

DEDICATORIAS

A Dios por haberme brindado la oportunidad de vivir, por darme la libertad de elegir lo que más me gusta y porque siempre me da su apoyo espiritual.

A mis Padres Agustín y María del Rosario ya que por su amor hoy he alcanzado algo muy importante en mi vida y por apoyarme en todos los momentos difíciles que he tenido en mi vida.

A mis hermanos Agustín, Claudia, Edna y Jeanneth porque juntos hemos salido adelante y por el apoyo que siempre nos brindamos.

A mis sobrinos Monchito, Claudita, Danielita y Danny por dar la alegría en mi casa.

A mi novia Yokohama por el apoyo emocional que incondicionalmente me da con todo cariño y amor.

A mis amigos Ricardo, Iván, Miguel, Carlos, Elmer, Renné, Anna, Caro, Lizeth, Martha y Jandy, por todos los conocimientos que hemos adquirido juntos y porque he aprendido a ser amigo gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme llamado a su camino y porque me ha dado muchas satisfacciones que en cualquier otro lugar no hubiera encontrado, GRACIAS POR DARME TODO.

A mis Padres Agustín y María del Rosario porque siempre me han brindado su amor incondicional y me han apoyado en todo lo que he necesitado.

A mis hermanos Agustín, Claudia, Edna y Jeanneth por todos los momentos felices que hemos vivido.

A mis sobrinos Monchito, Claudita, Danielita y Danny porque han sido una gran motivación para seguir adelante en la vida.

A mi novia Yokohama por todos los momentos que hemos compartido y por el amor que me brinda en cada momento de mi vida. TQM "NIÑA".

A mis amigos Ricardo (Patiño), Iván (Terrorista), Miguel (Mike), Carlos (Carlitos), Elmer (Troylo), Renné, Anna, Caro (Trompas), Lizeth, Martha y Jandy, por todos los momentos felices que hemos vivido y porque me han brindado su apoyo incondicionalmente.

INDICE

DEDICATORIAS	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE	III
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	5
RESUMEN	7

CAPÍTULO I PAG.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes	8
1.2.- Planteamiento del Problema	12
1.3.- Justificación	12
1.4.- Objetivos	13
1.4.1.-Objetivo General	13
1.4.2.-Objetivos Específicos	13
1.5.- Hipótesis	14
1.6.- Delimitación	14

CAPITULO II

II.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Generalidades	15
2.2.- Características de los materiales pétreos de un pavimento	17
2.3.- Tipos de fallas en los pavimentos flexibles	18
2.4.- Factores que provocan el deterioro de los pavimentos	20
2.5.- Pruebas de laboratorio a los agregados pétreos de la estructura de pavimento	21
2.5.1.- Para la capa superior (Carpeta)	21
2.5.1.1.- Lavado de carpeta (Rotarex)	22
2.5.2.- Para las capas inferiores (base y sub-base)	22
2.5.2.1.- Peso volumétrico seco y suelto	22
2.5.2.2.- Densidad o peso específico relativo	23

2.5.2.3.- Granulometría	23
2.5.2.4.- Absorción	23
2.5.2.5.- Límites de consistencia	24
2.5.2.5.1.- Límite líquido	24
2.5.2.5.2.- Límite plástico	24
2.5.2.6.- Contracción lineal	25
2.5.2.7.- Valor cementante	25
2.5.2.8.- Equivalente de arena	26
2.5.2.9.- Valor relativo de soporte (VRS)	26

CAPITULO III

III.- METODOLOGÍA

3.1.- Información previa del tramo en estudio	28
3.2.- Estudio de tránsito	28
3.2.1.- Composición del tránsito	28
3.2.2.- Muestreo de tránsito	29
3.2.3.- Clasificación vehicular	29
3.2.4.- Obtención del tránsito diario promedio semanal (T.D.P.S.)	30
3.3.- Levantamiento de deterioros	30
3.4.- Muestreo de las capas del pavimento	30
3.5.- Preparación de las muestras	32
3.5.1.- Preparación de las muestras de carpeta	32
3.5.1.1.- Cepillado	32
3.5.1.2.- Secado	32
3.5.2.- Preparación de las muestras de base y sub-base	33
3.5.2.1.- Secado	33
3.5.2.2.- Disgregación	33
3.5.2.3.- Cuarteo	33
3.6.- Pruebas de laboratorio a realizar a las muestras	34

3.6.1.- Pruebas aplicadas a la carpeta.....	34
3.6.1.1.- Lavado de carpeta (Rotarex)	34
3.6.2.- Pruebas aplicadas a la base y sub-base	35
3.6.2.1.- Peso volumétrico seco y suelto.....	35
3.6.2.2.- Densidad o peso específico relativo	37
3.6.2.3.- Granulometría	38
3.6.2.4.- Absorción	40
3.6.2.5.- Límites de consistencia	40
3.6.2.5.1.- Límite líquido	41
3.6.2.5.2.- Límite plástico	42
3.6.2.6.- Contracción lineal.....	43
3.6.2.7.- Valor cementante	44
3.6.2.8.- Equivalente de arena	45
3.6.2.9.- Valor relativo de soporte (VRS)	47

CAPITULO IV

IV.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.- Información previa	49
4.2.- Estudio de tránsito	51
4.2.1.- Composición del tránsito.....	51
4.2.2.- Muestreo de tránsito	52
4.2.3.- Clasificación vehicular	53
4.2.4.- Obtención del tránsito diario promedio semanal (T.D.P.S.)....	56
4.3.- Levantamiento de deterioros	57
4.3.1.- Calle Paseo Miravalle y Jalisco	57
4.3.2.- Calle Guerrero	58
4.4.- Muestreo de las capas del pavimento	58
4.5.- Resultados de las pruebas de laboratorio	59
4.5.1.- Calle Paseo Miravalle	59

4.5.2.- Calle Jalisco	60
4.5.3.- Calle Guerrero	60

CAPITULO V

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones	69
5.2.- Recomendaciones	72

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

Apéndice A: Memoria de cálculo de la calle Paseo Miravalle

Apéndice B: Memoria de cálculo de la calle Jalisco

Apéndice C: Memoria de cálculo de la calle Guerrero

Apéndice D: Galería de fotos de los distintos tipos de fallas

ANEXOS

Especificaciones de la SCT para material de sub-base

Especificaciones de la SCT para material de base

Especificaciones de la SCT para material de terracerías

Especificaciones de la SCT para intensidad de tránsito

Tabla del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.1 Estado actual de la calle Guerrero

Figura 1.1.2 Estado actual de la calle Paseo Miravalle

Figura 1.1.3 Estado actual de la calle Jalisco

Figura 2.1.1 Estructura de un Pavimento Flexible

Figura 3.4.1 Máquina extractora de corazones

Figura 3.6.1.1 Máquina de rotarex

Figura 3.6.2.1.1 Peso volumétrico

Figura 3.6.2.1.2 Prueba de densidad y absorción

Figura 3.6.2.1.3 Equipo para determinar Granulometría

Figura 3.6.2.1.4 Penetrómetro

Figura 3.6.2.1.5 Equipo para realizar límites de consistencia

Figura 3.6.2.1.6 Equipo para valor cementante

Figura 3.6.2.1.7 Equipo para equivalente de arena

Figura 3.6.2.1.8 Prensa

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.2.1.1 Composición del tránsito

Tabla 4.2.2.1 Muestreo de tránsito de la calle Paseo Miravalle (200 y 300)

Tabla 4.2.2.2 Muestreo de tránsito de la calle Jalisco (200 y 300)

Tabla 4.2.2.3 Muestreo de tránsito de la calle Guerrero (Miguel Alemán y California)

Tabla 4.2.3.1 Clasificación vehicular de la calle Paseo Miravalle

Tabla 4.2.3.2 Clasificación vehicular de la calle Jalisco

Tabla 4.2.3.3 Clasificación vehicular de la calle Guerrero

Tabla 4.2.4.1 Obtención del tránsito diario promedio semanal (T.D.P.S.) de la calle Paseo Miravalle

Tabla 4.2.4.2 Obtención del tránsito diario promedio semanal (T.D.P.S.) de la calle Jalisco

Tabla 4.2.4.3 Obtención del tránsito diario promedio semanal (T.D.P.S.) de la calle Guerrero

Tabla 4.3.1 Clasificación de los tipos de fallas con respecto a su severidad

Tabla 4.5.1.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Paseo Miravalle

Tabla 4.5.1.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de base y sub-base del pavimento de la calle Paseo Miravalle

Tabla 4.5.1.3 Comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio contra las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de la calle Paseo Miravalle

Tabla 4.5.2.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Jalisco

Tabla 4.5.2.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de base y sub-base del pavimento de la calle Jalisco

Tabla 4.5.2.3 Comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio contra las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de la calle Jalisco

Tabla 4.5.3.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Guerrero

Tabla 4.5.3.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de base y sub-base del pavimento de la calle Guerrero

Tabla 4.5.3.3 Comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio contra las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) de la calle Guerrero



RESUMEN

En el presente trabajo se realizaron los estudios necesarios para determinar la calidad de los materiales pétreos que se emplearon en la elaboración de la estructura de pavimentación en las calles Guerrero, Jalisco y Paseo Miravalle y evaluar de que manera influyen en el comportamiento actual del pavimento. Para llevar acabo los estudios, primeramente se realizó una investigación previa acerca del historial de cada una de las calles en estudio, después se procedió a la realización de un estudio de tránsito, luego se hizo un recorrido a pie para clasificar la severidad y frecuencia de las distintas fallas y por último el muestreo de las capas del pavimento existente, para someterlo a las pruebas de laboratorio y procedimientos establecidos por la secretaría de comunicaciones y transportes, que permiten determinar la calidad de los materiales pétreos de la estructura de pavimentación de cada calle en estudio. Posteriormente, se procedió al procesamiento de los resultados de las pruebas, a través de las gráficas y tablas correspondientes a cada prueba realizada. Estos resultados se compararon contra las especificaciones mínimas de la secretaría de comunicaciones y transportes, para llegar a determinar la calidad de los materiales pétreos de la estructura de pavimentación, y así poder determinar, si el deterioro de las calles se debe a la mala calidad de los agregados pétreos que emplearon para la elaboración de la estructura de pavimentación de las calles en estudio, conjuntamente con los resultados del estudio de tránsito actual de vehículos y la situación de deterioros que guarda la estructura actual del pavimento.

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente, en las ciudades del país, se presenta la problemática referente a la calidad de los agregados que son utilizados en la pavimentación de los fraccionamientos o colonias que surgen día a día, lo que viene a ocasionar problemas, principalmente económicos a los ayuntamientos, que son los responsables de proveer el servicio de pavimentación, por medio de las compañías constructoras de la localidad y darle el mantenimiento adecuado, para evitar así su deterioro.

Las calles de Cd. Obregón, Sonora, siempre han presentado una problemática en su estructura del pavimento, en la mayoría de ellas se presentan algunas fallas como: Desprendimientos (baches, desprendimiento de

agregado y pulido de superficie), Deformaciones (corrugaciones) y Roturas (agrietamiento piel de cocodrilo, agrietamiento en zig-zag, grieta transversal, agrietamiento longitudinal, agrietamiento longitudinal en hombros de terraplén, afloramiento de humedad, grietas finas), estos problemas nunca se han podido resolver al 100%.

El gobierno municipal nunca deja de trabajar en las reparaciones de las calles ya que el pavimento se deteriora muy rápido, esto se debe a algunos factores, como lo son: la calidad de los materiales utilizados en la elaboración de la estructura, las condiciones de drenaje deficiente, encharcamiento, humedad, o la mala supervisión con respecto al mantenimiento de las calles (reparación de las fallas) principalmente.

Debido a la problemática que se presenta en las calles de la ciudad, con respecto a los distintos tipos de fallas que se visualizan en la estructura de pavimento, se evaluarán los agregados pétreos de la estructura de pavimento, en las calles Guerrero, entre las calles Miguel Alemán y California, Jalisco y Paseo Miravalle entre las calles 200 y 300. Surge la inquietud de evaluar los agregados mediante las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y así poder determinar si la causa de los problemas del pavimento es debido a la calidad de los agregados que se emplearon para la elaboración de la estructura de pavimentación.

La calle Guerrero es considerada una de las más utilizadas por el automovilista, debido a que es una calle que atraviesa la ciudad de oriente a poniente y una de las que se encuentran en mejor estado (ver figura 1.1.1) comparándola con las demás calles de la ciudad. Esta calle se está estudiando para hacer una comparación contra las calles Jalisco y Paseo Miravalle, ya que estas últimas se encuentran mas deterioradas que la calle Guerrero, esto se hace en base al estado actual que presenta cada una de las calles.

Como se mencionó anteriormente la calle Paseo Miravalle y la calle Jalisco, actualmente presentan un estado muy desfavorable para el automovilista (ver figura 1.1.2 y figura 1.1.3), ya que el uso de estas calles es de gran importancia, por que son muy transitadas por las personas que habitan en las colonias al sureste de la ciudad y en el futuro podría ser mas grave el problema, debido que la ciudad lleva un crecimiento muy acelerado hacia esa zona. El surgimiento de las fallas en el pavimento se ha presentado desde hace varios años atrás. Estas calles comunican varias colonias de la zona sur de la ciudad y debido al estado actual de las calles, se presentan demasiados problemas de tránsito vehicular, y esto ocasiona una pérdida de tiempo al transitar por estas calles, por que aumenta los tiempos de recorrido y también se dañan las partes de los automóviles.



Figura 1.1.1 Estado actual de la calle Guerrero

Con este estudio se puede tener una mejor visión a la problemática del estado actual que guarda la estructura del pavimento, ya que los agregados son parte fundamental de la estructura y también depende de ellos la resistencia del pavimento. Los resultados de este estudio se podrán utilizar como una alternativa para la solución de las fallas futuras del pavimento, esta alternativa puede ser utilizada por el departamento de Desarrollo Urbano en Cd. Obregón, Sonora.



Figura 1.1.2 Estado actual de la calle Paseo Miravalle



Figura 1.1.3 Estado actual de la calle Jalisco

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Día a día, en el país se presentan casos de deficiencias en las estructuras de pavimentos, estas deficiencias se hacen notar en la superficie del pavimento como desprendimientos (baches, desprendimientos de agregados, desprendimiento de sello, etc.), deformaciones (corrugaciones) y Roturas (agrietamiento piel de cocodrilo, agrietamiento en zig-zag, etc.). Una causa de estas irregularidades en el pavimento son debidas al uso de materiales inadecuado en sus propiedades mecánicas, para la estructura de pavimento flexible o rígidos, esto quiere decir que muchas de las veces el constructor que requiere de los materiales para la estructura del pavimento, desconoce si en realidad los materiales que está solicitando cumplen con las especificaciones mínimas de calidad, ya que el constructor no realiza las pruebas necesarias para determinar su calidad. Es por eso que nace la necesidad de evaluar los agregados pétreos utilizados en la elaboración de la estructura de pavimentación.

