	0.507	19.159355	-102.040065
DR. MIGUEL SILVA	55.20	1	0	5066	84.2	2.8	3.0	1.7	4.6	1.5	2.0	0.2	84.2	2.8	13.0	0.065	0.501	19.169426	-101.726486

36 CARR: JACONA - BUENAVISTA TOMATLAN

CLAVE: 16016

RUTA: MICH-016

AÑO: 2010

L U G A R	E S T A C I O N					C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O										C O O R D E N A D A S			
	KM	TE	SC	TDPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
JACONA	0.00	3	0	5350	83.6	4.8	4.4	3.1	1.6	1.5	0.5	0.5	83.6	4.8	11.6	0.084	0.514	19.935693	-102.324751
T. DER. COTUA DE LA PAZ	47.00	1	0	5044	83.6	4.8	4.4	3.6	1.5	1.3	0.6	0.2	83.6	4.8	11.6	0.069	0.503	19.700877	-102.492037
LOS REYES DE SALGADO	60.00	1	0	8271	83.4	5.1	5.0	2.9	1.4	1.5	0.4	0.3	83.4	5.1	11.5	0.081	0.502	19.622795	-102.487213
LOS REYES DE SALGADO	60.00	3	0	10401	82.4	5.4	5.5	3.1	1.4	1.5	0.4	0.3	82.4	5.4	12.2	0.070	0.506	19.566710	-102.457949
PERIBAN DE RAMOS	70.00	1	0	7411	81.7	4.1	5.2	1.5	4.4	0.8	1.7	0.6	81.7	4.1	14.2	0.080	0.515	19.541666	-102.438379
PERIBAN DE RAMOS	70.00	3	0	3974	82.7	4.9	4.7	1.6	2.8	1.5	1.1	0.7	82.7	4.9	12.4	0.066	0.511	19.500909	-102.428200
BUENAVISTA	123.00	1	0	4032	82.2	3.3	6.5	1.6	4.0	0.9	1.0	0.5	82.2	3.3	14.5	0.067	0.501	19.223615	-102.587645

37 CARR: LA PAZ - TEPETONGO

CLAVE:

RUTA: MICH

AÑO: 2010

L U G A R	E S T A C I O N					C L A S I F I C A C I O N V E H I C U L A R E N P O R C I E N T O										C O O R D E N A D A S			
	KM	TE	SC	TDPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
T.C. LA NORIA - ACAMBARO	0.00	3	0	2173	87.7	3.4	1.4	1.4	2.3	1.5	1.9	0.4	87.7	3.4	8.9	0.081	0.500	20.172607	-100.281481
HEPITACIO HUERTA	5.20	1	0	2032	86.9	3.6	2.1	1.2	1.9	1.0	2.6	0.7	86.9	3.6	9.5	0.076	0.502	20.131620	-100.306608

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2011/16_MICHOACAN.pdf



El procedimiento de diseño consiste en proponer un espesor y realizar los tanteos. Con el espesor propuesto se calculan los ejes equivalentes con todas las variables de diseño. Si cumple el equilibrio la ecuación el espesor propuesto es el resultado del problema, de caso contrario, se propone otro espesor.

Variables de Diseño

Las variables de diseño son:

- 1.- Espesor
- 2.- Serviciabilidad
- 3.- Tránsito
- 4.- Transferencia de carga
- 5.- Propiedades del concreto
- 6.- Resistencia de la subrazante
- 7.- Drenaje
- 8.- Confiabilidad

Espesor

Es la variable que pretendemos determinar al realizar un diseño, el resultado esta afectado por todas las de mas variables que intervienen en el cálculo. Es importante especificar el tipo de pavimento a diseñar ya que a partir de espesores regulares una pequeña variación en el espesor puede significar una variación importante en la vida útil. De acuerdo a estándares.

Serviciabilidad

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tránsito considerado, se mide en una escala de 0 a 5 en donde "0" es totalmente intransitable y "5" es una calificación excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva, más sin embargo, la tendencia es poder medirla con parámetros técnicos para lo cual utilizamos el indice de perfil, de rugosidad internacional, e coeficiente de fricción, las distancias de frenado y las distancias de visibilidad.

Serviciabilidad inicial 4 y 4.5
Final 1.5 y 2 Pavimentos Rígidos



Tránsito

Una de las variables mas significativas en el diseño de pavimentos, sin embargo es una de las que mas incertidumbre presenta al momento de estimarse. Es importante contar con toda la información mas precisa posible del tránsito para el diseño ya que de no ser así, se podrían obtener resultados de sobre diseño, o peor aun de una escasez de diseño. La vida útil mínima con la q se debe de diseñar un pavimento rígido es de 20 años, es con un realizar diseños para 30, 40 o más pero también se debe de contemplar la tasa de crecimiento que depende en gran medida del desarrollo económico social de la zona en estudio del mejoramiento de las características del pavimento e igualmente de la capacidad vial.

La tasa de crecimiento anual toma en cuenta la consideración el factor de tipo de crecimiento, siendo el caso:

1. Crecimiento normal de 1 a 3%
2. Vías completamente saturadas de 0 a 1%
3. Con trafico inducido de 4 a 5%
4. De alto crecimiento mayor al 5%

El factor de sentido es el tránsito que corresponde a cada sentido de circulación

1. Un sentido de circulación 1.0
2. Doble sentido circulación 2.0

El factor de carril, es un coeficiente que nos permite estimar que tanto tránsito, en el sentido de diseño circula por el carril de diseño. En una vía de un solo carril, en el sentido de circulación corresponde el 100% del tránsito.

En una vía con dos carriles en el sentido de diseño e recomienda del 50 al 80% del tránsito en ese sentido.

AASHTO. Recomienda los siguientes valores para el factor de carril

- A) Para un carril de circulación de 1.0
- B) Para dos carriles de circulación de 0.80 a 1.0
- C) Para tres carriles de circulación 0.6 a 0,8
- D) Para cuatro carriles de circulación 0.5 a 0.75 Transferencia de carga

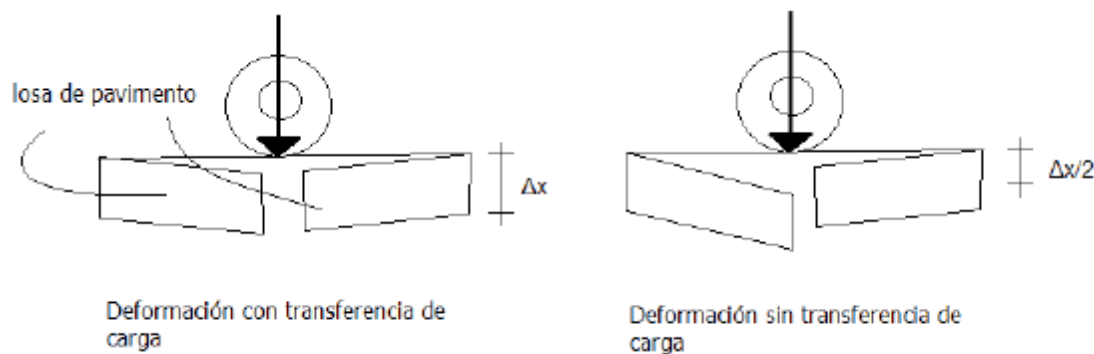


La transferencia de carga es la capacidad de una losa de transmitir fuerzas cortantes a sus losas adyacentes, con el objeto de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento, es decir, mientras mejor sea la transferencia de carga mejor será el comportamiento de la losa del pavimento.

La efectividad de la transferencia de carga entre capas adyacentes depende de los siguientes factores:

1. Del volumen de tránsito
2. Utilización de pasajuntas
3. Del soporte lateral de las losas

Una manera de transferir la carga de una losa a otra es mediante la trabazón de los agregados, q se genera en la grieta debajo del corte de la junta, sin embargo, esta transferencia de carga "solamente se recomienda para vialidades con tránsito ligero" la utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de cargas. El coeficiente de transferencia de carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta.



El soporte lateral es el confinamiento que producen las banquetas o guarniciones y contribuye a reducir los esfuerzos que se generan en el contacto por efecto de la carga.

El confinamiento que produce el soporte lateral contribuye a reducir los esfuerzos máximos que se generan en el concreto por efecto de las cargas. Un pavimento de concreto puede considerarse lateralmente soportado cuando se tenga uno de los siguientes casos:

1. Ancho de carril $> 4\text{m}$
2. Confinamiento con guarniciones o banquetas
3. Con acotamientos laterales.

Los pasa juntas son barras de acero de redondo liso de 4200 kg/cm^2 de esfuerzo de fluencia, que no se deben de adherir al concreto para permitir el libre movimiento de las losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la losa adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa.

El diámetro, longitud y separación de las pasa juntas está en función del espesor de la losa.

Propiedades del concreto

Vida útil

- Modulo de ruptura (MR): debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde a ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando flexión, que se le conoce con el nombre técnico de resistencia a la flexión por tensión o modulo de ruptura cuyo parámetro obtenido es a los 28 días.

Los valores recomendados para el modulo de ruptura son:

- Autopistas de 48 kg/cm^2
- Carreteras de 48 kg/cm^2
- Zonas industriales de 45 kg/cm^2
- Vialidades urbanas principales de 45 kg/cm^2

Módulo de Ruptura Promedio

$$Mr_p = Mr + Z_r$$

Z_r = Desviación estándar del concreto.

Valores recomendados:

- a) Premezclado = 6% - 12%
- b) Mezclado central = 5% - 10%



- Modulo de elasticidad del concreto: este modulo esta intimamente relacionado con el modulo de ruptura y se determina mediante la norma ASTM-C469.

a. $E_c = 6750 MR$

b. $E_c = 26454 MR^{0.77}$

Resistencia de la subrazante

La resistencia de la subrazante es considerada dentro del método por medio del modulo de reacción vertical del suelo “ k ” que se puede obtener directamente en obra o en sitio mediante la prueba de placa.

El modulo de reacción del suelo corresponde al la capacidad portante que tiene el terreno natural donde soportara el cuerpo del pavimento por lo tanto el valor de “ k ” depende de la calidad del suelo

Drenaje

En cualquier tipo de obra, el drenaje es un factor determinante en el comportamiento de la estructura a lo largo de su vida útil y por lo tanto lo es también en el diseño. Es muy importante evitar la presencia de agua en la estructura, de tener presencia afectara la respuesta estructural del pavimento.

Algunos aspectos que debemos de cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura son:

1. Mantener sellada perfectamente las juntas del pavimento.
2. Sellar las juntas entre pavimento y banquetas.
3. Utilizar las obras de drenaje auxiliares correspondientes para darle fluidez al agua y evitar que esta se quede en la estructura.
4. Construir los drenajes pluviales necesarios.



Confiabilidad

Los factores estadísticos que determinan el comportamiento de un pavimento son:

- Confiabilidad: Probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas de operación. La confiabilidad recomendada por el método AASHTO es:

Para autopistas 85% al 99.9%

Arterias Principales 80% al 99%

Arterias Colectoras 80% al 95%

Arterias Locales 50% al 80%

Con los resultados anteriores se propone la siguiente estructura

- **CAPA DE MATERIAL TIPO FILTRO DE 30.0 CMS. DE ESPESOR**

Con un diámetro máximo de 1-1/2" A 3" pulgadas y con un espesor mínimo de 30.0 cms.

- **CAPA DE BASE CON UN ESPESOR MÍNIMO DE 20.0 CMS.**



Esta capa deberá de estar formada por un material que cumpla con las características de calidad señaladas posteriormente.

- LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO CON UN ESPESOR MÍNIMO DE ACUERDO A LO SIGUIENTE:
 - De 15.0 cms de espesor para vialidades SECUNDARIAS y un $M_r = 42.0 \text{ kg/cm}^2$
 - Para la modulación de las losas se recomienda lo siguiente:
 - ✚ Separación máxima de juntas transversales: 2.44 mts.
 - ✚ Rango de separación de juntas longitudinales: de 3.00 a 4.50 mts.
 - NO SERA MAYOR A 20 VECES EL ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO QUE CORRESPONDA A CADA VIALIDAD PARA EL TIPO DE PAVIMENTO RIGIDO DE ESTE ESTUDIO



METODO DE LA PCA

ASOCIACION DEL CEMENTO PORTLAND (PCA).

