

176
2 E. 1985

*Universidad Nacional
Autónoma de México*



Facultad de Ingeniería

*EL MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL)
Y SUS APLICACIONES.*

T E S I S

*Que para obtener el Título de
Ingeniero Civil*

p r e s e n t a

Victor Manuel Fausto Rodriguez Sánchez



México, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TEMA A DESARROLLAR COMO TESIS PARA EXAMEN
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

EL MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL)
Y SUS APLICACIONES.

INTRODUCCION

- a.- Descripción del Slurry Seal
- b.- Materiales que intervienen en su elaboración
- c.- Tipos de Slurry Seal

II.- ASFALTOS Y EMULSIONES.

- a.- Orígenes de los asfaltos
- b.- Elaboración de Emulsiones Asfálticas
- c.- Aplicaciones

III.- DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE SLURRY SEAL.

- a.- Consideraciones preliminares de diseño
- b.- Formulación de mezcla de trabajo
- c.- Control de la Construcción del Slurry Seal

IV.- INTRODUCCION AL ESTUDIO PARA LA PROGRAMACION Y MANTENIMIENTO DE APLICACIONES DE SLURRY SEAL

- a.- Propósito
- b.- Programa

V.- PROGRAMA DE MORTERO ASFALTICO ANTIDERRAPANTE EN LA CARRETERA FRONTERIZA SUR TRAMO HUIXTLA MOTOZINTLA DEL ESTADO DE CHIAPAS.

- a.- Método y Costo de Aplicación
- b.- Estudio de accidentes antes y después de los trabajos
- c.- Conclusiones

VI.- PREVENCIÓN DE REFLEXIÓN DE GRIETAS

- a.- Programa de Pruebas
- b.- Análisis
- c.- Resultados

1.- INTRODUCCION

a).- Descripción del Slurry Seal (Mortero Asfáltico).

La posibilidad de aplicar un recubrimiento de asfalto a Agregados Pétreos sin tener primero que licuar el asfalto o disolverlo en otro hidrocarburo como Diesel, se hizo realidad hace casi 40 años, cuando principió el desarrollo de las emulsiones de asfalto en agua. Los métodos para fabricar emulsiones estables y la obtención de las características deseadas se acrecentaron lo suficiente a lo largo de 25 años para animar a los investigadores a ensayar y ver que obtendrían al mezclar agregados graduados con Emulsiones Asfálticas.

En un principio, la mezcla de agregado, agua y emulsión fué hecha en mezcladoras de concreto hidráulico, vaciándose de golpe en un cajón que remolcado por un camión o tractor, depositaba la mezcla sobre el pavimento existente.

Después del fraguado, solo ocasionalmente el resultado era satisfactorio por lo que no se daban garantías. Sin embargo, con estos experimentos que de demostró que, con un desarrollo del proceso, los Morteros Asfálticos tendrían un enorme potencial de trabajo.

El gran adelanto se logró cuando se descubrió que era perjudicial para la mezcla, el ser fabricado de golpe en un mezclador para concreto.

Esto fué en 1960 cuando se patentó la primer máquina mezcladora de Mortero Asfáltico de mezclado continuo, lo que hizo posible transportar los ingredientes separados, mezclarlos y tenderlos solo unos segundos después del mezclado.

Conforme se ganaban experiencias, resultó evidente que algunos materiales eran superiores a otros, se desarrollaron emulsiones más estables con mejor distribución de tamaños de partículas. Se asentó la importancia de la granulometría y el contenido de arcillas expansivas, las ventajas de adicionar fillers y se mejoraron las especificaciones para materiales acceptables.

Existe una creciente conciencia de la importancia de tender únicamente mor

teros estables con buena liga con el pavimento ya existente y distribución uniforme del asfalto. Por métodos altamente empíricos fueron desarrolladas combinaciones de agregados pesados con líquidos ligeros. Como un mortero de agregados en emulsión asfáltica es normalmente semi-líquido el asfalto y las partículas cubiertas están en libertad de entrar en grietas y cavidades del pavimento donde se aplica. Ahí se fragua impidiendo la futura entrada de humedad por la superficie, de ahí que el nombre de Slurry Seal (Mortero Asfáltico) sea el más apropiado.

Recientemente se ha incrementado la confiabilidad y el uso de Morteros Asfálticos para pavimentos. Se han escrito especificaciones más rígidas para aceptación de materiales, se ha esforzado en el diseño de mezclas apropiadas, de fórmulas para emulsiones, de aditivos, de pruebas y controles, se han acumulado experiencias en cuanto al comportamiento y operación de las mezclas, etc.

EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS

Las especificaciones modernas para materiales y métodos de construcción normalmente conducen a pavimentos asfálticos que son densos y durables. Sin embargo con larga exposición al intemperismo el asfalto se deteriora física y químicamente, lo que reduce gradualmente su flexibilidad y capacidad de contracción bajo cambios de temperatura y movimientos de la base. Estos cambios, junto con la acción del tráfico son responsables del agrietamiento del pavimento.