Se evaluarán los agregados pétreos de la estructura del pavimento, en las calles: Guerrero, entre las calles Miguel Alemán y California. Jalisco y Paseo Miravalle entre las calles 200 y 300. Apegado a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y así poder determinar si la causa de los problemas del pavimento es debido a la calidad de los agregados que se emplearon para la elaboración de la estructura de pavimentación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se plantea un estudio en el cual se pretende evaluar los agregados pétreos de la estructura del pavimento, con el objeto de analizarlos y tratar de determinar si es la causa de los problemas que presenta el pavimento.

Con esta evaluación se puede tener una mejor visión a la problemática de los daños de la estructura, así como posibles soluciones que podrían tomar las dependencias encargadas de la pavimentación aquí en Cd. Obregón, Sonora.

Se obtendrán beneficios para toda la población ya que se podría controlar la problemática de las fallas y los automóviles no tendrían daños por causa de los deterioros del pavimento.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento actual del pavimento de las calles Guerrero, Jalisco y Paseo Miravalle.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Analizar la situación que guarda la estructura del pavimento (tipos de fallas).

2.- Realizar un estudio de tránsito

3.- Analizar el estado actual de los agregados pétreos mediante muestreos de las capas que componen la estructura de pavimento de las calles en estudio y realizar pruebas de laboratorio a los materiales muestreados a la estructura de pavimento para cada calle en estudio, según especificaciones mínimas de calidad de la SCT.

4.- Determinar como influye la calidad de los agregados pétreos en el comportamiento actual del pavimento.

1.5 HIPOTESIS

La situación que guarda las calles en estudio, se debe a la deficiente calidad de los agregados utilizados en la estructura de pavimentación, a la intensidad de tránsito vehicular, su tiempo de operación y bajo nivel de conservación.

1.6 DELIMITACIONES

Este estudio se realizará en las calles Guerrero (entre las calles Miguel Alemán y California), Jalisco y Paseo Miravalle en el tramo entre las calles Rodolfo Elías Calles (200) y 300 de Cd. Obregón, Sonora. En dichas calles se realizará la evaluación de los agregados pétreos.

Se analizará la calidad de los agregados pétreos utilizados para la elaboración del pavimento de las calles en estudio, utilizando las especificaciones mínimas de calidad que edita la SCT, conjuntamente con un estudio de tránsito vehicular y levantamiento de deterioros que guarda la estructura actual para responder al objetivo planteado.

Una parte muy importante para la realización de cualquier trabajo de investigación es la recolección y análisis de datos suficientes. La disposición de los datos básicos adecuados es esencial en cualquier estudio, y aquí no es una excepción.

El análisis del material en estudio se llevará a cabo en el laboratorio de Ingeniería civil del Instituto Tecnológico de Sonora.

CAPITULO II

II.- MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Para poder empezar a construir una obra de ingeniería, es necesario conocer y saber que es lo que se pretende realizar. Es necesario investigar las condiciones de los materiales que se van a emplear para la realización de la obra, para saber si se esta utilizando el material adecuado y establecer la calidad que requieren los materiales. La realización de una obra de ingeniería, depende mucho del proceso de elaboración y de la supervisión de la misma.

El diseño de una estructura de pavimento (carpeta, base y sub-base), es la parte fundamental para la elaboración de la obra, mientras que por otro lado, el proceso de elaboración y la supervisión de la obra, son dos pasos muy

importantes para llevar acabo una obra. La predicción de los daños, es la tarea más difícil del proyectista.

Se define como pavimento al conjunto de capas: carpeta, base y sub-base (ver Figura 2.1.1), de materiales seleccionados, que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona también la superficie de rodamiento, en donde se debe tener una operación rápida y cómoda.(1)

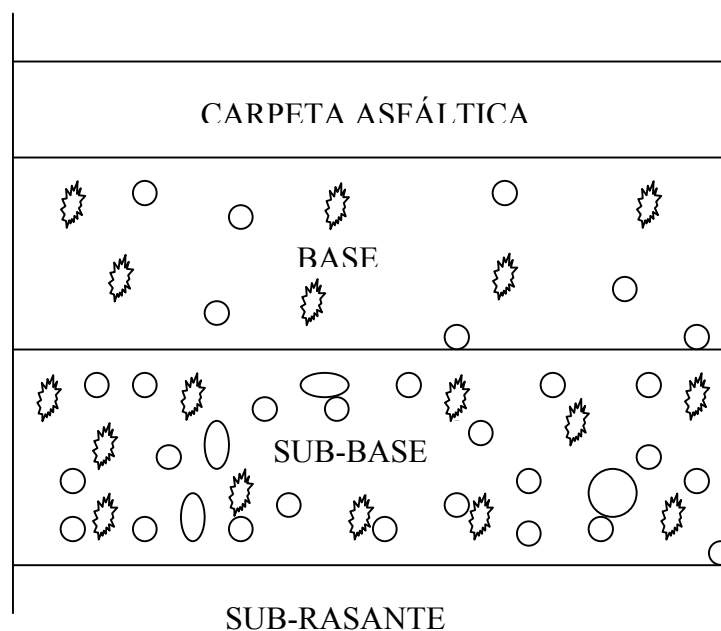


Figura 2.1.1 Estructura de un pavimento flexible

La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos y que se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos.

Las capas de bases y sub-bases son las capas inferiores de la estructura de un pavimento, tienen finalidades y características semejantes; sin embargo, las segundas pueden ser de menor calidad. Las funciones de estas capas son:

(1) Estructuración de vías Terrestres, Fernando Olivera Bustamante.

- a).- Transmitir y recibir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).
- b).- Transmitir estas cargas, adecuadamente distribuidas, a las tercerías.
- c).- Impedir que la humedad de las tercerías ascienda por capilaridad.
- d).- En caso de introducirse agua por la parte superior, permitir que el líquido descienda hasta la capa sub-rasante, de donde se desaloja al exterior por el efecto de bombeo o la sobre elevación.

2.2 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PETREOS DE UN PAVIMENTO

De acuerdo con las teorías de esfuerzos y las medidas de campo que se realizan, los materiales con que se constituyen los pavimentos deben tener calidad suficiente para resistir. Por lo mismo, las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que recibirán, aunque el pavimento también transmite los esfuerzos a las capas inferiores y los distribuye de manera conveniente, con el fin de que estas lo resistan.

La clasificación de los agregados empleados para la elaboración de la estructura de pavimento, tienen una función muy importante para el buen funcionamiento del pavimento, ya que si el agregado no se clasificó para que cumpliera con los requisitos de diseño, la calidad del pavimento será pobre y por supuesto la durabilidad del pavimento será mucho menor a la esperada debido a que se presentarán muchas deformaciones, desprendimientos y roturas.

La calidad del pavimento, debe estar íntimamente relacionada con los materiales que se utilizaron en la elaboración de las capas inferiores; es decir, tanto los esfuerzos debidos al tránsito como la calidad de las terracerías, influyen en la estructuración del pavimento. Así, con estos dos parámetros el ingeniero debe estructurar el pavimento; para hacer esto, usará los materiales regionales y con ellos resolverá los diferentes problemas que se le presenten, en la forma más

económica posible. Como se ha indicado, el pavimento proporciona la superficie de rodamiento para que los vehículos transiten con “rapidez” y “comodidad”. Estas dos últimas cualidades se colocan entre comillas por que son relativas y dependen principalmente del tipo de camino.(2)

Los materiales pétreos que se utilizan para la construcción de la estructura de pavimentación, son suelos inertes provenientes de ríos o arroyos, de depósitos naturales denominados minas o de rocas, los suelos por lo general requieren cribado y triturado para utilizarse.

Las características mas importantes que deben tener a satisfacción los materiales pétreos para carpetas asfálticas son granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto. La granulometría es de mucha importancia y debe satisfacer las normas correspondientes, pues como los materiales pétreos se cubren por completo con el asfalto, si la granulometría cambia, también cambia la superficie a cubrir. Ya que la superficie por revestir resulta mas afectada al aumentar o disminuir los finos que cuando hay un cambio en las partículas gruesas, las especificaciones toleran mas los cambios en estas que en aquellos.

Los materiales con que se pueden construir las bases o sub-bases de pavimento son gravas, arenas de río, depósitos (aglomerados), materiales ligeros o fuertemente cementados (conglomerado), o roca masiva. Cuando los materiales finos son de baja plasticidad se comportan muy bien en estas capas.

2.3 TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las fallas que nos encontramos en las calles, por lo general son desprendimientos (baches, desprendimiento de agregado y pulido de superficie),

(2) Vías de Comunicación, Carlos Crespo

deformaciones (corrugaciones) y roturas (agrietamiento piel de cocodrilo, agrietamiento en zig-zag, grieta transversal, agrietamiento longitudinal, agrietamiento longitudinal en hombros de terraplén, grietas finas), estas fallas son las mas comunes en un pavimento.

Los Baches, son oquedades de varios tamaños en la capa de rodamiento por desprendimiento o desintegración inicial. Desprendimiento inicial de los agregados que al paso de los vehículos van formando oquedades.

Los Desprendimiento de agregados, son pequeñas depresiones en forma de cráter, por separación de agregados gruesos de la carpeta asfáltica, dejando huecos en la superficie de rodamiento.

El pulido de superficie, es el desgaste acelerado que se presenta en la superficie de la capa de rodamiento produciendo áreas lisas.

Las Ondulaciones Transversales (Corrugaciones), se presentan en la carpeta asfáltica en el sentido perpendicular al eje del camino que contienen en forma regular crestas y valles alternados, regularmente con separación menor a 60 cm. entre ellas.

El Agrietamiento parabólico, se presenta en forma de grietas con forma de parábola o de media luna que se forman en la carpeta asfáltica en la dirección del tránsito.

La Grieta Errática o en Zig-Zag, es un agrietamiento en desorden de la carpeta asfáltica, siguiendo patrones longitudinales en forma errática o de zig-zag.

Las Grietas Finas, son pequeñas fisuras superficiales muy próxima la una con la otra, ya que no conforman un patrón regular y se extienden a cierta profundidad, pero no al espesor total de la carpeta.

El Agrietamiento Piel de Cocodrilo, se presenta en forma de fisuras en la superficie de la carpeta asfáltica, formando un patrón regular con polígonos hasta de 20 cm. Grietas interconectadas formando pequeños polígonos que asemejan la piel de un cocodrilo.

La Grieta Transversal, es un agrietamiento de la carpeta que sigue un patrón transversal o perpendicular al eje del camino.

El Agrietamiento Longitudinal, es una fisura o grieta paralela al eje del camino o en muchos casos sobre el eje del camino.

El Agrietamiento Longitudinal en Hombros del Terraplén, son líneas de rotura producidas en los bordes de la carretera paralelas al eje de la misma. (3)

2.4 FACTORES QUE PROVOCAN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS

El control de calidad de los agregados, es uno de los problemas a los que se enfrenta el constructor al no realizar las pruebas adecuadas o no tener conocimiento del control de calidad de los materiales de banco.

La problemática de los encharcamientos en las calles, se presenta por la

(3) Catálogos de deterioros en pavimentos flexibles de la SCT

deficiencia de drenaje superficial para las corrientes de agua que corren por la calle, este problema, también da pie a que el pavimento se humedezca y pierda resistencia, y comience a deformarse por las presiones hidrostáticas por el efecto del tránsito.

La conservación es un factor muy importante para el mantenimiento de los pavimentos de las calles, ya que si no se realiza un buen proceso de reparación, estos vuelven a presentarse.

Las condiciones climáticas de la región intervienen en forma significativa en el comportamiento de la estructura del pavimento, ya que los cambios bruscos de temperatura hace que los materiales sufran expansiones y contracciones, esto provoca rompimientos de la estructura de pavimento lo que causa deterioros.

El control de tránsito vehicular es un factor muy importante para la conservación del pavimento, ya que estos intervienen de forma directa sobre éste.

2.4 PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS AGREGADOS PÉTREOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

2.5.1 PARA LA CAPA SUPERIOR (CARPETA)

El propósito de la realización de estas pruebas, es con el fin de conocer la calidad de los agregados pétreos a través de su granulometría y el contenido de asfalto que contiene la carpeta.

2.5.1.1 LAVADO DE CARPETA (ROTAREX).

Esta prueba se realiza con el propósito de obtener el porcentaje de asfalto y verificar la granulometría de la carpeta que se esta analizando. Para obtener estos resultados, se debe utilizar un método de lavado de carpeta (ROTAREX).

Los resultados de esta prueba se comparan con los datos estipulados por las normas de la SCT, para determinar si la granulometría que se obtuvo se encuentra dentro de los límites de las normas, mientras que para el contenido de asfalto, se realizará una comparación del porcentaje de asfalto obtenido con respecto al de las especificaciones de la SCT.

2.5.2 PARA LAS CAPAS INFERIORES (BASE Y SUB-BASE)

La finalidad de realizar estas pruebas, es con el propósito de conocer la calidad de los agregados pétreos.

2.5.2.1 PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO (Norma SCT 6.01.01.002-J.03)

El peso volumétrico seco del suelo es el peso de las partículas sólidas del suelo, contenidas en la unidad de volumen considerando los huecos que existen en ellas.

La prueba da una idea general respecto a la calidad de los suelos, esta calidad es determinada al comparar los resultados de la prueba con los de las normas de la SCT. El peso volumétrico esta en función de la granulometría y de la densidad de las partículas de suelo, siendo mayor en los suelos granulares bien graduados, de alta densidad. Es de utilidad, también, para conocer en forma aproximada la dificultad o facilidad que presenta un suelo para compactarse.

2.5.2.2 DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO RELATIVO (Norma SCT 6.01.01.002-G02)

Se define como peso específico o densidad de un suelo la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen que desalojan. El valor de la densidad, queda expresado por un número abstracto, además de servir para fines de clasificación, interviene en la mayor parte de los cálculos de la mecánica de suelos.

2.5.2.3 GRANULOMETRÍA (Norma SCT 6.01.01.002-H.02)

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

Es de poca utilidad en suelos finos, pero permite formar una idea aproximada sobre algunas de las propiedades de los suelos gruesos. El análisis por mallas se concreta a segregar el suelo mediante una serie de mallas que definen el tamaño de las partículas.