A continuación se describen los lineamientos generales del método del Portland Cement Association (PCA).

FACTORES DE DISEÑO.

Resistencia a la Flexión del Concreto.

La consideración de la resistencia a la flexión del concreto es aplicable en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento del pavimento bajo la repetición de cargas.

El alabeo del pavimento de concreto bajo las cargas del tráfico provoca esfuerzos tanto de compresión como de flexión. Sin embargo, la proporción de los esfuerzos a compresión contra la resistencia a la compresión del concreto es mínima como para influir en el diseño de espesor de la losa. En cambio, la relación de los esfuerzos a flexión contra la resistencia a la flexión del concreto es mucho más alta y frecuentemente excede valores de 0.5. Por este motivo los esfuerzos y la resistencia a la flexión son los empleados para el diseño de espesores. La resistencia a la flexión del concreto es determinada por la prueba del módulo de ruptura, realizada en vigas de 6x6x30 pulgadas.

El módulo de ruptura puede encontrarse aplicando la carga en cantiliver, punto medio ó en 3 puntos. Una diferencia importante en estos métodos de prueba es que al aplicar la carga en 3 puntos se obtiene la mínima resistencia del tercio medio de la viga de prueba, mientras que los otros 2 métodos muestran la resistencia en un solo punto.



El valor determinado por el método de aplicación de carga de 3 puntos (American Society for Testing and Materials, ASTM C78) es el empleado en este método de diseño¹.

La prueba del módulo de ruptura es comúnmente realizada a los 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados a los 7 y 14 días son comparados contra especificaciones de control de calidad y para determinar cuándo puede ser abierto al tránsito un pavimento. Los resultados a los 28 días se han usado generalmente para el diseño de espesores de autopistas y calles; mientras que los resultados a los 90 días son usados para el diseño de aeropistas, esto es debido a que se presentan muy pocas repeticiones de esfuerzos durante los primeros 28 ó 90 días del pavimento comparado contra los millones de repeticiones de esfuerzos que ocurrirán posteriormente.

Sabemos que el concreto continúa ganando resistencia con el paso del tiempo, como lo muestra la figura 2.5-1. Esta ganancia de resistencia es mostrada en la curva que representa valores de módulo de ruptura (MR) promedios para varias series de pruebas de laboratorio, pruebas de vigas curadas en campo y secciones de concreto tomadas de pavimentos en servicio.

¹ Para una viga estándar de 30", los valores de la prueba aplicando la carga en el punto central serán de aproximadamente 75 psi más altos, y si se aplica la carga en cantiliver los valores serán de aproximadamente 160 psi más altos que aplicando la carga en 3 puntos. No se recomienda usar estos valores altos para propósitos de diseño. Si se usan otros métodos de prueba se deberá hacer un ajuste de reducción estableciendo una correlación a los resultados de la prueba aplicando la carga en 3 puntos.



En este procedimiento de diseño los efectos de las variaciones en la resistencia del concreto de punto a punto del pavimento y el incremento de resistencia con el paso del tiempo están incorporados en las gráficas y tablas de diseño. El diseñador no aplica directamente estos efectos, sino que simplemente ingresa el valor de la resistencia promedio a los 28 días, que en nuestro país se recomienda como mínimo 41 kg/cm² (583 psi) y como máximo 50 kg/cm² (711 psi).

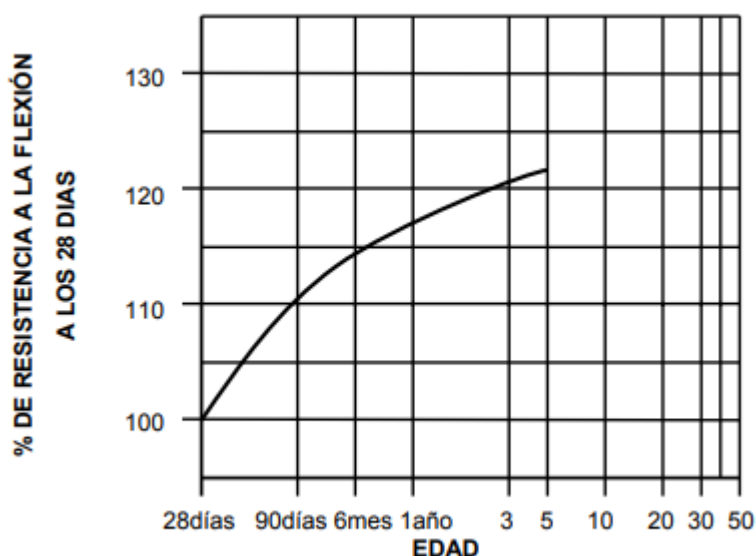


Figura 2.5-1 Curva de desarrollo de resistencia a la flexión a través del tiempo.



Terreno de Apoyo ó Base.

El soporte dado a los pavimentos de concreto por la base y la sub-base, es el segundo factor en el diseño de espesores. El terreno de apoyo está definido en términos del módulo de reacción de la subrasante de Westergaard (k). Es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada de un área cargada (un plato de 30" de diámetro) dividido entre la deformación en pulgadas que provoca dicha carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (psi / in) ó más comúnmente, por libras por pulgada cúbica (pci).

La figura 2.5.2 nos muestra una ilustración de la prueba de placa regulada por la norma ASTM D1195 y D1196.

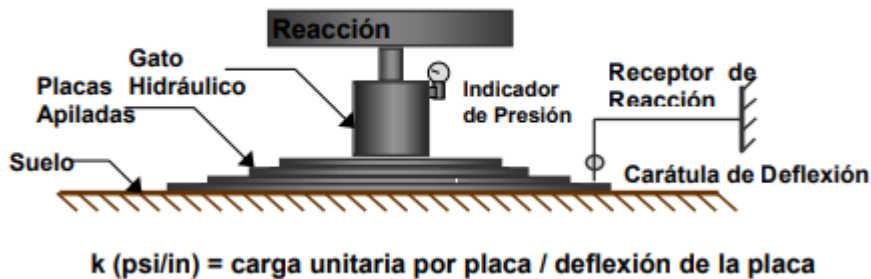


Figura 2.5.2 Prueba de Placa (ASTM D1195 y D1196).

Dado que la prueba de placa lleva tiempo y dinero, los valores de k son usualmente estimados mediante una correlación a pruebas más simples como la del VRS (valor Relativo de Soporte). El resultado es válido por que no se requiere una exacta determinación del valor k; ya que variaciones normales del valor k no afecta significativamente los requerimientos del espesor del pavimento.



La relación mostrada en la figura 2.5-3 es correcta para estos propósitos.

La prueba de caminos AASHTO comprobó convincentemente que las reducciones de pérdida de terreno de soporte durante los períodos de descongelamiento tienen ningún ó muy poco efecto en el espesor requerido de los pavimentos de concreto. Esto es cierto porque los pocos períodos en que los valores de k son bajos durante el descongelamiento de la primavera se compensan con los largos períodos en que se congelan y los valores de k son mucho mayores que los asumidos para el diseño.

Para evitar métodos tediosos que requieren de diseño para las variaciones de k en las épocas del año, los valores recomendables como valores promedio son los de verano u otoño. El contar con una sub-base permite incrementar en parte el valor de k del suelo que deberá usarse en el diseño de espesor. Si la base es de material granular no tratada ó mejorada el incremento puede no ser muy significativo como se aprecia en los valores presentados en la tabla 2.5-1. Los valores mostrados en la tabla 2.5-1 son basados del análisis de Burmister de un sistema de dos capas y cargado en pruebas de placa hechas para determinar los valores k del conjunto suelo - subbase en losas de prueba completas.

Las bases mejoradas ó tratadas con cemento aportan mayor capacidad de carga y su comportamiento a largo plazo es mucho mejor y son ampliamente empleadas para pavimentos de concreto con tráfico pesado. Se construyen con materiales granulares como los tipos de suelos AASHTO A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3, el contenido de cemento es determinado mediante las pruebas de Congelación - Descongelación y Mojado - Secado y el criterio de pérdidas admisibles de la PCA.

Los valores de diseño de módulo de sub-reacción (k) para bases cementadas que cumplen con éste criterio se muestran en la tabla 2.5-2. 3.

Período de Diseño

El término de período de diseño es algunas veces considerado sinónimo del término período de análisis de tráfico. Dado que el tráfico muy probablemente no puede ser supuesto con precisión por un período muy largo, el período de diseño de 20 años es el comúnmente empleado en el procedimiento de diseño de pavimentos. El período de diseño seleccionado afecta el espesor de diseño ya que determina por cuantos años y por ende cuantos camiones deberá servir el pavimento.



Módulo de Reacción del Suelo. (k)

Tabla 1 de correlación con SUCS y CBR

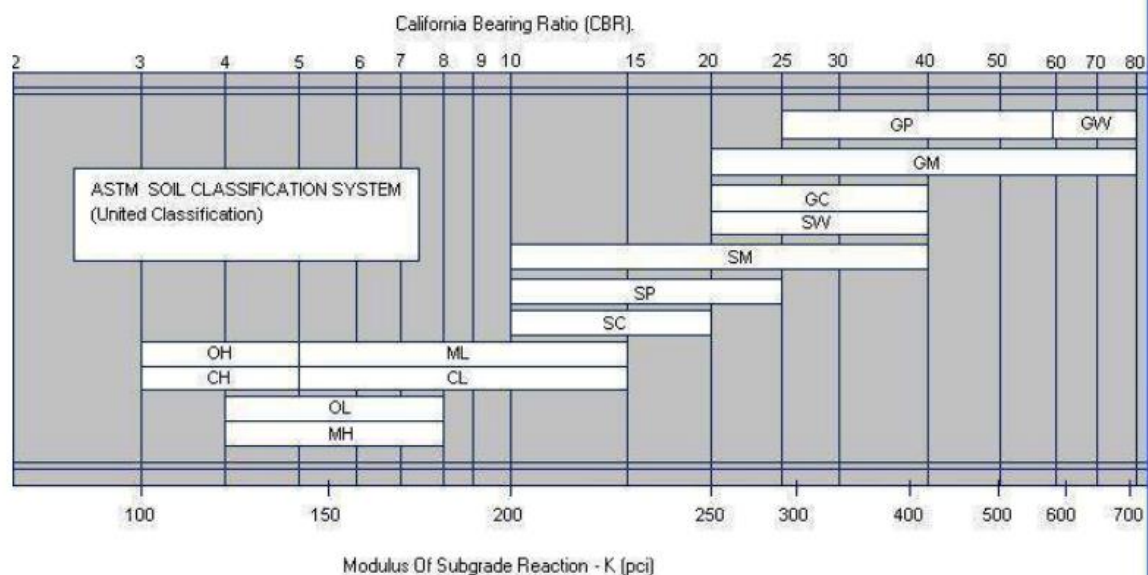


Figura 2.5-3 Relación aproximada entre las clasificaciones del suelo y sus valores de resistencia.

Tabla 2.5-1 Incremento en el valor de k del suelo, según el espesor de una base granular

k Suelo - Sub-base (pci)				
k del Suelo (pci)	Espesor de la sub-base			
	4"	6"	9"	12"
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430



Tabla 2.5-2 Incremento en el valor de k del suelo, según el espesor de una base granular cementada.

k Suelo - Subbase (pci)				
k del Suelo (pci)	Espesor Subbase			
	4"	6"	8"	10"
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	—

Numero de repeticiones esperadas para cada eje

Toda la información referente al tráfico termina siendo empleada para conocer el número de repeticiones esperadas durante todo el período de diseño de cada tipo de eje. Para poder conocer estos valores tendremos que conocer varios factores referentes al tránsito como lo es el tránsito promedio diario anual (TPDA), el % que representa cada tipo de eje en el TPDA, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño.

Repeticiones Esperadas.

$$Re = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$$

Donde:

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual.

% Te = % del TPDA para cada tipo de eje.

FS = Factor de Sentido.

FC = Factor de Carril.

Pd = Período de Diseño.

FCA = Factor de Crecimiento Anual.

365 = días de un año.