Esta prueba nos permite conocer los diferentes tamaños de los agregados, así poder clasificar el tipo de material que se tiene y la zona donde se encuentra con respecto a la clasificación del material estipulado en las normas de la SCT.

2.5.2.4 PRUEBA DE ABSORCIÓN (Norma SCT 6.01.01.002-G.02)

Esta prueba se realiza para determinar la cantidad de agua que penetra en sus partículas cuando se les deje sumergidos en agua a una temperatura de 15 – 25°C durante 24 horas y se expresa en porciento con relación al peso seco del

material. La calidad de esta prueba se determina haciendo una comparación de los resultados obtenidos de la prueba con respecto a los estipulados en las normas por la SCT.

2.5.2.5 LÍMITES DE CONSISTENCIA

Las propiedades de un suelo formado por partículas finalmente divididas, como una arcilla no estructurada dependen en gran parte de la humedad. El agua forma una partícula alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante de comportamientos diferentes del material. Cuando el contenido de agua es muy elevado, en realidad se tiene una suspensión muy concentrada, sin resistencia estática, esfuerzo cortante; al perder agua, va aumentando la resistencia hasta alcanzar un estado plástico que el material es fácilmente moldeable; si el secado continúa, el suelo llega a adquirir las características de un sólido, pudiendo resistir esfuerzos de compresión y tensión considerable. La calidad de estas pruebas se determina haciendo una comparación de los resultados obtenidos de la prueba con respecto a los estipulados en las normas por la SCT.

2.5.2.5.1 LÍMITE LÍQUIDO (Norma BS 1377)

Es la humedad correspondiente al límite entre el estado semilíquido y plástico, en esta condición el material tiene una resistencia mínima al esfuerzo cortante de 25 gr. por cm^2 .

2.5.2.5.2 LÍMITE PLÁSTICO (Norma SCT 6.01.01.002-I.04)

Lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo, de aproximadamente 3.2 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa no absorbente, que puede ser una placa de vidrio.

2.5.2.6 CONTRACCIÓN LINEAL (Norma SCT 6.01.01.002-I.06)

La contracción lineal se define como el porcentaje de contracción, con respecto a la dimensión original, que sufre una barra de suelo de 2 cm. X 2 cm. X 10 cm. al secarse en un horno a 100-110 °C, desde una humedad equivalente a la humedad del límite líquido hasta el límite de contracción. Los resultados de esta prueba se comparan con los datos estipulados por las normas de la SCT, esto se hace para determinar en que zona se clasifica el material y de que calidad es el material que se está analizando.

2.5.2.7 VALOR CEMENTANTE (Norma SCT)

Esta prueba tiene por objeto determinar el poder de cementación de un suelo fino o de la fracción que pasa la malla #4 de un suelo granular compacto y seco. El valor cementante es una función de la forma y acomodo de las partículas de suelo y de su rugosidad, de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos que tienen relación con la composición química del suelo. Es factor primordial para prevenir el comportamiento de los suelos que forman el pavimento de un camino, principalmente en el caso de sub-bases abiertas al tránsito que no tienen protección. Es de desearse que en todos los casos, los suelos que forman la estructura del pavimento tengan un cierto valor cementante. Hay que tomar en consideración, sin embargo, que un valor cementante alto puede ser debido a exceso de arcilla, condición que es poco deseable. Los resultados de esta prueba se comparan con los datos estipulados por las normas de la SCT, para determinar en que zona se clasifica el material y de que calidad es el material que se está analizando.

2.5.2.8 EQUIVALENTE DE ARENA (Norma SCT)

Se pretende que esta prueba sirva como un método rápido de campo, para investigar la presencia o ausencia de finos activos, que pueden ser perjudiciales para los agregados pétreos dentro de la estructura de un pavimento. Esta prueba se realiza para comparar los resultados obtenidos con los estipulados en las normas de la SCT. y así poder determinar la calidad del material que se esta analizando.

2.5.2.9 VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS) (Norma SCT 6.01.01.002-N.05)

El objeto de esta prueba es determinar la calidad de los suelos a cuanto a valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado periodo o saturación. . Los resultados de esta prueba se comparan con los datos estipulados por las normas de la SCT, esto se hace para determinar en que zona se clasifica y de que calidad es el material que se esta analizando.

CAPITULO III

III METODOLOGÍA

La metodología se utilizó como una herramienta por el investigador para llevar un orden del proceso de elaboración de los pasos que se siguen en una investigación, con el fin de facilitar el desarrollo de la investigación. Para ello se deberán considerar los siguientes aspectos:

- | | |
|--|--|
| a) Información previa del tramo en estudio | d) Muestreo de Las Capas del Pavimento |
| b) Estudio de Tránsito | e) Preparación de las Muestras |
| c) Levantamiento de Deterioros | f) Pruebas de Laboratorio |

3.1 INFORMACIÓN PREVIA DEL TRAMO EN ESTUDIO

Los datos investigados de las calles, fueron de gran relevancia ya que nos dieron un panorama amplio a cerca del tipo del material que se utilizó para el diseño del pavimento.

Para la obtención de datos históricos se recurrió a la persona encargada del departamento de bacheo del H. Ayuntamiento de Cajeme, por medio de una entrevista directa se obtuvo la información necesaria para empezar la investigación.

3.2 ESTUDIO DE TRÁNSITO

El conocimiento de las características del tránsito que utiliza un camino en operación, convirtiéndose en el principal elemento que se debe tomar en cuenta, ya que el transporte terrestre es el que transmite directamente los esfuerzos de carga al pavimento.

3.2.1 COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

También fue necesario conocer la cantidad de vehículos de los diferentes tipos que circulan por las carreteras, los cuales se pueden dividir en grupos para facilitar los cálculos, observando la corriente del tránsito se conocieron los tipos de vehículos a estudiar.

a) Peso de los vehículos cargados y vacíos

Fue necesario conocer los pesos cargados y vacíos de los vehículos, principalmente de los vehículos de carga.

b) Número y posición de ejes y llantas

Los vehículos de carga pueden estar compuestos por una unidad de tracción, una caja y un remolque, cada uno conteniendo varios ejes en diferentes combinaciones y con una o dos llantas; así, se tienen ejes sencillos con ruedas sencillas, ejes con ruedas sencillas o dobles y ejes triples con ruedas dobles.

La importancia de conocer el tipo de vehículo, sus pesos y la posición y numero de ejes y ruedas, es la de poder estudiar la magnitud de los esfuerzos en la estructura vial y proyectar adecuadamente la sección transversal.

3.2.2 MUESTREO DE TRÁNSITO

Para conocer la cantidad de vehículos que usan parte o la totalidad del camino, se realizan aforos, es decir se cuenta en forma directa el tránsito, ya sea por operarios o por contadores mecánicos, el método que se utilizó fue el de conteo directo por observación.

Para el tramo de cada calle en estudio, se realizó un aforo que consistió de 2 horas diarias, dos días entre semana(martes y jueves) y el fin de semana (sábado y domingo) ; considerándose una hora de máxima demanda (13:00 – 14:00 pm.) y otra hora de mínima demanda (9:00 – 10:00 AM.).

3.2.3 CLASIFICACIÓN VEHICULAR

La clasificación vehicular se llevó acabo con el apoyo del estudio de tránsito que se realizó, para determinar el porcentaje de cada tipo de vehículo que circula por las calles en estudio.

3.2.4 OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO SEMANAL (T.D.P.S.).

Para los días de la semana, se consideraron 16 horas de tránsito significativo y para el fin de semana 14 horas. Para obtener el T.D.P.S. se dividió el tránsito total entre las horas muestreadas por las horas de tránsito efectivo.

3.3 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

Este levantamiento se llevó acabo con el propósito de recaudar información del estado en que se encuentran las calles en estudio, y darnos cuenta de la severidad de los tipos de deterioros que se presentan en cada calle.

Para poder clasificar e identificar los tipos de fallas que se encuentran en los pavimentos de las calles en estudio, fue necesario tomar fotografías a los distintos tipos de fallas. Se utilizó el catálogo de deterioros en pavimentos flexibles del instituto mexicano del transporte (IMT) para identificar y conocer su posible causa .

Los datos obtenidos de este levantamiento, se utilizarán para calificar la severidad de los deterioros dependiendo de su magnitud y frecuencia de la siguiente manera: Muy ligera (1), Ligera (2), Moderada (3), Severa (4), Muy severa (5).

3.4 MUESTREO DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

El equipo que se utilizará para el muestreo de la carpeta asfáltica, será una maquina extractora de corazones. Esta máquina funciona de una manera muy sencilla, la cual consta de un motor, una broca hueca (2" y 4" de Diámetro), al

estar extrayendo la muestra se tiene que estar enfriando la broca con agua para estar bajando la temperatura de calentamiento. (ver Figura 3.4.1)



Figura 3.4.1 Máquina extractora de corazones

Para realizar este muestreo, primeramente se determinarán los puntos donde se realizó el muestreo, estos puntos serán determinados a cada 500 metros de distancia uno de otro, ya determinados los puntos para el muestreo en el tramo de cada calle, se procederá a la perforación del pavimento a una profundidad igual a la de la carpeta asfáltica, se extraerán varias porciones representativas de material de pavimento de cada calle en estudio.

El material de las muestras extraídas se utilizará para realizar las pruebas de laboratorio correspondientes a la carpeta, mientras que para obtener el material para las pruebas de laboratorio a realizarse al material de las capas de base y sub-base, será necesario excavar en el pavimento con el uso de un talacho y una pala, después de que se obtenga todo el material suficiente de cada capa

del pavimento, se tomarán sus espesores, luego se procederá a reparar los lugares donde se realizaron las perforaciones y las excavaciones con material adecuado.

3.5 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

3.5.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CARPETA

Esta preparación, esta comprendida por las operaciones de cepillado y secado de carpeta.

3.5.1.1 CEPILLADO

El cepillado de carpeta, se realizara con el uso de agua y un cepillo de fierro, este tiene la finalidad de desalojar las partículas de suelo que se encuentran adheridas a la muestra de la carpeta. Este cepillado se deberá realizar con cuidado, tratando de no romper o desprender los agregados de la pastilla de carpeta.

3.5.1.2 SECADO (Norma SCT 6.01.01.002-D.02)

El secado tiene por objeto facilitar la disgregación y manejo de las muestras, este podrá ser al sol o en el horno.

El secado que se le realiza a la pastilla de carpeta, este se lleva a cabo con el fin de desalojar o quitar la humedad que pudo haber adquirido la pastilla en su lavado, este secado será al sol.

3.5.2 PREPARACION DE LAS MUESTRAS DE BASE Y SUB-BASE

La preparación de las muestras alteradas de base y sub-base, comprende las operaciones de secado, disgregación y cuarteo.

3.5.2.1 SECADO (Norma SCT 6.01.01.002-D.02)

Para el material de las capas inferiores (Base y Sub-Base), en el primer caso se extiende la muestra en las charolas o sobre una superficie sensiblemente horizontal, lisa y limpia, para que sea fácil recogerla y evitar la pérdida de finos. Cuando se use el horno, deberá controlarse la temperatura de tal modo que esta sea del orden de sesenta grados centígrados (60°). En ambos casos se revuelve periódicamente el material para lograr un secado más rápido y uniforme hasta reducir su humedad hasta un grado que permita su fácil disgregación.

3.5.2.2 DISGREGACIÓN (Norma SCT 6.01.01.002-D.03)

La disgregación tiene por objeto separar las diferentes partículas que constituyen la muestra cuando esta tiene grumos. La disgregación de la muestra deberá efectuarse sin tratar de romper las partículas duras, llevándose a un grado tal que permita obtener materiales apropiados para las pruebas de laboratorio correspondientes.

3.5.2.3 CUARTEO (Norma SCT 6.01.01.002-D.04)

El cuarteo tiene por objeto obtener de una muestra porciones representativas de tamaño adecuado para efectuar las pruebas de laboratorio que se requieran.

Formando un cono con la muestra para seleccionarlo por cuadrantes; para esto se revuelve primero todo el material hasta que presente un aspecto homogéneo, traspaleando en un lugar a otro unas 4 veces sobre una superficie sensiblemente horizontal, lisa y limpia. Se procederá después a formar el cono, permitiendo que dicho material por si solo busque su acomodo y procurando que a la vez que su distribución se haga uniformemente, enseguida dicho cono se dividirá y se separará en cuadrantes por medio de una regla. Se mezclará el material de dos cuadrantes opuestos, y con este, en caso de ser necesario se repite el procedimiento anterior sucesivamente hasta obtener la muestra del tamaño requerido. Se deberá tener cuidado de no perder el material fino en cada operación de cuarteo.

3.6 PRUEBAS DE LABORATORIO A REALIZAR A LAS MUESTRAS

3.6.1 PRUEBAS APLICADAS A LA CARPETA

Estas pruebas se realizaron con el propósito de analizar la granulometría de los agregados y el porcentaje (%) de asfalto de la carpeta asfáltica de las calles en estudio.

3.6.1.1 LAVADO DE CARPETA (ROTAREX)

Esta prueba se realizó con el propósito de obtener el porcentaje de asfalto y la granulometría de la carpeta que se está analizando. Para obtener estos resultados, se debe utilizar un método de lavado de carpeta (ROTAREX). Figura 3.6.1.1



Figura 3.6.1.1 Máquina de Rotarex

3.6.2 PRUEBAS APLICADAS A LA BASE Y SUB-BASE

La realización de estas pruebas, se hace con el fin de determinar la calidad de los agregados pétreos.

3.6.2.1 PESO VOLUMÉTRICO SECO Y SUELTO (Norma SCT 6.01.01.002-J.03)

El peso volumétrico seco del suelo es el peso de las partículas sólidas del suelo, contenidas en una unidad de volumen considerando los huecos que existen en ellas.

La prueba nos da una idea general respecto a la calidad de los suelos. El peso volumétrico esta en función de la granulometría y de la densidad de las

partículas de suelo, siendo mayor en los suelos granulares bien graduados, de alta densidad. Es de utilidad, también, para conocer en forma aproximada la facilidad o dificultad que presenta un suelo para compactarse.

El material que se empleó para esta prueba debe ser material de la muestra seca ya parcialmente disgregada.