Tránsito promedio diario anual. (TPDA)

El TPDA puede obtenerse de aforos especializados ó de algún organismo relacionado con el transporte, ya sea municipal, estatal ó federal. Lo importante es que se especifique la composición de este tráfico, es decir que se detalle el tráfico por tipo de vehículo, para que de esta manera se pueda identificar los tipos y pesos de los ejes que van a circular sobre el pavimento.

El método de diseño de la PCA recomienda que considera únicamente el tráfico pesado, es decir que se desprecie todo el tráfico ligero como automóviles y pick-ups de 4 llantas. Sin embargo, no es tan importante el hacer caso a esta recomendación debido a que el tráfico ligero no influye demasiado en el diseño de espesores. Factor de Crecimiento Anual (FCA) Para conocer el factor de crecimiento anual se requiere únicamente del período de diseño en años y de la tasa de crecimiento anual. Con estos datos podemos saber el factor de crecimiento de manera rápida con la ayuda de la tabla 2.5-3 que presenta relaciones entre tasas de crecimiento anual y factores de crecimiento anual para períodos de diseño de 20 y 40 años.

Si se desea obtener el factor de crecimiento anual del tráfico (FCA) de manera más exacta, se puede obtener a partir de la siguiente formula:

$$FC = \frac{(1 + g)^n - 1}{g}$$

donde:

FC = Factor de Crecimiento Anual.

n = Vida útil en años.

g = Tasa de crecimiento anual, en %

Tabla 2.5-3 Factores de Crecimiento Anual, según la tasa de crecimiento anual.

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE TRAFICO Y SUS CORRESPONDIENTES FACTORES DE CRECIMIENTO		
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRAFICO, %	FACTOR DE CRECIMIENTO ANUAL PARA 20 AÑOS	FACTOR DE PROYECCIÓN ANUAL PARA 40 AÑOS
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2



Los siguientes factores influyen en las tasas de crecimiento anual y proyecciones de tráfico:

1. El tráfico atraído ó desviado. El incremento del tráfico existente debido a la rehabilitación de algún camino existente.
2. Crecimiento normal de tráfico. El crecimiento normal provocado por el incremento del número de vehículos.
3. Tráfico generado. El incremento provocado por los vehículos que no circularían por la vía si la nueva facilidad no se hubiese construido.
4. Tráfico por desarrollo. El incremento provocado por cambios en el uso del suelo debido a la construcción de la nueva facilidad.

Los efectos combinados provocan tasas de crecimiento anual de 2 al 6%. Estas tasas corresponden como se muestra en la tabla 2.5.3 a factores de crecimiento del tráfico de 1.2 a 1.8, diseñando a 20 años.

Factor de Sentido

El factor de sentido se emplea para diferenciar las vialidades de un sentido de las de doble sentido, de manera que para vialidades en doble sentido se utiliza un factor de sentido de 0.5 y para vialidades en un solo sentido un factor de 1.0 En el caso de vialidades de doble sentido generalmente se asume que el tránsito (en sus diferentes tipos y pesos) viajan en igual cantidad para cada dirección ($FS=0.5$). Sin embargo, esto puede no aplicar en algunos casos especiales en que muchos de los camiones viajan cargados en una dirección y regresan vacíos, Si éste es el caso, se deberá hacer el ajuste apropiado y tomar en cuenta el sentido con mayor tráfico.

Factor de Carril

Después de verse afectado el tráfico por el factor de sentido, también debemos de analizar el número de carriles por sentido mediante el factor de carril. El factor de carril nos va a dar el porcentaje de vehículos que circulan por el carril de la derecha, que es el carril con más tráfico. Para esto, la PCA recomienda emplear la figura 2.5.4 en donde este factor depende del número de carriles por sentido ó dirección del tráfico y del tránsito promedio diario anual en un solo sentido.



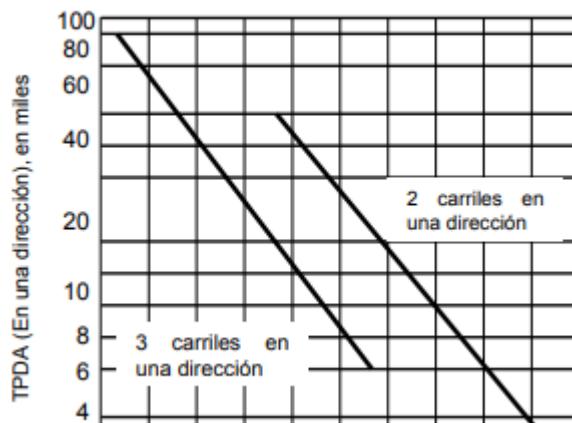


Figura 2.5-4 Proporción de Vehículos circulando por el carril de baja velocidad en una vialidad de 2 ó 3 carriles.

Factor de Seguridad de Carga

Una vez que se conoce la distribución de carga por eje, es decir ya que se conoce cuantas repeticiones se tendrán para cada tipo y peso de eje, se utiliza el factor de seguridad de carga para multiplicarse por las cargas por eje. Los factores de seguridad de carga recomendados son:

- 1.3 Casos especiales con muy altos volúmenes de tráfico pesado y cero mantenimientos.
- 1.2 Para Autopistas ó vialidades de varios carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y altos volúmenes de tráfico pesado.
- 1.1 Autopistas y vialidades urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado.
- 1.0 Caminos y calles secundarias con muy poco tráfico pesado.



PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

El método descrito en ésta sección es empleado una vez que ya tenemos los datos del tráfico esperado, como lo es el tránsito diario promedio anual, la composición vehicular del tráfico y de esta información obtenemos el número de repeticiones esperadas para cada tipo de eje durante el periodo de diseño. En la figura 2.5-5 se presenta un formato empleado para resolver el diseño de pavimentos, el cual requiere de conocer algunos factores de diseño, como:

- Tipo de junta y acotamiento.
- Resistencia a la flexión del concreto (MR) a 28 días.
- El valor del módulo de reacción K del terreno de apoyo. • Factor de seguridad de la carga (LSF)
- Número de repeticiones esperadas durante el periodo de diseño, para cada tipo y peso de eje.

El método considera dos criterios de diseño:

- Fatiga
- Erosión

El Análisis por fatiga (para controlar el agrietamiento por fatiga) influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios independientemente de si las juntas tienen ó o pasajuntas) y pavimentos con tráfico mediano con pasajuntas en las juntas.

El análisis por erosión (el responsable de controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas) influye principalmente el diseño de pavimentos con tráfico mediano a pesado con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

Para pavimentos que tienen una mezcla normal de pesos de ejes, las cargas en los ejes sencillos son usualmente más severas en el análisis por fatiga y las cargas en ejes tandem son más severas en el análisis por erosión. El diseño del espesor se calcula por tanteos con ayuda del formato de diseño de espesores por el método de la PCA que se presenta en la tabla 2.5.4.

Los pasos en el procedimiento de diseño son como siguen: primero cargamos los datos de entrada que se presentan en la tabla 2.5.4 (columna 1 a la 3), los datos de la columna 2 son las cargas por eje multiplicadas por el factor de seguridad de carga.



Análisis por Fatiga

Se emplean las mismas tablas y figuras para pavimentos con ó sin pasajuntas, mientras que la única variable es si se cuenta ó no con apoyo lateral, de manera que:

Sin apoyo lateral.

- Use la tabla 2.5.5 y la figura 2.5.5

Con apoyo lateral.

- Use la tabla 2.5.6 y la figura 2.5.5

Procedimiento:

1. Introducir como datos los valores de esfuerzo equivalente en las celdas 8, 11, 14 del formato de diseño de espesores. Estos valores se obtienen de las tablas apropiadas de factores de esfuerzos equivalentes (tablas 2.5.5 y 2.5.6), dependiendo del espesor inicial y el valor de k .
2. Dividir los valores de esfuerzo equivalente entre el módulo de ruptura del concreto, al resultado le llamamos relación de esfuerzos y vamos a obtener una para cada tipo de eje (sencillo, tándem y tridem). Estos valores los anotamos en el formato de diseño de espesores (tabla 2.5.4) en las celdas 9, 12 y 15.
3. Llenar la columna 4 de "repeticiones permisibles" obtenidas en la figura 2.5.5
4. Obtener el % de fatiga de cada eje. El % de fatiga se anota en la columna 5 y se obtiene dividiendo las repeticiones esperadas (columna 3) entre las repeticiones permisibles (columna 4) por 100; esto se hace para cada eje y posteriormente se suman todos los porcentajes de daño por fatiga para obtener el porcentaje total de daño por fatiga.



Análisis por Erosión

Sin apoyo lateral.

Para pavimentos con pasajuntas, emplear la tabla 2.5.7 y la figura 2.5.6

- En los pavimentos en que la transferencia de carga se realiza exclusivamente mediante la trabazón de los agregados, use la tabla 2.5.8 y la figura 2.5.6 Con apoyo lateral.
- Para pavimentos con pasajuntas ó continuamente reforzados, emplear la tabla 2.5.9 y la figura 2.5.7
- En los pavimentos en que la transferencia de carga se realiza exclusivamente mediante la trabazón de los agregados, use la tabla 2.5.10 y la figura 2.5.7

Procedimiento:

1. Anote en las celdas 10,13 y 16 del formato de diseño de espesores, los correspondientes factores de erosión obtenidos de las tablas adecuadas (tablas 2.5.7 a 2.5.10)
2. Calcule las “repeticiones permisibles” con ayuda de la figura 2.5.6 y la figura 2.5.7, y anótelos en la columna 6 del formato de diseño de espesores.
3. Calcule el porcentaje de daño por erosión (columna 7) para cada eje dividiendo las repeticiones esperadas (columna 3) entre las repeticiones permitidas (columna 6) y multiplicando el resultado por 100, para posteriormente totalizar el daño por erosión.

Al emplear las gráficas no es necesario una exacta interpolación de las repeticiones permisibles. Si la línea de intersección corre por encima de la parte superior de la gráfica, se considera que las repeticiones de carga permisibles son ilimitadas.



Tabla 2.5.4 Formato para el diseño de espesores por el método de la PCA

CALCULO DE ESPESOR DEL PAVIMENTO

ESPESOR INICIAL:
 MÓDULO DE REACCION K, DE LA SUBRASANTE:
 MÓDULO DE RUPTURA, MR:
 FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA, LSF:
 PASAJUNTAS:
 APOYO LATERAL:
 PERÍODO DE DISEÑO(AÑOS):
 COMENTARIOS:

Carga del eje, en kips	Multiplicada por LSF	Repeticiones Esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones Permisible (FIG.2.5.5)	% de Fatiga	Repeticiones permisibles (FIG 2.5.6 ó 2.5.7)	% de Daño
1	2	3	4	5	6	7

8. Esfuerzo equivalente 206 10. Factor de Erosion 2.59
 9. Factor de relación de esfuerzo 0.317

Ejes Sencillos

30	36.0	6,310	27,000	23.4	1,500,000	0.4
28	33.6	14,690	77,000	19.1	2,200,000	0.7
26	31.2	30,140	230,000	13.1	3,500,000	0.9
24	28.8	64,410	1,200,000	5.4	5,900,000	1.1
22	26.4	106,900	ilimitado	0	11,000,000	1.0
20	24.0	235,800	ilimitado	0	23,000,000	1.0
18	21.6	301,200	ilimitado	0	64,000,000	0.5
16	19.2	422,500	ilimitado	0	ilimitado	0
14	16.8	586,900	ilimitado	0	ilimitado	0
12	14.4	1,837,000	ilimitado	0	ilimitado	0

11. Esfuerzo equivalente 192 13. Factor de Erosion 2.79
 12. Factor de relación de esfuerzo 0.295

Ejes Tandem

52	62.4	21,320	1,100,000	1.9	920,000	2.3
48	57.6	42,870	ilimitado	0	1,500,000	2.9
44	52.8	124,900	ilimitado	0	2,500,000	5.0
40	48.0	372,900	ilimitado	0	4,600,000	8.1
36	43.2	885,800	ilimitado	0	9,500,000	9.3
32	38.4	930,100	ilimitado	0	24,000,000	3.9
28	33.6	1,656,000	ilimitado	0	92,000,000	1.8
24	28.8	984,900	ilimitado	0	ilimitado	0
20	24.0	1,227,000	ilimitado	0	ilimitado	0
16	19.2	1,356,000	ilimitado	0	ilimitado	0

14. Esfuerzo equivalente 148 16. Factor de Erosion 2.95
 15. Factor de relación de esfuerzo 0.228

Ejes Tridem

18	21.6	250,000	ilimitado	0	2,700,000	9.3
----	------	---------	-----------	---	-----------	-----

TOTAL	62.9	TOTAL	48.0
--------------	-------------	--------------	-------------



Tabla 2.5.5 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Sin Apoyo Lateral.

Esfuerzo equivalente - Sin Apoyo Lateral																					
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem																					
Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	825	679	510	726	585	456	671	542	437	634	516	428	584	486	419	523	457	414	484	443	412
4.5	699	586	439	616	500	380	571	480	359	540	435	349	498	406	339	448	378	331	417	363	328
5.0	602	516	387	531	436	328	493	399	305	467	376	293	432	349	282	390	321	272	363	307	269
5.5	526	461	347	464	387	290	431	353	266	409	331	253	379	305	240	343	278	230	320	264	226
6.0	465	416	315	411	348	261	382	316	237	362	296	223	336	271	209	304	246	198	285	232	193
6.5	417	380	289	367	317	238	341	286	214	324	267	201	300	244	186	273	220	173	256	207	168
7.0	375	349	267	331	290	219	307	262	196	292	244	183	272	222	167	246	199	154	231	186	148
7.5	340	323	247	300	268	203	279	241	181	265	224	168	246	203	153	224	181	139	210	169	132
8.0	311	300	230	274	249	189	255	223	168	242	208	156	225	188	141	205	167	126	192	155	120
8.5	285	281	215	252	232	177	234	208	158	222	193	145	206	174	131	188	154	116	177	143	109
9.0	264	264	200	232	218	166	216	195	148	205	181	136	190	163	122	174	144	108	163	133	101
9.5	245	248	187	215	205	157	200	183	140	190	170	129	176	153	115	161	134	101	151	124	93
10.0	228	235	174	200	193	148	186	173	132	177	160	122	164	144	108	150	126	95	141	117	87
10.5	213	222	163	187	183	140	174	164	125	165	151	115	153	136	103	140	119	89	132	110	82
11.0	200	211	153	175	174	132	163	155	119	154	143	110	144	129	98	131	113	85	123	104	78
11.5	188	201	142	165	165	125	153	148	113	145	136	104	135	122	93	123	107	80	116	98	74
12.0	177	192	133	155	158	119	144	141	108	137	130	100	127	116	89	116	102	77	109	93	70
12.5	168	183	123	147	151	113	136	135	103	129	124	95	120	111	85	109	97	73	103	89	67
13.0	159	176	114	139	144	107	129	129	98	122	119	91	113	106	81	103	93	70	97	85	64
13.5	152	168	105	132	138	101	122	123	93	116	114	87	107	102	78	98	89	67	92	81	61
14.0	144	162	97	125	133	96	116	118	89	110	109	83	102	98	75	93	85	65	88	78	59



Tabla 2.5.6 Esfuerzo Equivalente para Pavimentos Con Apoyo Lateral.

Esfuerzo equivalente - Con Apoyo Lateral.

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	640	534	431	559	468	392	517	439	377	489	422	369	452	403	362	409	388	360	383	384	359
4.5	547	461	365	479	400	328	444	372	313	421	356	305	390	338	297	355	322	292	333	316	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	266	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	267	242
5.5	418	360	279	368	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	276	238	208	261	231	206
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	196	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	166	223	188	159	212	180	156
7.0	302	270	204	266	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	226	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	176	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	216	159	205	182	138	191	166	128	182	156	121	170	144	113	157	131	106	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	146	122	98	139	116	94
9.5	200	190	137	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	126	98	136	114	91	129	108	87
10.0	186	179	127	164	151	112	153	137	104	146	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	86	119	101	79	113	95	76
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	106	90	71
11.5	154	153	104	136	128	93	127	117	86	121	109	82	113	100	76	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	86	66	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	96	86	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51



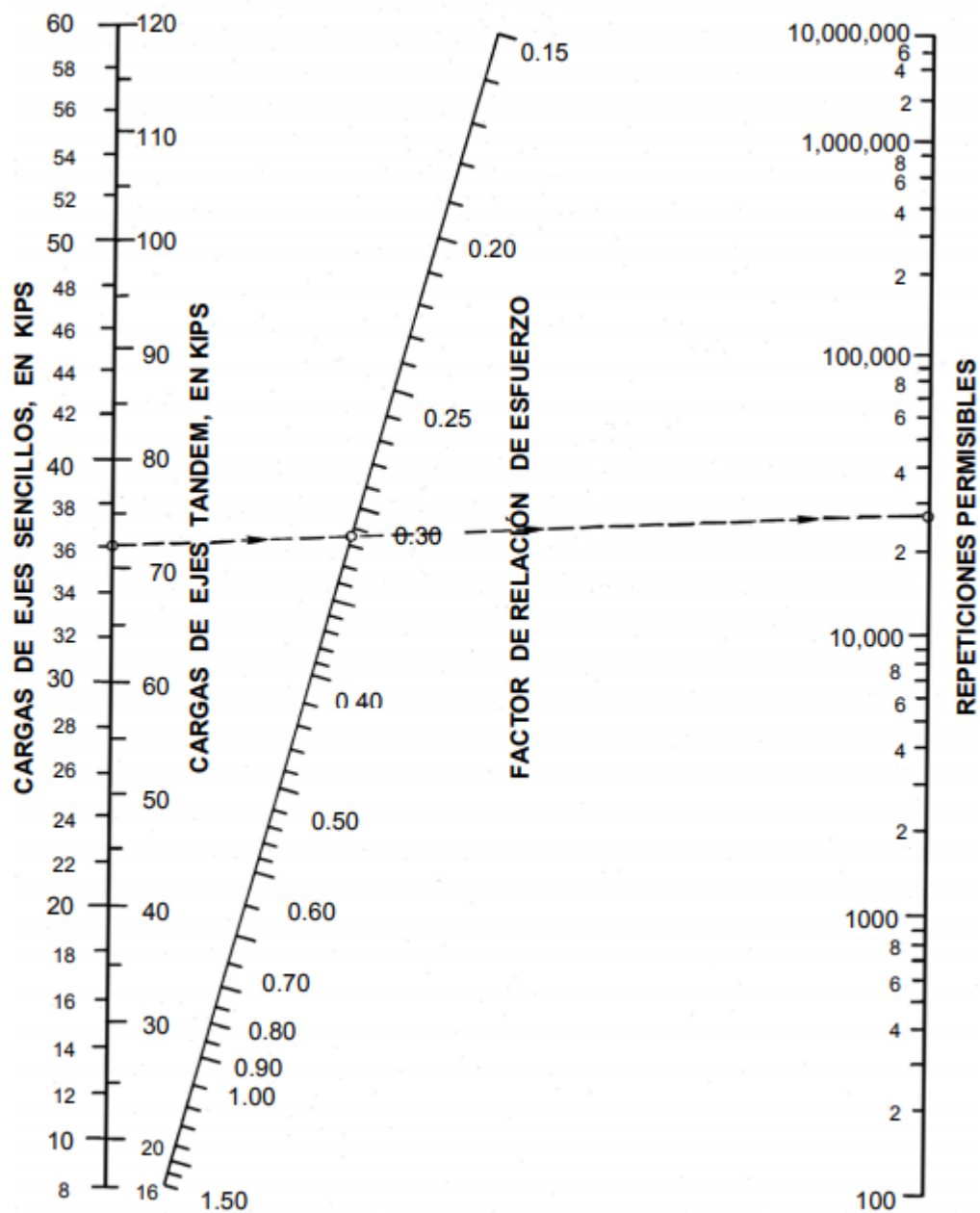


FIGURA 2.5.5. Análisis de fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con ó sin apoyo lateral).



Tabla No. 2.5.7- Factores de Erosión, para Pavimentos con Pasajuntas y Sin Apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Con Pasajuntas - Sin Apoyo Lateral
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.74	3.83	3.89	3.73	3.79	3.82	3.72	3.75	3.75	3.71	3.73	3.70	3.70	3.70	3.61	3.68	3.67	3.53
4.5	3.59	3.70	3.78	3.57	3.65	3.69	3.56	3.61	3.62	3.55	3.58	3.57	3.54	3.55	3.50	3.52	3.53	3.44
5.0	3.45	3.58	3.68	3.43	3.52	3.58	3.42	3.48	3.50	3.41	3.45	3.46	3.40	3.42	3.40	3.38	3.40	3.34
5.5	3.33	3.47	3.59	3.31	3.41	3.49	3.29	3.36	3.40	3.28	3.33	3.36	3.27	3.30	3.30	3.26	3.28	3.25
6.0	3.22	3.38	3.51	3.19	3.31	3.40	3.18	3.26	3.31	3.17	3.23	3.26	3.15	3.20	3.21	3.14	3.17	3.16
6.5	3.11	3.29	3.44	3.09	3.22	3.33	3.07	3.16	3.23	3.06	3.13	3.18	3.05	3.10	3.12	3.03	3.07	3.08
7.0	3.02	3.21	3.37	2.99	3.14	3.26	2.97	3.08	3.16	2.96	3.05	3.10	2.95	3.01	3.04	2.94	2.98	3.00
7.5	2.93	3.14	3.31	2.91	3.06	3.20	2.88	3.00	3.09	2.87	2.97	3.03	2.86	2.93	2.97	2.84	2.90	2.93
8.0	2.85	3.07	3.26	2.82	2.99	3.14	2.80	2.93	3.03	2.79	2.89	2.97	2.77	2.85	2.90	2.76	2.82	2.86
8.5	2.77	3.01	3.20	2.74	2.93	3.09	2.72	2.86	2.97	2.71	2.82	2.91	2.69	2.78	2.84	2.68	2.75	2.79
9.0	2.70	2.96	3.15	2.67	2.87	3.04	2.65	2.80	2.92	2.63	2.76	2.86	2.62	2.71	2.78	2.61	2.68	2.73
9.5	2.63	2.90	3.11	2.60	2.81	2.99	2.58	2.74	2.87	2.56	2.70	2.81	2.55	2.65	2.73	2.54	2.62	2.68
10.0	2.56	2.85	3.06	2.54	2.76	2.94	2.51	2.68	2.83	2.50	2.64	2.76	2.48	2.59	2.68	2.47	2.56	2.63
10.5	2.50	2.81	3.02	2.47	2.71	2.90	2.45	2.63	2.78	2.44	2.59	2.72	2.42	2.54	2.64	2.41	2.51	2.58
11.0	2.44	2.76	2.98	2.42	2.67	2.86	2.39	2.58	2.74	2.38	2.54	2.68	2.36	2.49	2.59	2.35	2.45	2.54
11.5	2.38	2.72	2.94	2.36	2.62	2.82	2.33	2.54	2.70	2.32	2.49	2.64	2.30	2.44	2.55	2.29	2.40	2.50
12.0	2.33	2.68	2.91	2.30	2.58	2.79	2.28	2.49	2.67	2.26	2.44	2.60	2.25	2.39	2.51	2.23	2.36	2.46
12.5	2.28	2.64	2.87	2.25	2.54	2.75	2.23	2.45	2.63	2.21	2.40	2.56	2.19	2.35	2.48	2.18	2.31	2.42
13.0	2.23	2.61	2.84	2.20	2.50	2.72	2.18	2.41	2.60	2.16	2.36	2.53	2.14	2.30	2.44	2.13	2.27	2.39
13.5	2.18	2.57	2.81	2.15	2.47	2.68	2.13	2.37	2.56	2.11	2.32	2.49	2.09	2.26	2.41	2.08	2.23	2.35
14.0	2.13	2.54	2.78	2.11	2.43	2.65	2.08	2.34	2.53	2.07	2.29	2.46	2.05	2.23	2.38	2.03	2.19	2.32