Para esta prueba se utilizaron los instrumentos que a continuación se enlistan: ver la figura 3.6.2.1.1

- * Recipiente cilíndrico
- * Cucharón
- * Regla



Figura 3.6.2.1.1 Peso volumétrico

3.6.2.2 DENSIDAD O PESO ESPECÍFICO RELATIVO (Norma SCT 6.01.01.002-G.02)

Se define como peso específico o densidad de un suelo a la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen que desalojan. El valor de la densidad, queda expresado por un número abstracto, además de servir para fines de clasificación, interviene en la mayor parte de los cálculos de la mecánica de suelos.

El material que se empleó para esta prueba debe ser mayor de 3/8 “, y las fórmulas para calcular son las siguientes:

Agua absorbida = (peso húmedo del material) / (peso seco del material)

Densidad = (Peso del material seco) / (volumen de agua desalojado)

Los instrumentos utilizados son los que se enlistan: ver la figura 3.6.2.1.2

- Picnómetro
- Charolas
- Probeta graduada
- Horno
- Bascula de precisión



Figura 3.6.2.1.2 Prueba de densidad y absorción

3.6.2.3 GRANULOMETRÍA (Norma SCT 6.01.01.002-H.02)

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

La prueba de granulometría de un material se hace para determinar el porcentaje en peso, de las partículas de diferentes tamaños que lo forman.

Para el cálculo se debe conocer; el peso retenido parcial en gramos, el por ciento parcial, el por ciento retenido acumulado y finalmente el por ciento que pasa cada malla.

Peso retenido parcial = Peso de material que retiene cada malla.

% retenido parcial = $(\Sigma \text{ peso retenido parcial}) / (\text{peso retenido de material en cada malla})$.

% retenido acumulado = Σ de material entre mallas

% que pasa la malla = % retenido acumulado – 100%

Los instrumentos de laboratorio (ver figura 3.6.2.1.3) para ejecutar esta prueba son los que se mencionan a continuación:

- Mallas 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", 1/4", No. 4, No. 10, No. 20, No. 40, No. 60, No. 100, No. 200.
- Charolas
- Cucharón
- Bascula



Figura 3.6.2.1.3 Equipo para determinar granulometría

3.6.2.4 ABSORCIÓN (Norma SCT 6.01.01.002-G.02)

Esta prueba se realiza para determinar la cantidad de agua que penetra en sus partículas cuando se les deje sumergidos en agua a una temperatura de 15 – 25°C durante 24 horas y se expresa en por ciento con relación al peso seco del material.

El material que se empleó para esta prueba debe ser mayor de 3/8 “, y las formulas para calcular son las siguientes:

Agua absorbida = 8 peso húmedo del material) / (peso seco del material)

Absorción = { (Agua absorbida) / (Peso del material seco) } x 100

Los instrumentos utilizados son los que se enlistan:

- Picnómetro
- Charolas
- Probeta graduada
- Horno
- Bascula de precisión

3.6.2.5 LÍMITES DE CONSISTENCIA

Las propiedades de un suelo formado por partículas finamente divididas, como una arcilla no estructurada dependen en gran parte de la humedad. El agua forma una película alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante de comportamientos diferentes del material. Cuando el contenido de agua es muy elevado, en realidad se tiene una suspensión muy concentrada, sin resistencia estática esfuerzo cortante; al perder agua, va aumentando la resistencia hasta alcanzar un estado plástico que el material es fácilmente moldeable; si el secado

continua, el suelo llega a adquirir las características de un sólido, pudiendo resistir esfuerzos de compresión y tensión considerable.

3.6.2.5.1 LÍMITE LÍQUIDO (Norma BS 1377).

Es la humedad correspondiente al límite entre el estado semilíquido y plástico, en esta condición el material tiene una resistencia mínima al esfuerzo cortante de 25 gr. por cm². Para la obtención del límite líquido, se toma material cribado por la malla No. 40, para después agregar cierto contenido de agua y proseguir para luego hacer cuatro o mas penetraciones en milímetros utilizando el penetrómetro y se grafica contra el por ciento de humedad, calculado de la diferencia del peso húmedo y peso seco, esto dividido entre el peso seco. El límite líquido es aquel que indique la grafica para una penetración de 20 milímetros

$$\% \text{ Humedad} = (\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso seco}$$

$$\text{Limite liquido (L.L)} = \text{penetración}_{20\text{mm}}$$

Para esta prueba se utilizaron los instrumentos que a continuación se enlistan:
ver figura 3.6.2.1.4

- | | |
|-------------------------|------------|
| * Penetrómetro | * Horno |
| * Cápsulas de porcelana | * Espátula |
| * Bascula de precisión | |

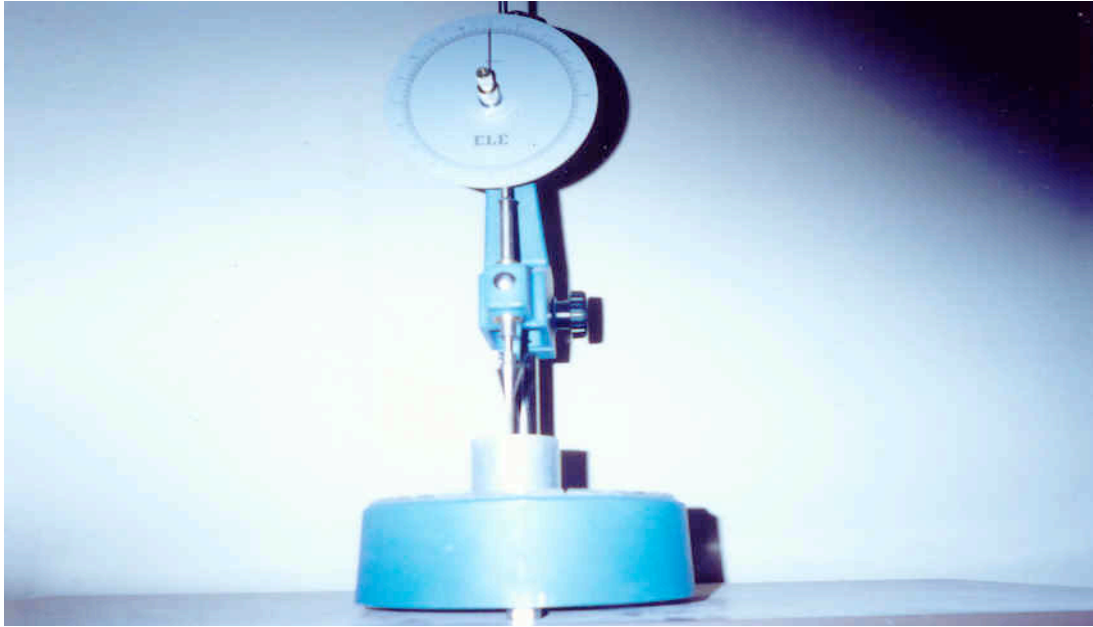


Figura 3.6.2.1.4 Penetrómetro

3.6.2.5.2 LÍMITE PLÁSTICO (Norma SCT 6.01.01.002-I.04).

Para esta prueba, se elaboran rollitos de material, inicialmente en el límite líquido, que se rolan por medio de un vidrio pequeño, levantando 3 mm, sobre otro vidrio base de mayores dimensiones, se dice el material esta en un límite plástico cuando los rollitos empiezan a agrietarse, este punto queda a juicio del laboratorista, por lo cual tiene una amplia variabilidad que influye en la obtención del índice plástico.

Límite plástico (L.P.) = Promedio de las muestras del % humedad

Índice plástico (I.P.) = L.L. - L.P

Los instrumentos utilizados para la realización de esta prueba son los siguientes: (Ver figura 3.6.2.1.5)

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| * Vidrios para rolar material | * Horno |
| * Cápsulas de porcelana | * Bascula de precisión |



Figura 3.6.2.1.5 Equipo para realizar límites de consistencia

3.6.2.6 CONTRACCIÓN LINEAL (Norma SCT 6.01.01.002-I.06)

La contracción lineal se define como el por ciento de contracción, con respecto a la dimensión original, que sufre una barra de suelo de 2 cm. X 2 cm. X 10 cm. al secarse en un horno a 100-110° C, desde una humedad equivalente a la humedad del límite líquido hasta el límite de contracción. Esta prueba es también una medida de la plasticidad de la porción de los materiales que pasa la malla No. 40. Para obtener la contracción lineal se sigue la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Contracción lineal} = \{ (\text{Longitud Inicial} - \text{longitud Final}) / (\text{Longitud Inicial}) \} \times 100$$

Los instrumentos que se utilizan son los que a continuación se mencionan:
(ver figura 3.6.2.1.5)

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| * Moldes para contracción lineal | * Charola |
| * Vernier | * Horno con temperatura controlable |

3.6.2.7 VALOR CEMENTANTE (Norma SCT)

Esta prueba tiene por objeto determinar el poder de cementación de un suelo fino o de la fracción que pasa la malla #4 de un suelo granular compacto y seco. El valor cementante es una función de la forma y acomodo de las partículas de suelo y de su rugosidad, de la plasticidad de los finos y de otros fenómenos que tienen relación con la composición química del suelo. Es factor primordial para prever el comportamiento de los suelos que forman el pavimento de un camino, principalmente en el caso de sub-bases abiertas al tránsito que no tienen protección. Es de desearse que en todos los casos, los suelos que forman la estructura del pavimento tengan un cierto valor cementante. Hay que tomar en consideración, sin embargo, que un valor cementante alto puede ser debido a exceso de arcilla, condición que es poco deseable.

Con esta prueba se determinó el poder de cementación de un suelo fino o de la fracción que pasa por la malla No.4 de un suelo granular compacto y seco.

Para la realización de esta prueba, se tendrán en cuenta los instrumentos y fórmulas a utilizar.

Los instrumentos son los siguientes: (ver figura 3.6.2.1.5)

- * Moldes de lámina de sección cuadrada de 76 mm de lado y 100 mm de altura.
- * Una placa metálica de sección ligeramente menor que la del molde.
- * Una varilla metálica con peso de 900 gramos para producir impactos.
- * Una varilla Num. 4.
- * Probetas graduadas
- * Charolas
- * Cucharón
- * Máquina de compresión
- * Horno con temperatura controlable.



Figura 3.6.2.1.6 Equipo para valor cementante

Para obtener el valor cementante se deben obtener los siguientes datos:

- * Área de cada molde en cm^2
- * Carga de compresión en Kg.
- * Esfuerzo de compresión en Kg./cm^2

$\text{Esfuerzo de compresión} = (\text{Carga de compresión}) / (\text{Área del molde})$

$\text{Valor cementante} = \text{Promedio de los Esfuerzos de compresión de cada molde}$

3.6.2.8 EQUIVALENTE DE ARENA (Norma SCT)

Se pretende que esta prueba sirva como un método rápido de campo, para investigar la presencia o ausencia de finos activos, que pueden ser perjudiciales para los agregados pétreos dentro de la estructura de un pavimento.

Esta prueba servirá como un método rápido de campo, para investigar la presencia o ausencia de finos activos.

El equivalente de arena se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura hasta el nivel superior de la arena}}{\text{Lectura total hasta el nivel superior de la arcilla}} \times 100$$

Los instrumentos (ver figura 3.6.2.1.7) que se requieren son los que se mencionan:

- * Un cilindro transparente de plástico, graduado con diámetro interior de 31.75 mm.
- * Un tubo irrigador con un diámetro interior de 6.35 mm.
- * Una botella con capacidad de 4 litros con un diámetro de sifón.
- * Un tramo de manguera de hule con un diámetro de 4.76 mm.
- * Un pizon debidamente tarado de aproximadamente un kilogramo.
- * Cápsulas
- * Embudo de boca ancha.
- * Solución concentrada compuesta de: cloruro de calcio, glicerina, formaldehído y agua.



Figura 3.6.2.1.7 Equipo para equivalente de arena

3.6.2.9 VALOR RELATIVO DE SOPORTE (Norma SCT 6.01.01.002-N.05)

El objeto de esta prueba es determinar la calidad de los suelos en cuanto a valor de soporte se refiere, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujeto a un determinado periodo o saturación.

Este valor se define como la relación de las resistencias en porcentaje, del material en estudio y de un material estándar, a ser penetrados por un cilindro metálico de 19.35 cm² de sección. Para calcular el VRS se ocupan los siguientes datos; aplicación, tiempo en minutos, penetraciones en milímetros y las cargas registradas en cada aplicación dadas en kilogramos. La formula para calcular el VRS es la siguiente.

$$\text{VRS} = \{ (\text{carga para penetración de 2.54 mm.}) / (1360 \text{ Kg.}) \} \times 100$$

Los instrumentos que se utilizaron : (ver figura 3.6.2.1.8)

- * Molde cilíndrico de compactación
- * Vernier
- * Pilas para sumergir molde
- * Aparato de carga
- * Deformímetros
- * Placa circular para compactar
- * Placa circular perforada
- * Cilindro de acero para penetración
- * Malla No. 4
- * Bascula
- * Cápsulas de porcelana
- * Horno
- * Probeta graduada
- * Papel



Figura 3.6.2.1.8 Prensa

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Este capítulo contiene toda la información obtenida como resultado de la investigación a las tres calles en estudio de Cd. Obregón.

4.1 INFORMACIÓN PREVIA

Las calles Paseo Miravalle, Jalisco y la Guerrero, fueron construidas en diferentes años y por diferentes constructoras, como se menciona a continuación:

La calle Paseo Miravalle fue construida por la constructora ICONSA en el año de 1978, construida con una estructura de pavimentación, conformada por una sub-base de 15 cm., una base de 15 cm. Y una carpeta asfáltica de 5 cm. Esta calle es de dos sentidos y es considerada una calle primaria. Siempre se la ha dado una conservación de bacheo. En 1999 se realizó la primera reconstrucción, se le dio un perfilado de concreto asfáltico, en los tramos de la Lázaro Mercado a la calle valle del yaqui y de la Lázaro mercado a la calle 200, estos tramos están comprendidos en el tramo entre la calle 200 y la calle 300.

La calle Jalisco, fue construida en 1962. La estructura de pavimento de esta calle, esta constituida por una capa de sub-base con un espesor de 20 cm., una capa de base con un espesor de 20 cm. y una carpeta de 5 cm. de espesor de concreto asfáltico. Esta calle es de dos sentidos y es considerada como una calle primaria. Hasta 1999, se realizaron reconstrucciones de perfilado de concreto asfáltico de la calle 200 hasta la calle Alberto Gutiérrez y de la calle Valle Belem hasta la Miguel Cajem. El drenaje con el que cuenta esta calle, es un drenaje superficial, mientras que por otro lado, las pendientes son +- 2 al millar hablando longitudinalmente y transversalmente si cumple con el 2 % mínimo de bombeo.

La calle Guerrero fue construida por la constructora México en el año de 1966. El pavimento de esta calle cuenta con una estructura que esta constituida por una capa sub-rasante de 20 cm., una capa de sub-base de 15 cm. y una base negra de 10 cm. Esta calle es de dos sentidos y esta considerada como una calle primaria. Se le ha dado mantenimiento mediante la conservación de bacheo, también se le han hecho varias reconstrucciones, la primera reconstrucción que se le hizo a esta calle, fue en el año de 1989,

cuando se llevó a cabo un removimiento de carpeta desde la calle tabasco hasta la calle california, para el año de 1991 fue la segunda reconstrucción, esta fue un removimiento de carpeta para elaborar una carpeta de 5 cm., fue en el año del 2001, cuando se llevó a cabo la tercera reconstrucción, realizándose una sustitución de base y carpeta, para construir una base de 15 cm. Y una carpeta de 5 cm. Para el año del 2002, en el mes de enero se aplicó un riego de sello desde la calle Miguel Alemán hasta la calle Coahuila.

4.2 ESTUDIO DE TRÁNSITO

Con el resultado del estudio de transito, nos dimos cuenta que el mayor número de vehículos que circulan por las calles en estudio, en su mayoría son vehículos del tipo A-2 (Automóviles y Camionetas con peso menor de 2 toneladas) y B-2 (Autobuses de 2 ejes con un peso de 15.5 toneladas). (ver tabla 4.2.2.1, tabla 4.2.2.2, tabla 4.2.2.3)

4.2.1 Composición del tránsito

TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	PESO TOTAL	CARGA POR EJE (TON)	
			DELANTERO	TRASERO
A – 2	Automóviles y camionetas	2.0	1.0	1.0
A' – 2	Camiones ligeros	5.5	1.7	3.8
B – 2	Autobuses dos ejes	15.5	5.5	10.0
C – 2	Camiones dos ejes	15.5	5.5	10.0
C – 3	Camiones tres ejes	23.5	5.5	18.0

TABLA 4.2.1.1 Composición del transito

4.2.2 Muestreo de tránsito

Para el tramo de cada calle en estudio, se realizó un aforo que consistió en 2 horas diarias, dos días entre semana(martes y jueves) y el fin de semana (sábado y domingo) ; considerándose una hora de máxima demanda (13:00 – 14:00 pm.) y otra hora de mínima demanda (9:00 – 10:00 AM.).

Los datos obtenidos se muestran en las tablas: TABLA 4.2.2.1, TABLA 4.2.2.2, TABLA 4.2.2.3.

TIPO DE VEHICULO	MUESTREO VEHICULAR HORARIO		TOTAL
	9:00 -- 10:00	13:00--14:00	
MARTES (Febrero / 04 / 2003)			
A - 2	220	418	638
A' - 2	4	1	5
B - 2	47	44	91
C - 2	13	9	22
C - 3	5	3	8
JUEVES(Febrero / 06 / 2003)			
A - 2	260	446	706
A' - 2	2	1	3
B - 2	45	53	98
C - 2	17	21	38
C - 3	1	2	3
SABADO(Febrero / 08 / 2003)			
A - 2	275	308	583
A' - 2	2	4	6
B - 2	47	45	92
C - 2	20	16	36
C - 3	3	0	3
DOMINGO(Febrero / 09 / 2003)			
A - 2	552	578	1130
A' - 2	2	4	6
B - 2	46	41	87
C - 2	26	17	43
C - 3	2	0	2

TABLA 4.2.2.1 Muestreo de tránsito de la calle Paseo Miravalle entre 200 y 300

4.2.3 Clasificación vehicular

De los datos obtenidos en el muestreo vehicular se elaboran las siguientes tablas (tablas 4.2.3.1, 4.2.3.2, 4.2.3.3) que nos permiten conocer los porcentajes de cada tipo de vehículo que circula por los distintos tramos de las calles en estudio.

TIPO DE VEHICULO	MUESTREO VEHICULAR HORARIO		TOTAL
	9:00 -- 10:00	13:00--14:00	
MARTES(Febrero / 11 / 2003)			
A - 2	353	578	931
A' - 2	3	1	4
B - 2	48	50	98
C - 2	21	26	47
C - 3	8	10	18
JUEVES(Febrero / 13 / 2003)			
A - 2	427	647	1074
A' - 2	1	3	4
B - 2	43	52	95
C - 2	21	34	55
C - 3	2	10	12
SABADO(Febrero / 15 / 2003)			
A - 2	423	567	990
A' - 2	2	1	3
B - 2	44	47	91
C - 2	18	33	51
C - 3	6	6	12
DOMINGO(Febrero / 16 / 2003)			
A - 2	687	798	1485
A' - 2	2	3	5
B - 2	51	45	96
C - 2	48	31	79
C - 3	5	2	7

TABLA 4.2.2.2 Muestreo de tránsito de la calle Jalisco entre 200 y 300

TIPO DE VEHICULO	MUESTREO VEHICULAR HORARIO		TOTAL
	9:00 -- 10:00	13:00--14:00	
MARTES(Febrero / 18 / 2003)			
A - 2	1029	1441	2470
A' - 2	4	3	7
B - 2	46	55	101
C - 2	28	38	66
C - 3	0	0	0
JUEVES(Febrero / 20 / 2003)			
A - 2	1004	1546	2550
A' - 2	2	3	5
B - 2	56	56	112
C - 2	18	36	54
C - 3	0	0	0
SABADO(Febrero / 22 / 2003)			
A - 2	1018	1421	2439
A' - 2	5	3	8
B - 2	65	48	113
C - 2	17	28	45
C - 3	0	0	0
DOMINGO(Febrero / 23 / 2003)			
A - 2	346	588	934
A' - 2	4	2	6
B - 2	41	50	91
C - 2	10	31	41
C - 3	0	0	0

TABLA 4.2.2.3 Muestreo de tránsito de la calle Guerrero entre California y Guerrero

TIPO DE VEHICULO	NUMERO DE VEHICULOS					% DE VEHIC.
	MARTES	JUEVES	SABADO	DOMINGO	TOTAL	
A – 2	638	706	583	1130	3057	84.910
A' – 2	5	3	6	6	20	0.550
B – 2	91	98	92	87	368	10.220
C – 2	22	38	36	43	139	3.860
C – 3	8	3	3	2	16	0.440
SUMA	764	848	720	1268	3600	100%

TABLA 4.2.3.1 Clasificación vehicular de la calle Paseo Miravalle

TIPO DE VEHICULO	NUMERO DE VEHICULOS					% DE VEHIC.
	MARTES	JUEVES	SABADO	DOMINGO	TOTAL	
A – 2	931	1074	990	1485	4480	86.87
A' - 2	4	4	3	5	16	0.31
B – 2	98	95	91	96	380	7.36
C – 2	47	55	51	79	232	4.49
C – 3	18	12	12	7	49	0.95
SUMA	1098	1240	1147	1672	5157	100%

TABLA 4.2.3.2 Clasificación vehicular de la calle Jalisco

TIPO DE VEHICULO	NUMERO DE VEHICULOS					% DE VEHIC.
	MARTES	JUEVES	SABADO	DOMINGO	TOTAL	
A – 2	2470	2550	2439	934	8393	93.069
A' - 2	7	5	8	6	26	0.288
B – 2	101	112	113	91	417	4.624
C – 2	66	54	45	41	206	2.284
C – 3	0	0	0	0	0	0
SUMA	2644	2721	2605	1072	9042	100%

TABLA 4.2.3.3 Clasificación vehicular de la calle Guerrero

4.2.4 Obtención del tránsito diario promedio semanal

$$TD = (\text{total de vehic.}) / (\text{hrs. Muestreadas}) \times (\text{hrs. De transito efectivo})$$

TRÁNSITO DIARIO	CANT. POR HORAS SIGNIFICATIVAS	T.D.
T.D. (Martes)	(764/2) X 16	6112
T.D. (Jueves)	(848/2) X 16	6784
T.D. (Sábado)	(720/2) X 14	5040
T.D. (Domingo)	(1268/2) X 14	8876
	SUMA	26812
	T.D.P.S.	6703

TABLA 4.2.4.1 Obtención del tránsito diario promedio semanal de la calle
Paseo Miravalle

$$TD = (\text{total de vehic.}) / (\text{hrs. Muestreadas}) \times (\text{hrs. De transito efectivo})$$

TRÁNSITO DIARIO	CANT. POR HORAS SIGNIFICATIVAS	T.D.
T.D. (Martes)	(1098/2) X 16	8784
T.D. (Jueves)	(1240/2) X 16	9920
T.D. (Sábado)	(1147/2) X 14	8029
T.D. (Domingo)	(1672/2) X 14	11704
	SUMA	38473
	T.D.P.S.	9609

TABLA 4.2.4.2 Obtención del tránsito diario promedio semanal de la calle
Jalisco

$$TD = (\text{total de vehic.}) / (\text{hrs. Muestreadas}) \times (\text{hrs. De transito efectivo})$$

TRÁNSITO DIARIO	CANT. POR HORAS SIGNIFICATIVAS	T.D.
T.D. (Martes)	(2644/2) X 16	21152
T.D. (Jueves)	(2721/2) X 16	21768
T.D. (Sábado)	(2605/2) X 14	18235
T.D. (Domingo)	(1072/2) X 14	7504
	SUMA	68659
	T.D.P.S.	17164

TABLA 4.2.4.3 Obtención del tránsito diario promedio semanal de la calle
Guerrero

4.3 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

Con el apoyo de los resultados del levantamiento de deterioros en las calles en estudio, se encontraron los diferentes tipos de fallas que a continuación se mencionan con respecto a su severidad. (ver tabla 4.3.1)

Los tipos de fallas más comunes que se encuentran en las calles en estudio, se presentan en galería de fotos. (ver Apéndice D)

TIPOS DE FALLAS QUE SE PRESENTAN EN EL PAVIMENTO	Paseo Miravalle	Jalisco	Guerrero
Baches	4	5	
Desprendimiento de Agregado	3	3	2
Pulido de superficie	2	3	3
Corrugaciones	2	5	
Agrietamiento Parabólico	3	4	
Grieta en zig – zag	3	3	
Grieta Finas	4	5	1
Agrietamiento Piel de cocodrilo	3	4	
Grieta Transversal	2	2	
Agrietamiento Longitudinal	2	3	1
Contaminación de Agregados	1	2	

Tabla 4.3.1 Clasificación de los tipos de fallas con respecto a su severidad

4.3.1 Calle Paseo Miravalle y Jalisco

El estado actual en que se encuentra el pavimento de estas calle, es debido a la presencia en su mayoría de baches, desprendimiento de agregados, desprendimiento de sello, corrugaciones, roderas, agrietamiento piel de cocodrilo, agrietamiento en zig-zag, agrietamiento parabólico, agrietamiento transversal y agrietamiento longitudinal . Estas calles se encuentran en un estado muy deteriorado para la circulación vehicular.

Lo que mas se observa en estas calles es la presencia de baches, estos ocasionan al automóvil muchos daños, por lo que el automovilista tiene que transitar a una muy baja velocidad y esto ocasiona una pérdida de tiempo al transitar por esta calle, debido al estado actual que presenta el pavimento. El estado en que se encuentra el pavimento de la calle Miravalle se puede observar en la figura 1.1.2 y de la calle Jalisco se puede observar en la figura 1.1.3 y su evaluación en la tabla 4.3.1. Por otro lado las pendientes para drenaje con el que cuentan las calles Paseo Miravalle y Jalisco son mínimas en todo el tramo.

4.3.2 Calle Guerrero

El estado actual que presenta la calle Guerrero, es un poco más favorable debido a una menor presencia de deterioros que se presentan en el pavimento, como son en su mayoría: Pulido de superficie, Desprendimiento de sello, grietas finas y Agrietamiento longitudinal en hombros del pavimento, los tipos de fallas que se presentan en la calle Guerrero, no presenta un problema de contratiempo para el automovilista que utiliza esta calle. El estado en que se encuentra el pavimento se puede observar en la figura 1.1.1 y su evaluación en la tabla 4.3.1

4.4 MUESTREO DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

El muestreo fue realizado con una máquina extractora de corazones de carpeta (ver figura 3.4.1), este fue realizado a las calles en estudio, nos sirvió para darnos cuenta en que condiciones se encuentra el material pétreo que se empleó para la elaboración del pavimento. Con este material extraído de cada capa del pavimento se realizaron las pruebas correspondientes al material de cada calle.

Al realizar el muestreo en las calles Paseo Miravalle, Jalisco y Guerrero, nos dimos cuenta que las capas de base y sub-base no se distinguía entre una capa y otra, ya que se observó que se trataba de un mismo material para las dos capas con un espesor de 25 cm, 30 cm y 40 cm respectivamente, mientras que los espesores de la carpeta son de 6 cm, 7 cm y 6 cm para cada calle mencionada.

4.5 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Al obtener los resultados de las pruebas de laboratorio, se analizan y se comparan contra las normas y especificaciones establecidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, definiendo así, la calidad de los agregados pétreos de cada calle en estudio de cd. Obregón.

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas de laboratorio, realizadas a las tres calles en estudio de Cd. Obregón. Para una mayor comprensión a cerca de la obtención de los resultados de cada calle, ver lo siguiente:

4.5.1 Calle Paseo Miravalle

Los resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de esta calle, se presentan de forma resumida en la tabla 4.5.1.1 para el material de carpeta y en la tabla 4.5.1.2 para el material de base y sub-base. En el apéndice A se muestra la memoria de cálculo de cada una de las pruebas efectuadas.

Los resultados de la comparación de las pruebas de laboratorio del material extraído y las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y

transportes (S.C.T), dió como resultado una calidad de terracería para esta calle (ver tabla 4.5.1.3)

Clasificación de los materiales de la calle Paseo Miravalle (SUCS)
(GM) Arenas Arcillosas; Mezcla de Arena y Arcilla

4.5.1 Calle Jalisco

Los resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de esta calle, se presentan de forma resumida en la tabla 4.5.2.1 para el material de carpeta y en la tabla 4.5.2.2 para el material de base y sub-base. En el apéndice B se muestra la memoria de cálculo de cada una de las pruebas.


Los resultados de la comparación de las pruebas de laboratorio del material extraído y las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T), dió como resultado una calidad de terracería para esta calle (ver tabla 4.5.2.3).