Tabla No. 2.5.8- Factores de Erosión, para Pavimentos sin Pasajuntas y Sin Apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Sin Apoyo Lateral																		
Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem																		
Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.94	4.03	4.06	3.91	3.95	3.97	3.88	3.89	3.88	3.86	3.86	3.82	3.82	3.83	3.74	3.77	3.80	3.67
4.5	3.79	3.91	3.95	3.76	3.82	3.85	3.73	3.75	3.76	3.71	3.72	3.70	3.68	3.68	3.63	3.64	3.65	3.56
5.0	3.66	3.81	3.85	3.63	3.72	3.75	3.60	3.64	3.66	3.58	3.60	3.60	3.55	3.55	3.52	3.52	3.52	3.46
5.5	3.54	3.72	3.76	3.51	3.62	3.66	3.48	3.53	3.56	3.46	3.49	3.51	3.43	3.44	3.43	3.41	3.40	3.37
6.0	3.44	3.64	3.68	3.40	3.53	3.58	3.37	3.44	3.48	3.35	3.40	3.42	3.32	3.34	3.35	3.30	3.30	3.29
6.5	3.34	3.56	3.61	3.30	3.46	3.50	3.26	3.36	3.40	3.25	3.31	3.34	3.22	3.25	3.27	3.20	3.21	3.21
7.0	3.26	3.49	3.54	3.21	3.39	3.43	3.17	3.29	3.33	3.15	3.24	3.27	3.13	3.17	3.20	3.11	3.13	3.14
7.5	3.18	3.43	3.48	3.13	3.32	3.37	3.09	3.22	3.26	3.07	3.17	3.20	3.04	3.10	3.13	3.02	3.06	3.08
8.0	3.11	3.37	3.42	3.05	3.26	3.31	3.01	3.16	3.20	2.99	3.10	3.14	2.96	3.03	3.07	2.94	2.99	3.01
8.5	3.04	3.32	3.37	2.98	3.21	3.25	2.93	3.10	3.15	2.91	3.04	3.09	2.88	2.97	3.01	2.87	2.93	2.96
9.0	2.98	3.27	3.32	2.91	3.16	3.20	2.86	3.05	3.09	2.84	2.99	3.03	2.81	2.92	2.95	2.79	2.87	2.90
9.5	2.92	3.22	3.27	2.85	3.11	3.15	2.80	3.00	3.04	2.77	2.94	2.98	2.75	2.86	2.90	2.73	2.81	2.85
10.0	2.86	3.18	3.22	2.79	3.06	3.11	2.74	2.95	3.00	2.71	2.89	2.93	2.68	2.81	2.85	2.66	2.76	2.80
10.5	2.81	3.14	3.18	2.74	3.02	3.06	2.68	2.91	2.95	2.65	2.84	2.89	2.62	2.76	2.81	2.60	2.72	2.76
11.0	2.77	3.10	3.14	2.69	2.98	3.02	2.63	2.86	2.91	2.60	2.80	2.84	2.57	2.72	2.77	2.54	2.67	2.71
11.5	2.72	3.06	3.10	2.64	2.94	2.98	2.58	2.82	2.87	2.55	2.76	2.80	2.51	2.68	2.72	2.49	2.63	2.67
12.0	2.68	3.03	3.07	2.60	2.90	2.95	2.53	2.78	2.83	2.50	2.72	2.76	2.46	2.64	2.68	2.44	2.59	2.63
12.5	2.64	2.99	3.03	2.55	2.87	2.91	2.48	2.75	2.79	2.45	2.68	2.73	2.41	2.60	2.65	2.39	2.55	2.59
13.0	2.60	2.96	3.00	2.51	2.83	2.88	2.44	2.71	2.76	2.40	2.65	2.69	2.36	2.56	2.61	2.34	2.51	2.56
13.5	2.56	2.93	2.97	2.47	2.80	2.84	2.40	2.68	2.73	2.36	2.61	2.66	2.32	2.53	2.58	2.30	2.48	2.52
14.0	2.53	2.90	2.94	2.44	2.77	2.81	2.36	2.65	2.69	2.32	2.58	2.63	2.28	2.50	2.54	2.25	2.44	2.49



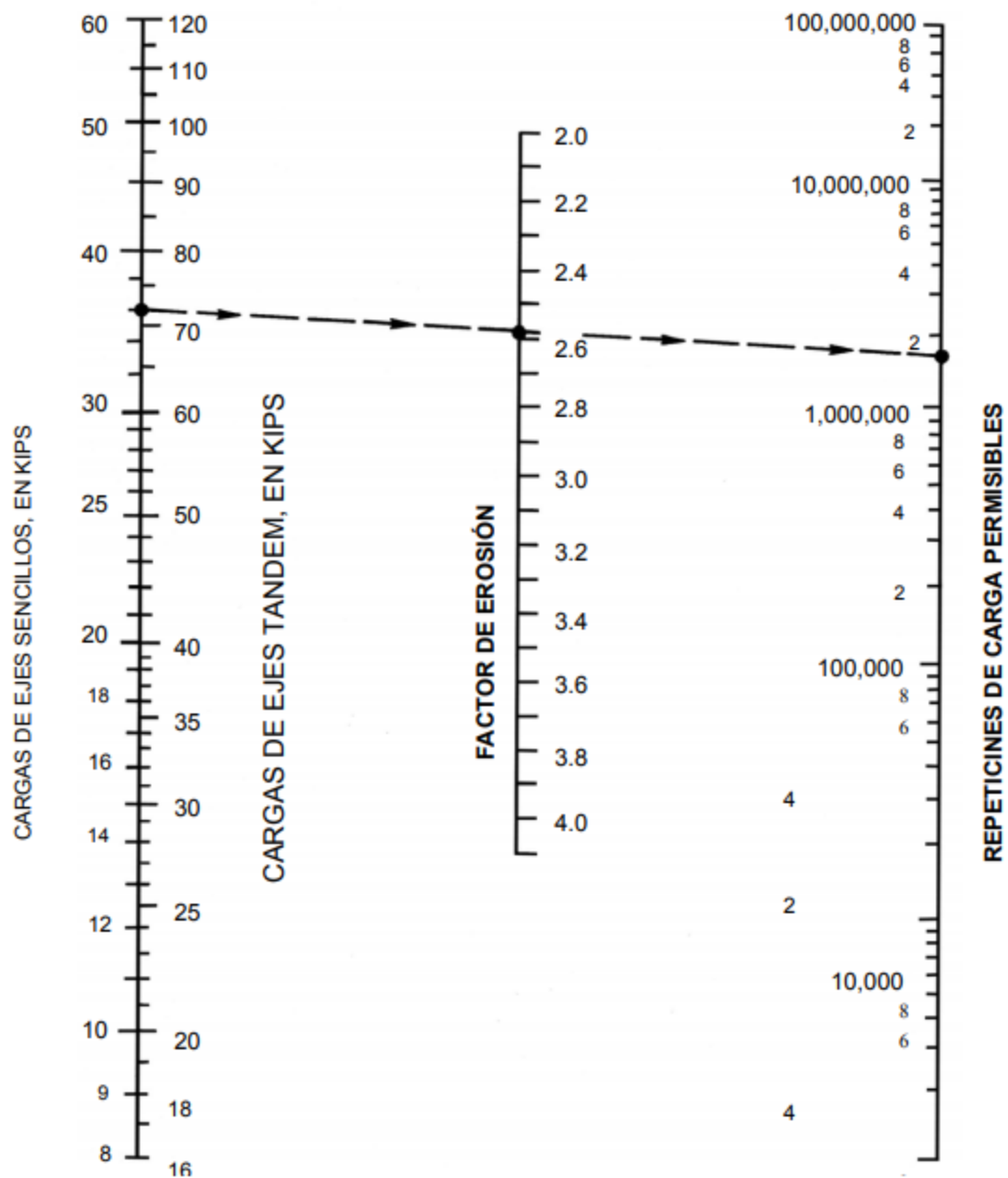


Figura 2.5.6 Análisis de Erosión. (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, sin apoyo lateral).



Tabla No. 2.5.9- Factores de Erosión, para Pavimentos con Pasajuntas y Con Apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Con Pasajuntas - Con Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.28	3.30	3.33	3.24	3.20	3.20	3.21	3.13	3.13	3.19	3.10	3.10	3.15	3.09	3.05	3.12	3.08	3.00
4.5	3.13	3.19	3.24	3.09	3.08	3.10	3.06	3.00	2.99	3.04	2.96	2.95	3.01	2.93	2.91	2.98	2.91	2.87
5.0	3.01	3.09	3.16	2.97	2.98	3.01	2.93	2.89	2.89	2.90	2.84	2.83	2.87	2.79	2.79	2.85	2.77	2.75
5.5	2.90	3.01	3.09	2.85	2.89	2.94	2.81	2.79	2.80	2.79	2.74	2.74	2.76	2.68	2.67	2.73	2.65	2.64
6.0	2.79	2.93	3.03	2.75	2.82	2.87	2.70	2.71	2.73	2.68	2.65	2.66	2.65	2.58	2.58	2.62	2.54	2.54
6.5	2.70	2.86	2.97	2.65	2.75	2.82	2.61	2.63	2.67	2.58	2.57	2.59	2.55	2.50	2.50	2.52	2.45	2.45
7.0	2.61	2.79	2.92	2.56	2.68	2.76	2.52	2.56	2.61	2.49	2.50	2.53	2.46	2.42	2.43	2.43	2.38	2.37
7.5	2.53	2.73	2.87	2.48	2.62	2.72	2.44	2.50	2.56	2.41	2.44	2.47	2.38	2.36	2.37	2.35	2.31	2.31
8.0	2.46	2.68	2.83	2.41	2.56	2.67	2.36	2.44	2.51	2.33	2.38	2.42	2.30	2.30	2.32	2.27	2.24	2.25
8.5	2.39	2.62	2.79	2.34	2.51	2.63	2.29	2.39	2.47	2.26	2.32	2.38	2.22	2.24	2.27	2.20	2.18	2.20
9.0	2.32	2.57	2.75	2.27	2.46	2.59	2.22	2.34	2.43	2.19	2.27	2.34	2.16	2.19	2.23	2.13	2.13	2.15
9.5	2.26	2.52	2.71	2.21	2.41	2.55	2.16	2.29	2.39	2.13	2.22	2.30	2.09	2.14	2.18	2.07	2.08	2.11
10.0	2.20	2.47	2.67	2.15	2.36	2.51	2.10	2.25	2.35	2.07	2.18	2.26	2.03	2.09	2.15	2.01	2.03	2.07
10.5	2.15	2.43	2.64	2.09	2.32	2.48	2.04	2.20	2.32	2.01	2.14	2.23	1.97	2.05	2.11	1.95	1.99	2.04
11.0	2.10	2.39	2.60	2.04	2.28	2.45	1.99	2.16	2.29	1.95	2.09	2.20	1.92	2.01	2.08	1.89	1.95	2.00
11.5	2.05	2.35	2.57	1.99	2.24	2.42	1.93	2.12	2.26	1.90	2.05	2.16	1.87	1.97	2.05	1.84	1.91	1.97
12.0	2.00	2.31	2.54	1.94	2.20	2.39	1.88	2.09	2.23	1.85	2.02	2.13	1.82	1.93	2.02	1.79	1.87	1.94
12.5	1.95	2.27	2.51	1.89	2.16	2.36	1.84	2.05	2.20	1.81	1.98	2.11	1.77	1.89	1.99	1.74	1.84	1.91
13.0	1.91	2.23	2.48	1.85	2.13	2.33	1.79	2.01	2.17	1.76	1.95	2.08	1.72	1.86	1.96	1.70	1.80	1.88
13.5	1.86	2.20	2.46	1.81	2.09	2.30	1.75	1.98	2.14	1.72	1.91	2.05	1.68	1.83	1.93	1.65	1.77	1.86
14.0	1.82	2.17	2.43	1.76	2.06	2.28	1.71	1.95	2.12	1.67	1.88	2.03	1.64	1.80	1.91	1.61	1.74	1.83



Tabla No. 2.5.10- Factores de Erosión, para Pavimentos sin Pasajuntas y Con Apoyo Lateral.