Clasificación de los materiales de la calle Jalisco (SUCS)
(GC) Grava Limosa; Mezcla de Grava, Arena y Limo

4.5.2 Calle Guerrero

Los resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa del pavimento de esta calle, se presentan de forma resumida en la tabla 4.5.3.1 para el material de carpeta y en la tabla 4.5.3.2 para el material de base y sub-base. En el apéndice C se muestra la memoria de cálculo de cada una de las pruebas.

MUESTREO No:	1
PROCEDENCIA:	Calle Paseo Miravalle
TRAMO:	Entre la calle 200 y la calle 300
FECHA:	18 de Marzo de
INFORME:	2002

MALLA No.	% que pasa malla	
No. 10	46.00	
No. 20	38.79	
No. 40	26.89	
No. 60	17.20	
No. 100	12.90	
No. 200	3.55	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 463.12 gr
Peso de los filtros { Fi = 17.3 gr , Ff = 18.1 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 0.8 gr.		
Contenido de asfalto = 36.88 gr		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 463.12) / 463.12] X 100 = 7.963 %

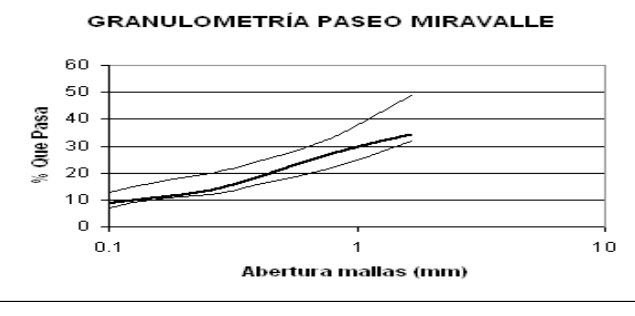
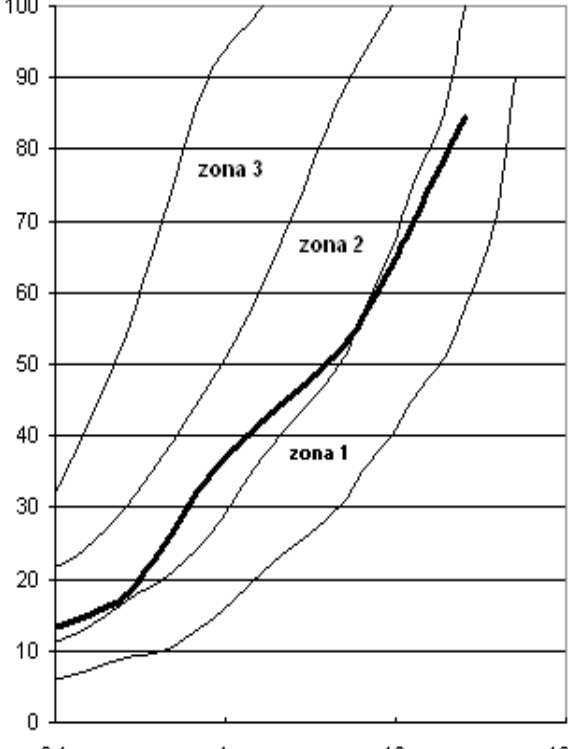
MALLA No.	% que pasa malla	
No. 10	34.26	
No. 20	27.3	
No. 40	19.14	
No. 60	13.64	
No. 100	10.61	
No. 200	6.91	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 473.80 gr
Peso de los filtros { Fi = 18.2 gr , Ff = 18.8 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 0.6 gr.		
Contenido de asfalto = 26.20 gr		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 473.8) / 473.8] X 100 = 5.53%

TABLA 4.5.1.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Paseo Miravalle.

MUESTREO No: 1	
PROCEDENCIA: Calle Paseo Miravalle	
TRAMO: Entre la calle 200 y la calle 300	
FECHA INFORME 18 de Marzo de 2002	
-	
Peso vol. Suelto kg/m ³ 1,627.9 kg/m ³	
Humedad Óptima 13.50%	
MALLA No.	% que pasa malla
2"	100.00
1 1/2"	100.00
1"	84.50
3/4"	78.70
3/8"	63.62
No. 4	51.86
No. 10	42.18
No. 20	34.20
No. 40	24.33
No. 60	17.71
No. 100	14.70
No. 200	12.38
V.R.S (Estándar) %	85.67
% Expansión	0.99
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"	
Absorción	1.59%
Densidad	2.65
Valor cementante	7.98 kg/cm ²
Equivalente en arena	14.08%

GRANULOMETRÍA PASEO MIRAVALLE			
% Que Pasa			
	zona 3		
	zona 2		
	zona 1		
	0.1		
	1		
	10		
	100		
	Abertura mallas (mm)		

PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40			
Límite líquido	32.00%	Índice plástico	13.52%
Límite plástico	18.48%	Contracción lineal	7.03%
Clasificación:	(GM) Gravas Limosas; Mezcla de Grava, Arena y Limo		
Calidad:	Terracería		

TABLA 4.5.1.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de base y sub-base del pavimento de la calle Paseo Miravalle.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES DE LA SCT			RESULTADOS DEL MATERIAL EN ESTUDIO
	ZONA 2			
	BASE	SUB-BASE	TERRACERÍAS	
Límite Líquido, en por ciento	30 max.	30 max.	100 max.	32.00%
Contracción lineal, en por ciento	3.5 max.	4.5 max.		5.48%
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en kg/cm2	4.5 min.	4.5 min.		7.98
Valor relativo de soporte estandar saturado, en por ciento	80 min.	50 min.	10 min.	85.67%
Equivalente de arena en por ciento	30 min.	20 min.		14.08%
Expansión, en por ciento			3 max.	0.99%

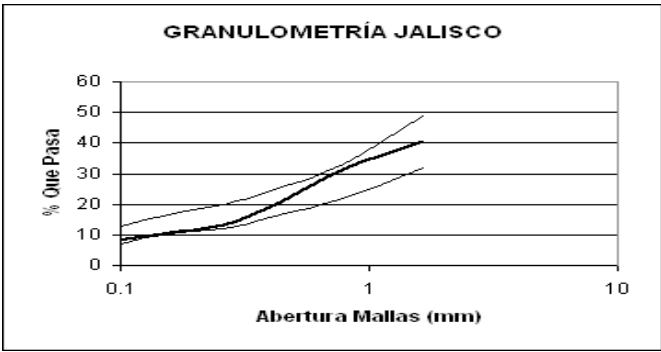
TABLA 4.5.1.3 Comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio contra las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T). de la calle Paseo Miravalle

Los resultados de la comparación de las pruebas de laboratorio del material extraído y las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T), dió como resultado una calidad de sub-base para esta calle (ver tabla 4.5.3.3).

Clasificación de los materiales de la calle Guerrero (SUCS)

(GW, GM) Grava Arcillosa; Mezcla de Grava, Arena y Arcilla

MUESTREO No:	2
PROCEDENCIA:	Calle Jalisco
TRAMO:	Entre la calle 200 y la calle 300
FECHA:	22 de Marzo de
INFORME	2002

MALLA No.	% que pasa malla	
No. 10	40.37	
No. 20	31.25	
No. 40	19.73	
No. 60	13.44	
No. 100	10.33	
No. 200	6.79	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 462.5 gr
Peso de los filtros { Fi = 12.2 gr , Ff = 15.9 gr }		Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 3.7 gr.
Contenido de asfalto = 37.50 gr		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 462.50) / 462.50] X 100 = 8.10 %

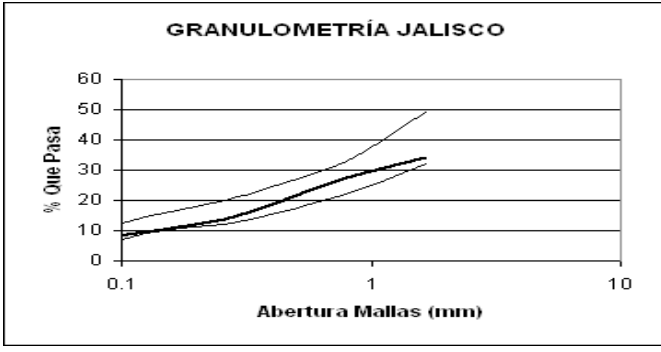
MALLA No.	% que pasa malla	
No. 10	34.26	
No. 20	27.30	
No. 40	19.14	
No. 60	13.65	
No. 100	10.62	
No. 200	6.94	
Muestra de material de carpeta (F1) = 516 gr		Contenido de agregado (F2) = 455.40 gr
Peso de los filtros { Fi = 10.9 gr , Ff = 14.2 gr }		Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 3.3 gr.
Contenido de asfalto = 60.60 gr		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 455.40) / 455.40] X 100 = 13.30 %

TABLA 4.5.2.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Jalisco.

MUESTREO No: 2			
PROCEDENCIA: Calle Jalisco			
TRAMO: Entre la calle 200 y la calle 300			
FECHA		22 de Marzo de	
INFORME		2002	-
Peso vol. Suelto kg/m ³		1,795.6 kg/m ³	
Humedad Óptima		13.22%	
MALLA No.	% que pasa malla		
2"	100.00		
1 1/2"	100.00		
1"	95.24		
3/4"	87.68		
3/8"	67.59		
No. 4	48.56		
No. 10	37.02		
No. 20	30.92		
No. 40	25.13		
No. 60	22.26		
No. 100	19.85		
No. 200	15.02		
V.R.S (Estándar) %		90.44	
% Expansión		1.86	
<p style="text-align: center;">GRAHULOMETRÍA JALISCO</p>			
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"		PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40	
Absorción	3.48%	Límite líquido	29.00%
		Índice plástico	3.08%
Densidad	2.17	Límite plástico	25.92%
		Contracción lineal	6.63%
Valor cementante	10.26 kg/cm ²	Clasificación: (GC) Grava Arcillosa; Mezcla de Grava, Arena y Limo	
Equivalente en arena	15.84%	Calidad: Terracería	

TABLA 4.5.2.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de base y sub-base del pavimento de la calle Jalisco.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES DE LA SCT			RESULTADOS DEL MATERIAL EN ESTUDIO
	ZONA 2			
	BASE	SUB-BASE	TERRACERÍAS	
Límite Líquido, en por ciento	30 max.	30 max.	100 max.	29.00%
Contracción lineal, en por ciento	3.5 max.	4.5 max.		4.80%
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en kg/cm2	4.5 min.	4.5 min.		10.26
Valor relativo de soporte estandar saturado, en por ciento	80 min.	50 min.	10 min.	90.44%
Equivalente de arena en por ciento	30 min.	20 min.		15.84%
Expansión, en por ciento			3 max.	1.86%

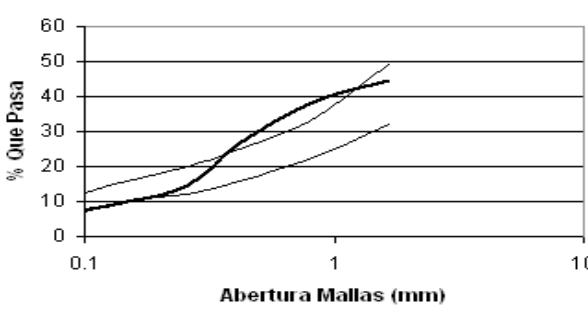
TABLA 4.5.2.3 Comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio contra las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T). de la calle Jalisco.

Los resultados de la comparación de las pruebas de laboratorio del material extraído y las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T), dió como resultado una calidad de sub-base para esta calle (ver tabla 4.5.3.3).

Clasificación de los materiales de la calle Guerrero (SUCS)

(GW, GM) Grava Arcillosa; Mezcla de Grava, Arena y Arcilla

MUESTREO No:	3
PROCEDENCIA:	Calle Guerrero
TRAMO:	Entre la calle Miguel Alemán y California
FECHA	30 de Marzo de
INFORME	2002

MALLA No.	% que pasa malla	<p>GRANULOMETRÍA GUERRERO</p> 
No. 10	44.56	
No. 20	37.83	
No. 40	26.62	
No. 60	14.79	
No. 100	10.08	
No. 200	5.72	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 470.60 gr
Peso de los filtros { Fi = 8.9 gr , Ff = 10.9 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 2 gr.		
Contenido de asfalto = 29.40 gr		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 470.60) / 470.60] X 100 = 6.24 %

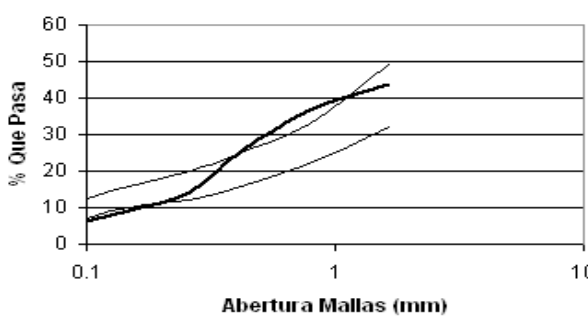
MALLA No.	% que pasa malla	<p>GRANULOMETRÍA GUERRERO</p> 
No. 10	43.94	
No. 20	36.81	
No. 40	25.48	
No. 60	14.11	
No. 100	9.25	
No. 200	4.78	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		gr
Peso de los filtros { Fi = 13.70 gr , Ff = 15 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 1.3 gr.		
Contenido de asfalto = 16.60 gr		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 483.40) / 483.40] X 100 = 3.43 %

TABLA 4.5.3.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Guerrero.