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.46	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.36	3.29	3.25	3.32	3.26	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.96	2.90	2.87	2.93	2.86	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.86	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.76	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.60
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.63	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.36	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.36	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.88	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.42	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.26	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.38	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.19
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.43	2.10	2.27	2.33	2.06	2.19	2.23	2.04	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.12	2.17	1.95	2.06	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05



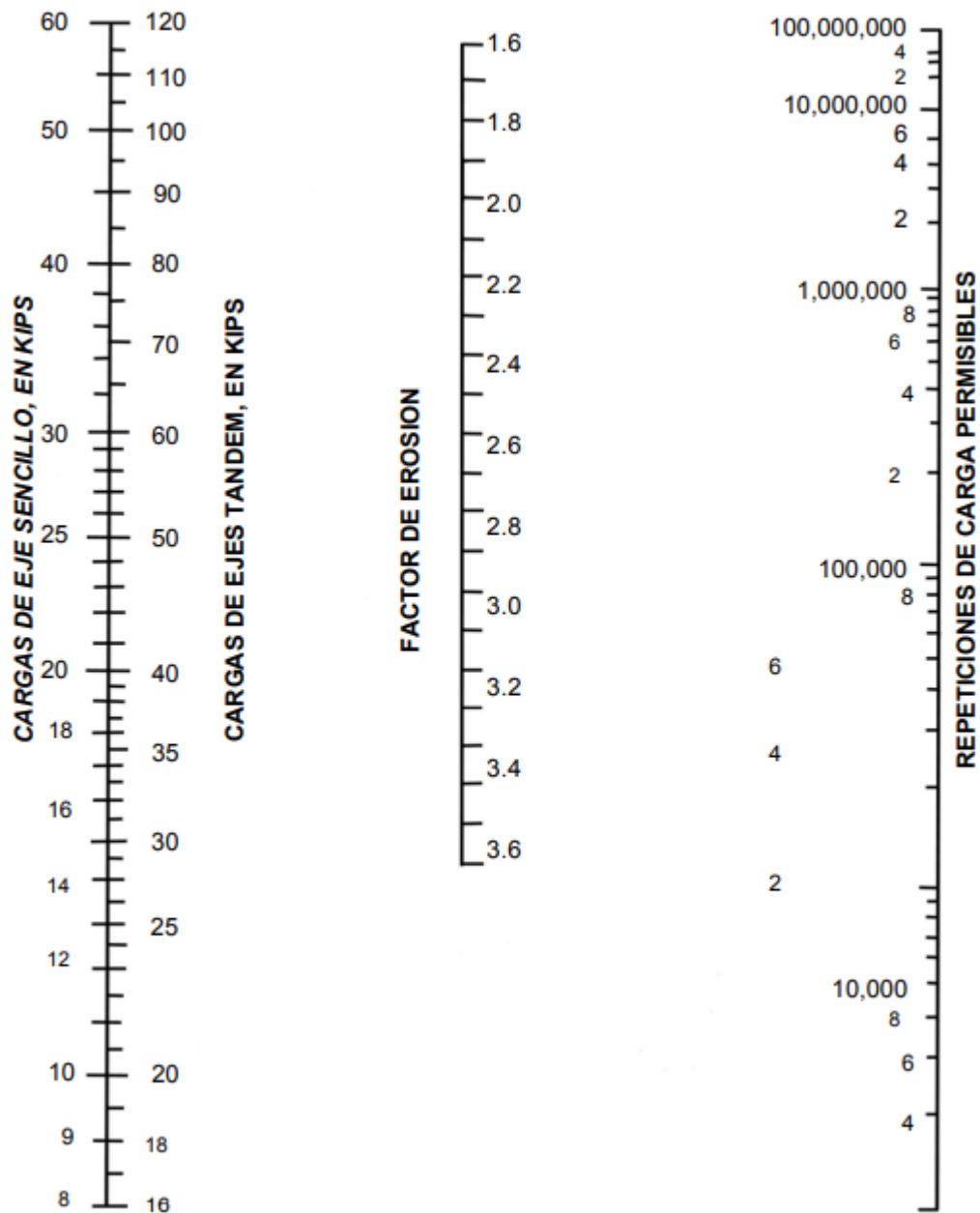


Figura 2.5.7 Análisis de Erosión. (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, con apoyo lateral).



5. RESUMEN DE RESULTADOS

MÉTODO AASHTO

	DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO - CEMEX -		
Método AASHTO			
PROYECTO:	TIENDA OXXO PLAZA PATZCUARO		
UBICACIÓN:	CARRETERA MORELIA - PATZCUARO PATZCUARO, MICHOACAN		
FECHA:	13/05/2021		
DISEÑADO:	ISALIA ELITTE		
NOTAS:			
DATOS DEL TRAFICO:			
Ejes Sencillos Eqs. de 18 kips Introducidos		5.202.879 ESALS	



DATOS DEL PAVIMENTO:

CONFIABILIDAD (R):	50,0 %
DESVIACIÓN ESTANDAR (So):	0.35
MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO (MR):	597,4 Psi
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec):	4.029.750,0 Psi
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):	3,2
MÓDULO DE SUBREACCIÓN DEL SUELO DE APOYO (k):	615 Pci
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd):	110,00
ÍNDICE DE SERVICIO INICIAL (Po):	4.5
ÍNDICE DE SERVICIO FINAL (Pt):	1.5

Se considera que el pavimento no cuenta con barras pasajuntas para la transferencia de carga, además de también considerar que el pavimento cuenta con soporte lateral.

RESULTADOS:

ESPESOR DEL PAVIMENTO: 5,91 in (12,7 cms)

**DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO - CEMEX -****Método AASHTO**

PROYECTO: TIENDA OXXO PLAZA PATZCUARO
UBICACIÓN: CARRETERA MORELIA - PATZCUARO PATZCUARO, MICHOACAN
FECHA: 13/05/2021
DISEÑADO: ISALIA ELITTE
NOTAS:

DATOS DEL TRAFICO:

Ejes Sencillos Eqs. de 18 kips Introducidos 5.202.879 ESALS

DATOS DEL PAVIMENTO:

CONFIABILIDAD (R):	50,0 %
DESVIACIÓN ESTANDAR (So):	0.35
MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO (MR):	597,4 Psi
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec):	4.029.750,0 Psi
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J):	3,2
MÓDULO DE SUBREACCIÓN DEL SUELO DE APOYO (k):	615 Pci
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd):	110,00



MODULACION DE LOSAS:

De acuerdo al Espesor encontrado y siguiendo el criterio AASHTO, CEMEX le recomienda la siguiente modulación de losas:

SEPARACION MAXIMA DE JUNTAS TRANSVERSALES:	3,0 metros
RANGO DE SEPARACION DE JUNTAS LONGITUDINALES:	3.0 a 4.5 metros



MÉTODO PCA



DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO - CEMEX -



Método PCA

PROYECTO: TIENDA OXXO PLAZA PATZCUARO
 UBICACIÓN: CARRETERA MORELIA - PATZCUARO PATZCUARO, MICHOACAN
 FECHA: 13/05/2021
 DISEÑADO: ISALIA ELITTE
 NOTAS:

DATOS DEL TRAFICO:

FACTOR DE SENTIDO (FS): 1,00
 FACTOR DE CARRIL (FC): 1,00
 TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA): 480

Tipo de Vehículo	COMPOSICION VEHICULAR			
	%	%Cargados	%Vacíos	Total DÍarios
A2	5000,00	6000,00	4000,00	24000,00
A'2	3080,00	10000,00	0,00	14,78
B2	300,00	6000,00	4000,00	14400,00
B3	370,00	6000,00	4000,00	1,78
C2	670,00	6000,00	4000,00	3,22
C3	450,00	6000,00	4000,00	21600,00
T3-S2	130,00	6000,00	4000,00	62400,00

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL: 3 %
 PERÍODO DE DISEÑO: 20 AÑOS



DATOS DEL PAVIMENTO:

MODULO DE REACCION (K):	615 Pci
MODULO DE RUPTURA (MR):	597.4 Psi
FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA (FSC):	1.2
MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec):	4.608.225 Psi
MODULO DE POISSON (μ):	0
FACTOR 2:	0.9420
FACTOR 3:	0.8940
FACTOR 4:	0.9530
RIGIDEZ RELATIVA (I):	16,7146 in

Se considera que el pavimento no cuenta con barras pasajuntas para la transferencia de carga, además de también considerar que el pavimento cuenta con soporte lateral.

RESULTADOS

ESPESOR:	5,7 in (12,70 cms)
% DE FATIGA:	0 % OK
% EROSION:	96 % OK

El espesor es adecuado para los datos de diseño

MODULACION DE LOSAS

SEPARACION MAXIMA DE JUNTAS TRANSVERSALES:	3,0 metros
RANGO DE SEPARACION DE JUNTAS LONGITUDINALES:	3.0 a 4.5 metros

Espesor Optimo		Reporte		Regresar		Espesor= 5 in (12,7 cms)		Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
Repeticiones esperadas		f1	Esfuerzo Actuante	Esf. Act./MR	Repeticiones Permisibles	% de Fatiga		Trabajo	Repeticiones Permisibles	% de Daño	
		Fact2=1				Fact3=0,894		Fact4=0,953			
Msen = 1488,6											
FESen = 3,1											
261.924		1,2286	304,38	0,5089	ilimitadas	0,00		26,84	270.635	96,78	
		Sub Total Ejes Sencillos				0,00 %		Sub Total Ejes Sencillos		96,00 %	
RESUMEN											
		Sub Total Ejes Sencillos				0,00 %		Sub Total Ejes Sencillos		96,00 %	
		Sub Total Ejes Tandem				0,00 %		Sub Total Ejes Tandem		0,00 %	
		Sub Total Ejes Tridem				0,00 %		Sub Total Ejes Tridem		0,00 %	
		TOTAL FATIGA				0 %		TOTAL EROSION		96 %	



DE LOS METODOS ANTES DESCRITOS SE TIENEN LOS SIGUIENTES RESULTADOS DEL CALCULO DE ESPESOR DE LOSA DE PAVIMENTOS HIDRAULICO:

A. METODO AASHTO

a. ESPESOR DE LOSA = 5.90 Pulgadas = 15.0 cms.

B. MÉTODO DE LA PCA

a. Espesor de losa = 5.90 Pulgadas = 15.0 cms.

SE RECOMIENDA COLOCAR UN ESPESOR CONSTRUIBLE DE 15 CMS DE ACUERDO AL MINIMO CALCULADO POR EL METODO AASHTO QUE ES EL MAS UTILIZADO EN EL DISEÑO DE ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

CON UN CONCRETO HIDRAULICO DE CALIDAD $M_r = 42 \text{ Kg/Cm}^2$.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Basándonos en los trabajos de campo y gabinete se establece lo siguiente.

El terreno objeto de este estudio donde se pretende construir DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA UN CARRIL DE ACCESO DE UNA TIENDA DE CONVENIENCIA EN PÁTZCUARO, MICHOACAN.

Los materiales que se detectaron formando parte de la plataforma son los siguientes

- Enseguida se tiene el terreno natural formado por ARCILLAS de baja plasticidad de color rojo de consistencia dura. sin presencia de nivel freático.

Profundidad
 $z = 2.65$ mts.



Arcilla de baja plasticidad



PROCESO CONSTRUCTIVO

PAVIMENTO RIGIDO

Una vez que se obtuvieron los resultados de las pruebas de laboratorio se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Debido a las condiciones actuales del AREA EN ESTUDIO se recomienda. ABRIR CAJA DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO Y re nivelar la superficie expuesta.

2. Enseguida se recomienda compactar el material con rodillo liso, hasta alcanzar la compactación del 95% de su peso volumétrico seco máximo y una humedad cercana a la óptima.