MUESTREO No: 3			
PROCEDENCIA: Calle Guerrero			
TRAMO: Entre la calle Miguel Alemán y California			
FECHA	30 de Marzo de		
INFORME	2002		
Peso vol. Suelto kg/m ³	1,669.7 kg/m ³		
Humedad Óptima	7.09%		
MALLA No.	% que pasa malla		
2"	93.07		
1 1/2"	81.84		
1"	73.46		
3/4"	69.38		
3/8"	55.38		
No. 4	43.99		
No. 10	36.24		
No. 20	30.43		
No. 40	22.51		
No. 60	15.13		
No. 100	10.94		
No. 200	8.39		
V.R.S (Estándar) %	109.19%		
% Expansión	1.28%		
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"			
Absorción	1.13%		
Densidad	2.78		
Valor cementante	8.39 kg/cm ²		
Equivalente en arena	26.98%		
PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40			
Límite líquido	28.8%	Índice plástico	0.00%
Límite plástico	No tiene	Contracción lineal	2.31%
Clasificación:	(GW-GM) Grava Limosa bien graduada; Mezcla Grava, Arena y Limo		
Calidad:	Sub-base		

GRAIULOMETRÍA GUERRERO

Abertura mallas (mm)	% Que Pasa (Test)	zon a 1 (%)	zon a 2 (%)	zon a 3 (%)
0.075	10.94	5	10	20
0.15	15	10	15	30
0.3	20	15	20	45
0.6	25	20	25	60
1.18	30.43	25	30	75
2.5	36.24	30	35	85
5.0	43.99	35	40	90
10.0	55.38	40	50	95
20.0	69.38	50	65	98
47.5	93.07	65	80	99

TABLA 4.5.3.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de base y sub-base del pavimento de la calle Guerrero.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES DE LA SCT			RESULTADOS DEL MATERIAL EN ESTUDIO
	ZONA 2			
	BASE	SUB-BASE	TERRACERÍAS	
Límite Líquido, en por ciento	30 max.	30 max.	100 max.	28.80%
Contracción lineal, en por ciento	3.5 max.	4.5 max.		2.31%
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en kg/cm2	4.5 min.	4.5 min.		8.39
Valor relativo de soporte estandar saturado, en por ciento	80 min.	50 min.	10 min.	109.19%
Equivalente de arena en por ciento	30 min.	20 min.		26.98%
Expansión, en por ciento			3 max.	1.28%

TABLA 4.5.3.3 Comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio contra las especificaciones de la secretaría de comunicaciones y transportes (S.C.T). de la calle Guerrero.

CAPITULO V

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este último capítulo abarca todo aquello que la investigación persigue y que trata en forma clara de dar a conocer las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

5.1.- Conclusiones.

La realización de esta investigación, se llevó a cabo para evaluar los agregados de dichas calles en estudio tomando en cuenta su tránsito vehicular,

darnos cuenta si realmente el deterioro de las calles se debe a la calidad del agregado que se empleó.

El tipo de vehículo que transita con mayor frecuencia en las calles en estudio, es el tipo A-2 (Automóviles cerrados y Camionetas con peso menor de dos toneladas), las características de este tipo de vehículo son las que intervienen mas significativamente en el estado en que se encuentran los pavimentos de las calles en estudio. Con el resultado de este estudio de tránsito en ambos sentidos realizado en las calles en estudio, nos dimos cuenta que el tránsito diario que se obtuvo resultó ser mayor de 1000 vehículos pesados al día.

Con los resultados obtenidos en el levantamiento de deterioros, nos damos cuenta que los deterioros que se presentan en las calles Paseo Miravalle y Jalisco en su mayoría son, baches, desprendimiento de agregados, corrugaciones, agrietamiento piel de cocodrilo, esto es debido a la mala calidad de los materiales pétreos de las capas de base y sub-base, porque no cumplen con las pruebas de equivalente de arena y contracción lineal.

Mientras que por otro lado en la calle Guerrero, nos damos cuenta que en su mayoría se presentan Pulido de superficie, desprendimiento de agregado, agrietamiento longitudinal y grietas finas. Este tipo de deterioros es debido a la mala calidad de los materiales pétreos de la carpeta asfáltica por que no cumple la granulometría de sus agregados.

La investigación nos dió a conocer los siguientes resultados: Los resultados de las pruebas del material extraído de capa de base y sub-base de la calle Paseo Miravalle, fue determinado como material de terracería, debido a que el material no cumple con la contracción lineal para este tipo de capas, el resultado de la

prueba está mas cercano al de especificación mínima de sub-base, el valor cementante y el valor relativo de soporte (VRS) si cumple para una base y sub-base, mientras que el equivalente en arena no cumple. Con respecto a las pruebas de laboratorio de la carpeta, nos encontramos que el pavimento que se encuentra si cumple con las especificaciones de granulometría y contenido de asfalto.

La causa principal de la presencia de los distintos tipos de deterioros de la calle es debido a la presencia de finos plásticos que se contraen y se expanden con la presencia de humedad, esto nos provoca el mal funcionamiento de la estructura del pavimento aunado a un alto volumen de tránsito, mal drenaje y pobre conservación oportuna. Por otro lado el agregado pétreo de la carpeta es de buena calidad debido a que cumple con las normas de calidad con buen contenido de cemento asfáltico para darle un buen comportamiento, lo que hace que los deterioros no sean mas graves.

Siguiendo con los resultados obtenidos de la calle Jalisco se determinó que el material muestreado en su capa de base y sub-base, es un material de **terracería**, ya que este no cumple con la contracción lineal y el equivalente en arena mínimo para una base o sub-base, mientras que el límite líquido, el valor cementante y el valor relativo de soporte si cumplen. El principal deterioro de esta calle es debido a la presencia de finos plásticos que se contraen y se expanden con la presencia de humedad, aunado a un alto volumen de tránsito, mal drenaje y pobre conservación oportuna, esto nos provoca el mal funcionamiento de la estructura del pavimento. Por otro lado la carpeta resultó ser de buena calidad, debido a que si cumple con las especificaciones de granulometría y el contenido de asfalto.

Cabe mencionar que el VRS (Valor Relativo de Soporte) cumple con especificaciones para base y sub-base presentando un valor alto, lo que hace que los deterioros no sean mas graves.

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio de la calle Guerrero, cumplieron los requisitos los materiales pétreos empleados para una **SUB-BASE** en pavimento flexible con respecto a los datos de las especificaciones de las normas de la SCT., con una clasificación de (GW-GM) Grava limosa bien graduada (mezcla de grava, arena y limo). mientras que la carpeta resultó ser de buena calidad, debido que si cumple con las especificaciones de granulometría y contenido de asfalto. Esto hace que el pavimento tenga un comportamiento mas satisfactorio en relación a las otras calles estudiadas, a pesar de que la calle Guerrero tiene un mayor volumen de tránsito.

Finalmente se pudo evaluar como la calidad de los agregados influye significativamente en el comportamiento del pavimento.

5.2 RECOMENDACIONES

Para evitar los problemas que se identificaron en este trabajo:

1. Se le debe dar mucha importancia al control de calidad de los materiales para la realización de la obra y verificar que los materiales que se utilicen cumplan con las especificaciones mínimas de proyecto o algún reglamento.
2. El constructor deberá realizar un adecuado proceso de construcción como indica el proyecto.
3. Tomar en cuenta el tránsito futuro o reordenamiento del tránsito en el diseño del pavimento.

-
-
4. Finalmente esta investigación puede considerarse como una guía de apoyo para tomar adecuadas decisiones en el diseño, construcción, reconstrucción y conservación de los pavimentos de la ciudad. Además se puede ampliar utilizando la Viga de Benckelman para deflexiones en la estructura.

BIBLIOGRAFÍA

SCT. "Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipo y sistemas" Tomo 2, parte 6.01-título 6.01.03, México 1991.

SCT. "Instructivo para efectuar pruebas en suelos" Vol. 1, Ed. Progreso S.A., Mex. 1996

SCT. "Instructiva para efectuar pruebas en materiales de pavimentación" Vol. 2, Ed. Progreso S.A., México 1996.

Crespo Villalaz Carlos, "Mecánica de suelos y cimentaciones" 1^{ra} Ed. Fonte S.A. México 1976.

Crespo Villalaz Carlos, "Vías de Comunicación", 1^{ra}. Ed. Limusa, S.A. de C.V., México 1976.

Fernando Olivera Bustamante, "Estructuración de Vías Terrestres" , 1^{ra} Ed. Continental S.A. de C.V., México 1986.

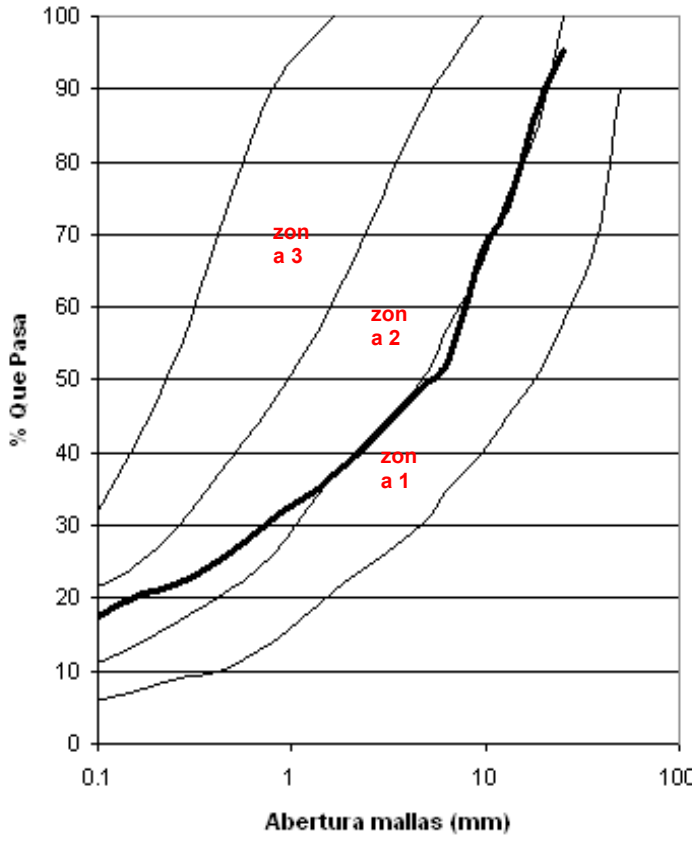
IMT "Instituto Mexicano del Transporte", publicación técnica No. 21, Querétaro, Querétaro. 1991.

MUESTERO No. : 1			
PROCEDENCIA: Calle Paseo Miravalle			
TRAMO: Entre la calle 200 y la calle 300			
FECHA INFORME: 18 de Marzo de 2002			
Peso vol. Suelto kg/m ³		1,627.9 kg/m ³	
Humedad Óptima		13.50%	
MALLA No.	% que pasa malla		
2"	100.00		
1 1/2"	100.00		
1"	84.50		
3/4"	78.70		
3/8"	63.62		
No. 4	51.86		
No. 10	42.18		
No. 20	34.20		
No. 40	24.33		
No. 60	17.71		
No. 100	14.70		
No. 200	12.38		
V.R.S (Estándar) %		85.67	
% Expansión		0.99	
<div>GRAIULOMETRÍA PASEO MIRAVALLE</div>			
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"		PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40	
Absorción	1.59%	Límite líquido	33% (NC)
		Índice plástico	#¡VALOR!
Densidad	2.65	Límite plástico	19.05%
		Contracción lineal	7.03% (NC)
Valor cementante	7.98 kg/cm ²	Clasificación: (SC) Arenas Arcillosas; Mezcla de Arena y Arcilla	
Equivalente en arena	14.08% (NC)		

TABLA 4.5.1.2

Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de Base y Sub-Base del pavimento de la calle Paseo Miravalle

MUESTREO No. : 2	
PROCEDENCIA : Calle Jalisco	
TRAMO: Entre las calles 200 y 300	
FECHA INFORME: 22 de Marzo de 2002	
Peso vol. Suelto kg/m ³ 1,795.6 kg/m ³	
Humedad Óptima 13.22%	
MALLA No.	% que pasa malla
2"	100.00
1 1/2"	100.00
1"	95.24
3/4"	87.68
3/8"	67.59
No. 4	48.56
No. 10	37.02
No. 20	30.92
No. 40	25.13
No. 60	22.26
No. 100	19.85
No. 200	15.02
V.R.S (Estándar) % 90.44	
% Expansión 1.86	
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"	
Absorción	3.48%
Densidad	2.17
Valor cementante	10.26 kg/cm ²
Equivalente en arena	15.84% (NC)

GRANULOMETRÍA JALISCO	
	
Abertura mallas (mm)	

PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40			
Límite líquido	29.50%	Índice plástico	4.50%
Límite plástico	25.00%	Contracción lineal	6.63% (NC)
Clasificación: (GM) Grava Limosa; Mezcla de Grava, Arena y Limo			

TABLA 4.5.2.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de Base y Sub-Base del pavimento de la calle Jalisco

MUESTREO No.: 3			
PROCEDENCIA : Calle Guerrero ()			
TRAMO: Entre las calles Miguel Aleman y California			
FECHA INFORME: 30 Marzo de 2002			
Peso vol. Suelto kg/m³		1,669.7 kg/m³	
Humedad Óptima		7.09%	
MALLA No.	% que pasa malla		
2"	93.07		
1 1/2"	81.84		
1"	73.46		
3/4"	69.38		
3/8"	55.38		
No. 4	43.99		
No. 10	36.24		
No. 20	30.43		
No. 40	22.51		
No. 60	15.13		
No. 100	10.94		
No. 200	8.39		
V.R.S (Estándar) %		109.19%	
% Expansión		1.28%	
PRUEBAS EN MAT. MAYOR 3/8"		PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL TAMIZADO POR MALLA No. 40	
Absorción	1.13%	Límite líquido	26.80%
Densidad	2.78	Índice plástico	0.00%
		Límite plástico	No tiene
		Contracción lineal	2.31%
Valor cementante	8.39 kg/cm²	Clasificación: (GC) Grava Arcillosa; Mezcla de Grava, Arena y Arcilla	
Equivalente en arena	26.98% (NC)		

GRAHULOMETRÍA GUERRERO

Abertura mallas (mm)	% Que Pasa
0.075 (No. 200)	8.39
0.15 (No. 100)	10.94
0.3 (No. 60)	15.13
0.6 (No. 30)	22.51
1.18 (No. 16)	30.43
2.5 (No. 6)	36.24
4.75 (No. 4)	43.99
9.5 (No. 20)	55.38
19 (No. 10)	69.38
37.5 (No. 4)	73.46
75 (No. 20)	81.84
150 (No. 10)	93.07

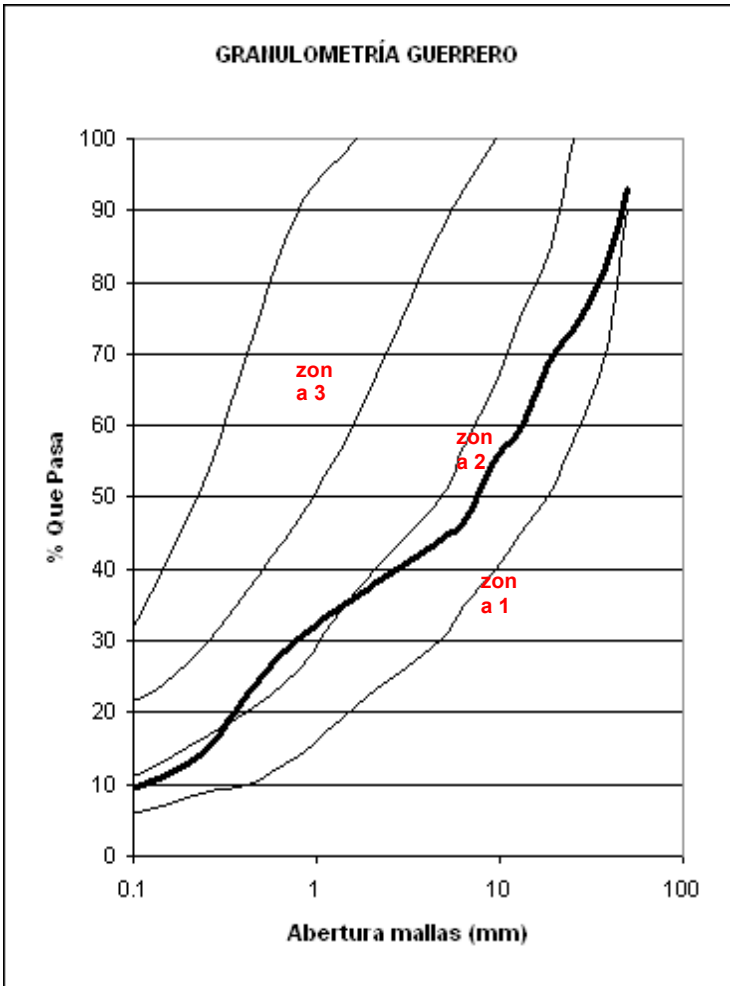


TABLA 4.5.3.2 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de Base y Sub-Base del pavimento de la calle Guerrero.