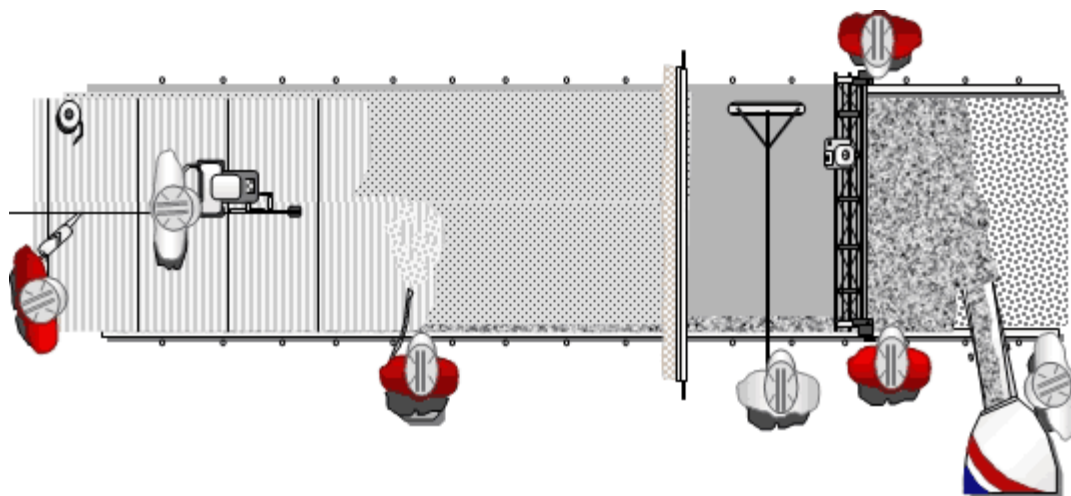
3. Se recomienda estabilizar el terreno natural con un material tipo filtro grueso, y acomodarlo con rodillo vibratorio, hasta que las partículas pétreas ya no se incrusten en el terreno natural. para alojar el espesor de la capa subrasante O FILTRO de 30.0 cms. libres..

4. Enseguida colocar una capa de material tipo base de 20.0 cms. de espesor y que cumpla con lo especificado anteriormente.

5. Enseguida colocar la losa de concreto hidráulico de 15.0 cms. de espesor, $M_r = 42.0 \text{ kg/cm}^2$, módulos y pasa juntas según propuesto.

- separación máxima de juntas transversales: 2.44 mts.
- rango de separación de juntas longitudinales: de 3.00 a 4.50 mts.
- La modulación de las losas **NO SERA MAYOR A 20 VECES EL ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO QUE CORRESPONDA A CADA VIALIDAD PARA EL TIPO DE PAVIMENTO RIGIDO DE ESTE ESTUDIO**





En el caso de los pavimentos convencionales de concreto hidráulico los requisitos pueden variar considerablemente dependiendo del tipo de suelo de la subrasante, las condiciones ambientales y cantidad de tráfico pesado.

El objetivo deberá ser el poder obtener una condición de apoyo uniforme y una estructura de rodamiento que permita darle al usuario un manejo confortable durante toda su vida útil acorde a los lineamientos de diseño que se considere.

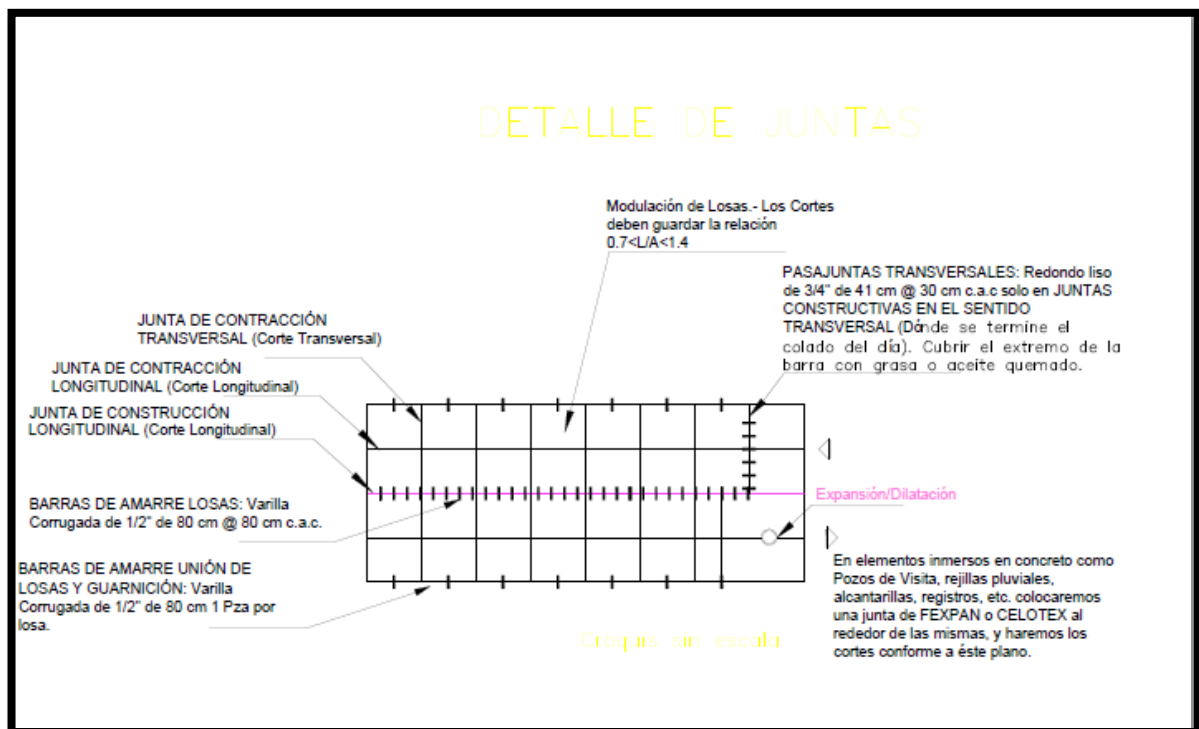
De acuerdo con el criterio de los métodos internacionales para el diseño de losas soportadas sobre el terreno, como el método AASHTO, el método PCA y elementos finitos, entre otros, empleados para el diseño de pavimentos de concreto y de pisos industriales, el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado en su resistencia a la **flexión por tensión** o módulo de ruptura (MR) como se conoce en México, en vez de la resistencia tradicional a la compresión ($F'c$) que es comúnmente usado en otro tipo de estructuras de concreto.

SELLADO DE JUNTAS

El factor de forma es crítico para el buen comportamiento a largo plazo de un sellador.

Debido a que la sección del sello de las juntas cambia durante la expansión y contracción del pavimento de concreto, se desarrollarán esfuerzos en el interior del sellador y a lo largo de la línea de unión del sellador con el depósito de la junta. Estos esfuerzos pueden ser excesivos si el factor de forma no es el apropiado para el material de sello.

La figura siguiente muestra factores de forma comunes para sellos líquidos y para sellos a compresión. Un depósito para sello de junta con factor de forma igual ó menor a uno desarrolla menos esfuerzos en el sellado de la junta que si tuviera un factor de forma superior a uno. El diseño del factor de forma incluye el tomar en cuenta que el depósito no se debe llenar a tope ó al nivel del pavimento, el sello se deberá hacer de 6mm antes del nivel del pavimento, con el objeto de evitar futuros problemas con la extrusión del sello.



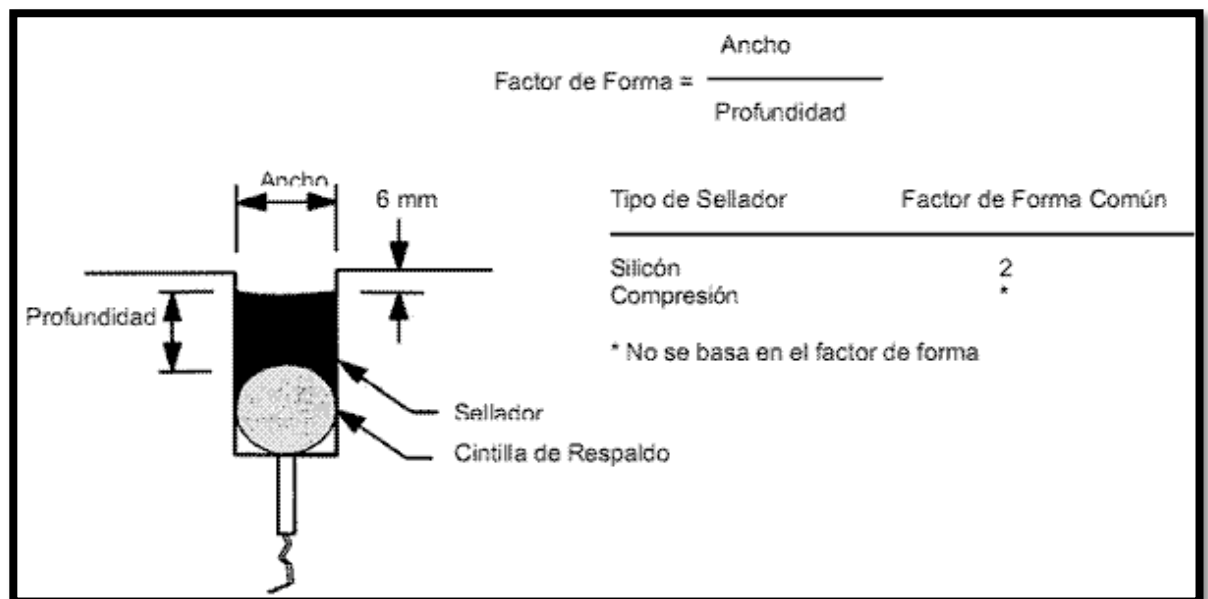
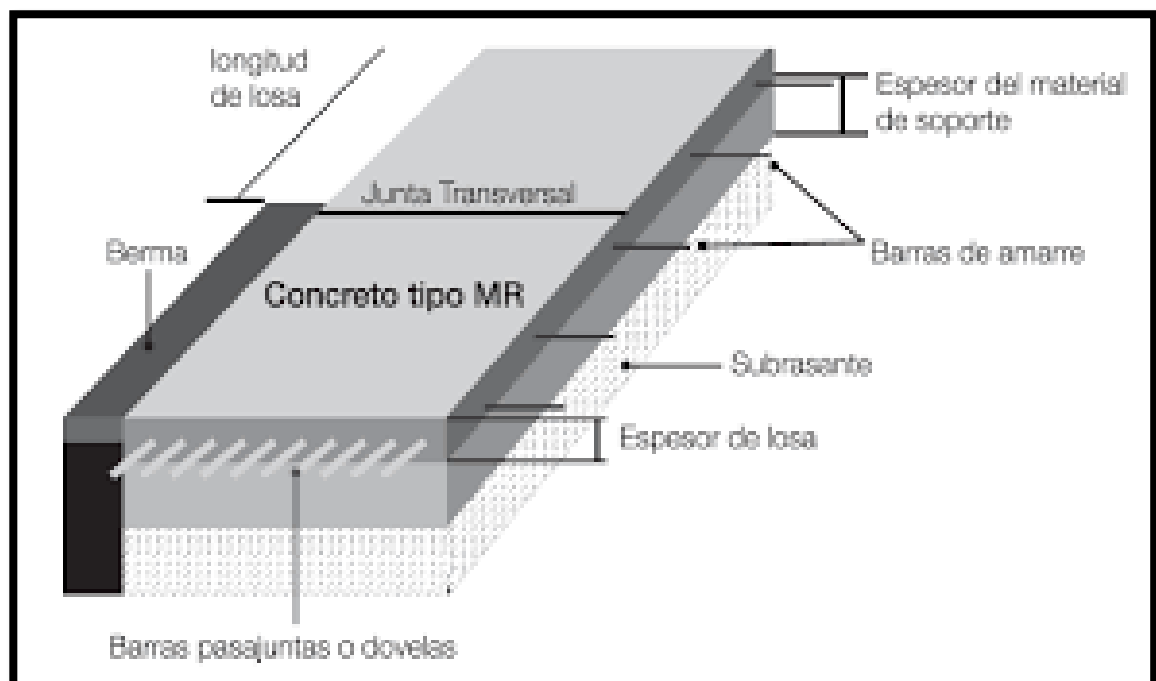


Figura Factores de Forma Comunes en el Sellado de juntas.



CALIDAD DE MATERIAL PARA CAPA DE BASE HIDRAULICA

Se recomienda colocar un material que cumpla con las siguientes características:

- Por las condiciones superficiales que presenta el área en estudio se recomienda cortar un espesor según proyecto y re nivelar la superficie con material procedente de banco, el cual debe ser un material en greña inerte tipo filtro grueso, se deberá de acomodar con rodillo liso vibratorio hasta lograr el acomodo requerido, de compacto a muy compacto. Esta capa se debe de dejar libre de terreno natural, con el objeto de que los 40 cms. De capa de filtro sean libres.
- El grado de compactación para la capa de base y de sub base que se requiere como mínimo es del 100% de p.v.s.m. (peso volumétrico seco máximo), con una humedad cercana a la óptima, la cual deberá de cumplir con los siguientes parámetros:

- **Capa de base:**

Las capas de sub-base y base están principalmente relacionadas con los pavimentos flexibles de superficie asfáltica, adoquinada o empedrada. Constituyen un elemento estructural muy importante. La base es el corazón de los pavimentos flexibles.

- **Materiales a utilizarse en la base.**

Actualmente podemos considerar dos clases de bases:

A).- base granular: de grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo.

B).- base estabilizada: suelos con cemento pórtland, cal o asfalto.

En las bases granulares la estabilidad del material depende de la fricción interna y de su cohesión.



En la tabla siguiente se muestran los parámetros mecánicos que deben de cumplir los materiales a utilizarse en la formación de capa de base:

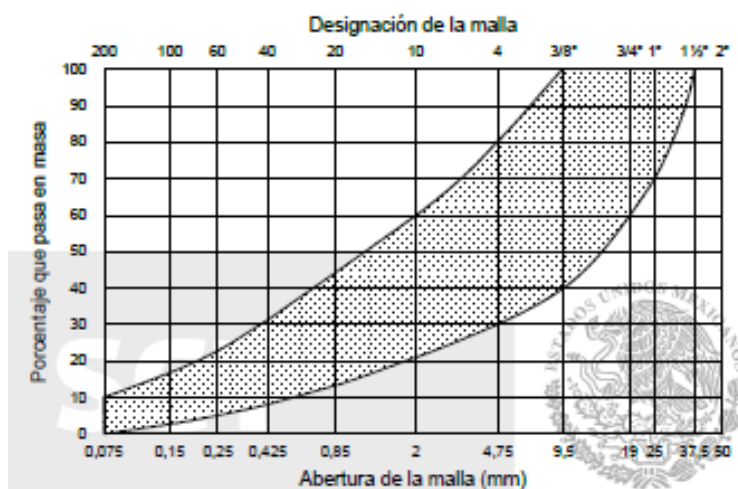


FIGURA 1.- Zona granulométrica recomendable de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico

Curva granulométrica

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

TABLA 2.- Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de concreto hidráulico

Característica	Valor %
Límite líquido ^[1] , máximo	25
Índice plástico ^[1] , máximo	6
Equivalente de arena, mínimo ^[1]	40
Valor Soporte de California (CBR), mínimo ^[1,2]	80
Desgaste Los Angeles, máximo ^[1]	35
Partículas alargadas y ladeadas, máximo	40
Grado de compactación ^[1,3] , mínimo	100

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

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

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

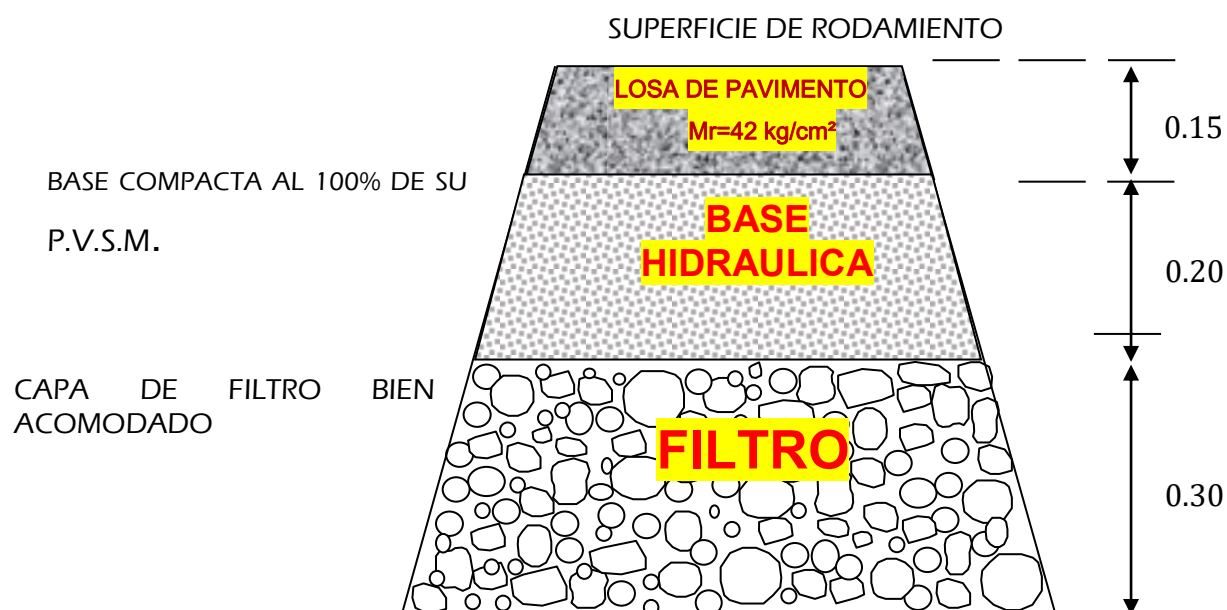


7. ANEXOS (GRAFICAS Y FIGURAS)

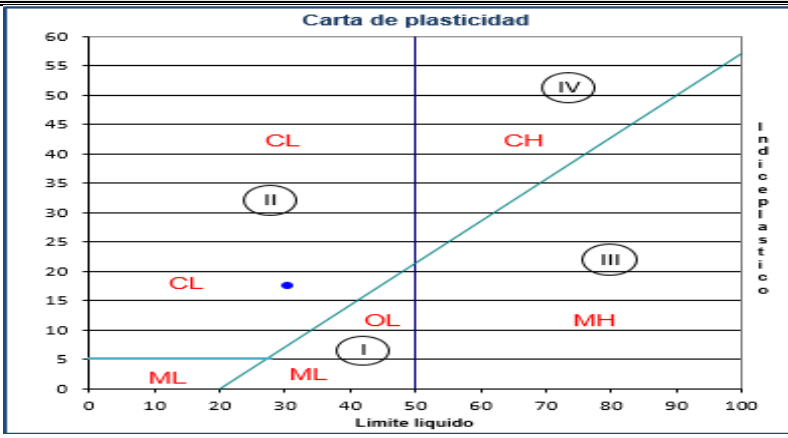
SUPERFICIE DE RODAMIENTO

Obra: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA UN CARRIL DE ACCESO DE UNA TIENDA DE CONVENIENCIA EN PÁTZCUARO, MICHOACÁN.

Localidad: PÁTZCUARO, Michoacán.



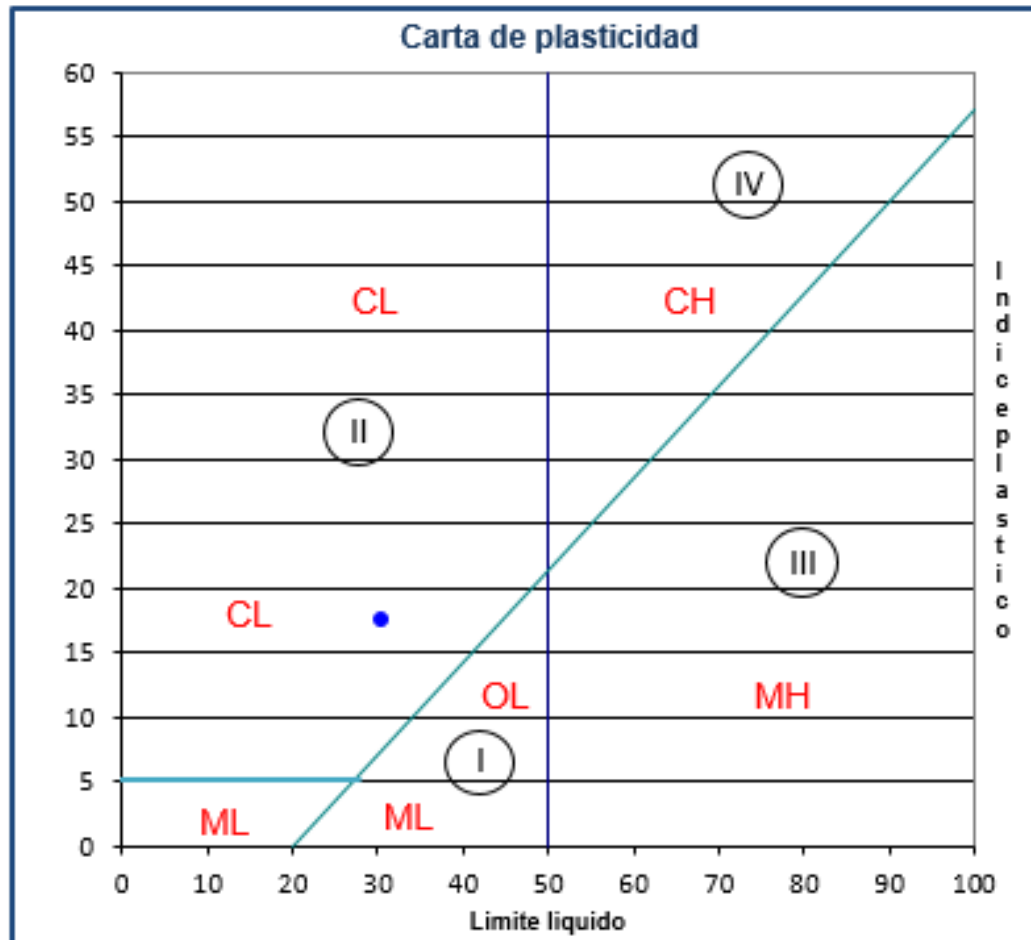
8. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Determinación de las pruebas índices			
Granulometria		Limites de consistencia	
Pozo No.	1	Humedad natural (%)	25.16
Estrato No	2	Limite liquido (%)	30.38
Malla No.	Pasa en (%)	Limite plastico (%)	12.86
2"	100.0	Índice plastico (%)	17.53
1-1/2"	-	Contraccion lineal (%)	6.77
1"	-	Clasificación SUCS	CL
3/4"	-	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	
1/2"	-	Carta de plasticidad 	
3/8"	-		
4	100.0		
10	-		
20	-		
40	66.9		
60	-		
100	-		
200	47.7		
Porcentaje del suelo			
Grava %	0.0		
Arena %	52.3		
Finos %	47.7		

Resultados de las pruebas mecánicas		
	Pozo	1
Compresion sin confinar		
Resistencia (Kg/Cm2) qu		-
Cohesion (Kg/Cm2) c		-
Compresion triaxial rapida		
Angulo de friccion interna (°)		-
Cohesion (Kg/Cm2)		-
Peso volumetrico natural (Kg/M³)		-
Valor relativo de soporte estandar		
V.R.S. 90 %		
Expansion 90%		
V.R.S. 95 %		
Expansion 95%		
V.R.S. 100 %		8.50%
Expansion 100 %		3.70%
Pesos volumetricos		
Peso volumetrico suelto (kg/m³)		1,120.73
Peso volumetrico seco maximo (kg/m³)		1,400.64
Humedad optima (%)		21.2
Coeficiente de abundamiento		-



CARTA DE PLASTICIDAD



9. INFORME FOTOGRÁFICO

Pozo a cielo abierto No. 1



Foto 1.- Toma de Estratigrafía



Foto 2.- Vista Interior del Pozo



Foto 3.- Elaboración del pozo



BIBLIOGRAFÍA

http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2011/16_MICHOACAN.pdf

BADILLO, J. (1989). *MECÁNICA DE SUELOS TOMO I FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS*. LIMUSA.

BADILLO, J. (1989). *MECÁNICA DE SUELOS TOMO II TEORÍA Y APLICACIONES DE LA MECÁNICA DE SUELOS*. LIMUSA.

BUSTAMANTE, F. O. (2009). *ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES*. PATRIA.
CONCRETOS, C. (2010). PAVIMENTOS DE CONCRETO CEMEX. Amarillo AM.

SALAZAR RODRIGUEZ, A. (2011). GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.
MÉXICO: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO.