MUESTREO No. : 1		
PROCEDENCIA : Calle Paseo Miravalle TRAMO : Entre las calles 200 y 300 FECHA INFORME: 18 de Marzo de 2002		
MALLA No.	% que pasa malla	<p>GRANULOMETRÍA PASEO MIRAVALLE</p>
No. 10	46.00	
No. 20	38.79	
No. 40	26.89	
No. 60	17.20	
No. 100	12.90	
No. 200	3.55	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 463.12 gr
Peso de los filtros { Fi = 17.3 gr , Ff = 18.1 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 0.8 gr.		
Contenido de asfalto = 36.88 gr.		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 463.12) / 463.12] X 100 = 7.963 %

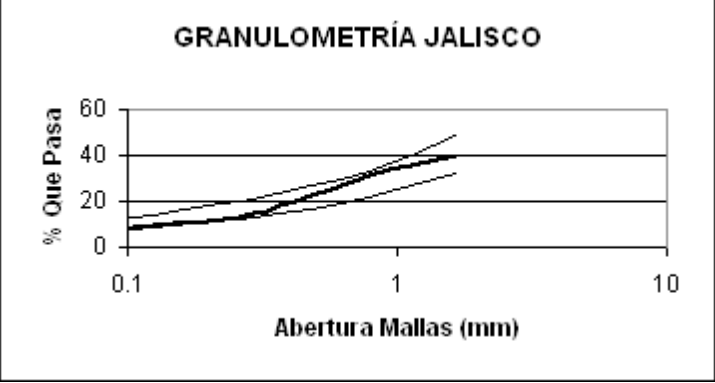
MALLA No.	% que pasa malla	<p>GRANULOMETRÍA PASEO MIRAVALLE</p>
No. 10	34.26	
No. 20	27.3	
No. 40	19.14	
No. 60	13.64	
No. 100	10.61	
No. 200	6.91	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 473.80 gr
Peso de los filtros { Fi = 18.2 gr , Ff = 18.8 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 0.6 gr.		
Contenido de asfalto = 26.20 gr.		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =
		% Cont. Asfalto = [(500 - 473.8) / 473.8] X 100 = 5.53 %

TABLA 4.5.1.1

Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Paseo Miravalle.

MUESTREO No. : 2

PROCEDENCIA : Calle Jalisco
 TRAMO : Entre las calles 200 y 300
 FECHA INFORME: 22 de Marzo de 2002

MALLA No.	% que pasa malla	
No. 10	40.37	
No. 20	31.25	
No. 40	19.73	
No. 60	13.44	
No. 100	10.33	
No. 200	6.79	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 462.5 gr
Peso de los filtros { $F_i = 12.2$ gr , $F_f = 15.9$ gr } Asfalto retenido en los filtros = $F_i - F_f = 3.7$ gr.		
Contenido de asfalto = 37.50 gr.		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = $[(F1 - F2) / F2] \times 100 =$
		% Cont. Asfalto = $[(500 - 462.50) / 462.50] \times 100 = \mathbf{8.10 \%}$

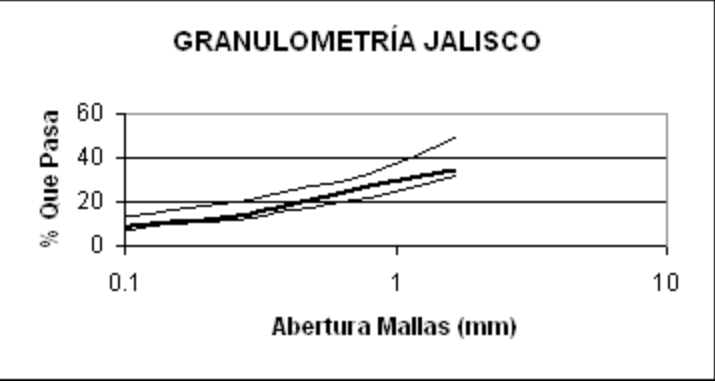
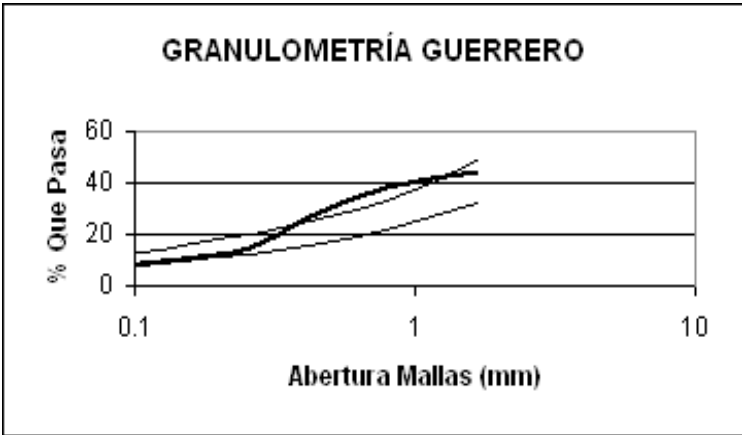
MALLA No.	% que pasa malla	
No. 10	34.26	
No. 20	27.30	
No. 40	19.14	
No. 60	13.65	
No. 100	10.62	
No. 200	6.94	
Muestra de material de carpeta (F1) = 516 gr		Contenido de agregado (F2) = 455.40 gr
Peso de los filtros { $F_i = 10.9$ gr , $F_f = 14.2$ gr } Asfalto retenido en los filtros = $F_i - F_f = 3.3$ gr.		
Contenido de asfalto = 60.60 gr.		CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO
		% Cont. Asfalto = $[(F1 - F2) / F2] \times 100 =$
		% Cont. Asfalto = $[(500 - 455.40) / 455.40] \times 100 = \mathbf{13.30 \%}$

TABLA 4.5.2.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Jalisco.

MUESTREO No. : 3		
PROCEDENCIA : Calle Guerrero		
TRAMO : Entre las calles Miguel Aleman y California.		
FECHA INFORME: 30 de Marzo de 2002		
MALLA No.	% que pasa malla	<div>GRANULOMETRÍA GUERRERO</div> 
No. 10	44.56	
No. 20	37.83	
No. 40	26.62	
No. 60	14.79	
No. 100	10.08	
No. 200	5.72	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 470.60 gr
Peso de los filtros { Fi = 8.9 gr , Ff = 10.9 gr } Asfalto retenido en los filtros = Fi-Ff = 2 gr.		
Contenido de asfalto = 29.40 gr.	CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO	
	% Cont. Asfalto = [(F1 - F2) / F2] X 100 =	
	% Cont. Asfalto = [(500 - 470.60) / 470.60] X 100 = 6.24 %	

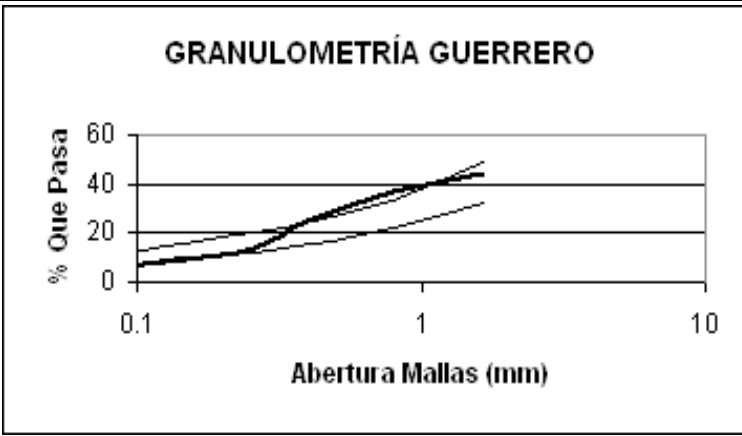
MALLA No.	% que pasa malla	<div><p>GRANULOMETRÍA GUERRERO</p></div>
No. 10	43.94	
No. 20	36.81	
No. 40	25.48	
No. 60	14.11	
No. 100	9.25	
No. 200	4.78	
Muestra de material de carpeta (F1) = 500 gr		Contenido de agregado (F2) = 463.40 gr
Peso de los filtros { $F_i = 13.70$ gr , $F_f = 15$ gr } Asfalto retenido en los filtros = $F_i - F_f = 1.3$ gr.		
Contenido de asfalto = 16.60 gr.	CONTENIDO DE ASFALTO EN PORCIENTO	
	% Cont. Asfalto = [($F_1 - F_2$) / F_2] X 100 =	
	% Cont. Asfalto = [($500 - 463.40$) / 463.40] X 100 = 7.89 %	

TABLA 4.5.3.1 Resultados de las pruebas efectuadas al material muestreado de la capa de la carpeta del pavimento de la calle Guerrero.

APÉNDICE D: GALERÍA DE FOTOS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE FALLAS



GRIETA LONGITUDINAL



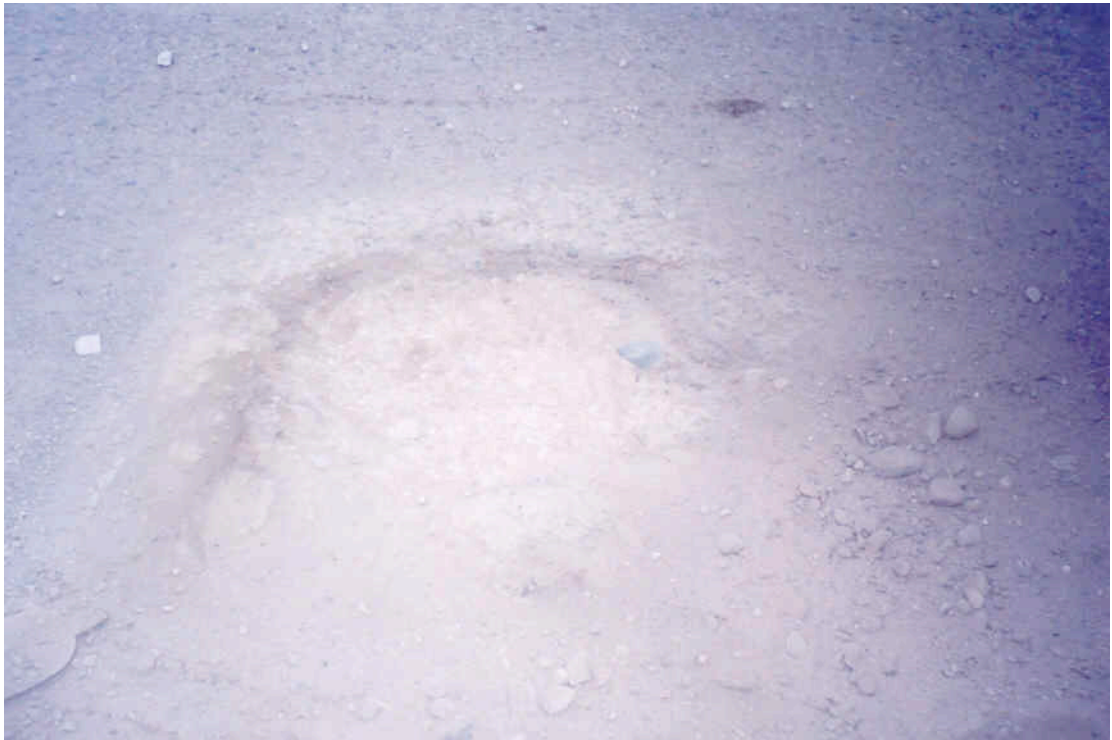
AGRIETAMIENTO PIEL DE COCODRILO



DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO



GRIETA TRANSVERSAL



BACHE



RODERAS

ANEXOS

MATERIALES DE SUB-BASE

CARACTERÍSTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRÍA		
	1	2	3
Contracción lineal, en por ciento	6 máx.	4.5 máx.	3 máx.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en kg/cm ²	5.5 min.	4.5 min.	3.5 min.
Valor relativo de soporte estándar saturado, en por ciento	50 min.	50 min.	50 min.
Equivalente de arena en por ciento	20 min.		

MATERIALES DE BASE

CARACTERÍSTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRÍA		
	1	2	3
Límite Líquido, en por ciento	30 máx.		
Contracción lineal, en por ciento	4.5 máx.	3.5 máx.	2 máx.
Valor cementante para materiales redondeados y lisos, en kg/cm ²	5.5 min.	4.5 min.	3.5 min.

INTENSIDAD DE TRÁNSITO

INTENSIDAD DE TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS	VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR	EQUIVALENTE DE ARENA (TENTATIVO)
Hasta 1000 vehículos pesados al día	80 min.	30 min.
Más de 1000 vehículos pesados al día	100 min.	50 min.

DENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDO

INTENSIDAD DE TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS	VALOR RELATIVO DE SOPORTE STANDARD	EQUIVALENTE DE ARENA (TENTATIVO)	INDICE DE DURABILIDAD (TENTATIVO)
Hasta 1000 vehículos pesados al día.	80 mín.	30 mín.	354 mín.
Mas 1000 vehículos pesados al día.	100 mín.	50 mín.	40 mín.