Una vez que esto empieza, pierde impermeabilidad la carpeta y rápidamente se deteriora. Si no es rápidamente sellada, las grietas se multiplican hasta dar una apariencia de piel de cocodrilo. Si aún así no se repara, vendrán los daños a la base y el pavimento ya solo trabajará a --

(1) compresión y fallará completamente, elevándose el costo de reparación.

CARACTERISTICAS Y USOS DE MORTEROS ASFALTICOS

El deterioro evidente por la aparición de grietas por contracción puede ser contrarrestado mediante un sellado a tiempo.

Como el Mortero Asfáltico es semi-líquido es muy efectivo ya que no solamente penetra en las grietas del pavimento y las rellena sino que deja -

(1) Ver apéndice 1

una nueva superficie expuesta que protegerá la capa inferior de humedad e intemperismo.

Como el Mortero Asfáltico hecho con materiales apropiados y bien graduados, es también antiderrapante, su elaboración y fraguado no contaminan la atmósfera y no hay peligro de que quede material suelto en el camino. Cuando es aplicado correctamente da una apariencia agradable, de color uniforme y textura uniforme.

Es una capa tan delgada que no forma bordes, acanalamientos ni refleja huellas.

En caminos de tráfico ligero, varias capas de Mortero Asfáltico sobre una base adecuada proporcionan un pavimento de calidad. Los Morteros Asfálticos pueden aplicarse sobre asfalto, concreto hidráulico y enladrillado. Se recomienda poner capas múltiples sobre el concreto hidráulico o sobre adoquín. El uso de capas múltiples de Mortero Asfáltico proporciona un pavimento adecuado en caminos alejados de las plantas de concreto asfáltico, y en caminos importantes su uso puede prolongar la vida de los pavimentos.

En resumen, al uso de Morteros Asfálticos para sello proporciona:

- a) Impermeabilización a carpetas deterioradas
- b) Rellena vacíos, grietas y depresiones del pavimento.
- c) Retarda la oxidación del pavimento existente.
- d) Proporciona superficie antiderrapante a bajo costo.
- e) Completa todo lo anterior sin causar bordes, acanalamientos, pérdida de agregados, sangrado de asfalto, contaminación atmosférica, etc., y liga bien con grava convencional, arenas y mezcla en caliente, además el costo del equipo necesario es bajo y pequeños constructores y gobiernos municipales pueden adquirirlo.

b).- MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA ELABORACION DEL SLURRY SEAL.

Los Morteros Asfálticos se componen de un agregado pétreo graduado, - emulsión asfáltica, agua, y en ocasiones un filler mineral y/o aditivo. Es preferible usar materiales de localidad, su selección deberá -

hacerse con anterioridad por un laboratorio calificado así como la proporción adecuada. Dependiendo de la porosidad del material, la mezcla fraguada deberá tener de 84% a 94% de pétreo con 16% a 6% de residuo asfáltico.

AGREGADOS

Los siguientes tipos de agregado han sido usados con éxito en Morteros Asfálticos: Grava triturada tal como calizas granito, basalto y lava; Arena natural, materiales calcáreos como Coral y Condra; Roca natural de asfalto, esconia de fundición, lutitas, ladrillo quebrado, vidrio, etc.

Generalmente, cualquier material usado para mezcla en caliente es utilizable en Mortero Asfáltico, se deberá eliminar todo el retenido en la malla 3/8 (9.5 mm) y para el Mortero fino, 98% o más del retenido en la malla -- #4 (4.76 mm) o en la # 8 (2.38 mm).

Es aconsejable mezclar varios materiales para dar la graduación requerida, para reducir el equivalente de arena o para reducir costos. Esta revoltura deberá hacerse solamente si se puede controlar la granulometría, aún en el banco de almacenamiento. Para completar el mezclado y eliminar clasificación en el almacén, debe considerarse que: Materiales Húmedos son difíciles sino imposibles de mezclar uniformemente. Materiales de muy distinta densidad o textura superficial, tienden a separarse. El mezclado mediante cargadores frontales deberá hacerse solamente en caso de necesidad ya que el resultado es muy deficiente.

Ejemplo: Para evaluación de laboratorio, el ensaye consiste en tomar 10 libras de agregado seleccionado de acuerdo con AASHO-T2 o ASTM-D75.

Prueba de Laboratorio.- Un estudio completo de laboratorio consiste de las siguientes pruebas: (2)

- a) Prueba del equivalente de arena (AASHO-T176 o ASTM-D2419) para determinar el contenido de arcillas expansivas y limos.
- b) Cribado (AASHO-T27 o ASTM-C136) para determinar la granulometría usando 6 a 8 muestreos escogidos al azar.
- c) Peso específico aparente (AASHO-T84 o ASTM-C128) para hacer la corrección de densidad del agregado.

(2) Ver apéndice

- d) Prueba centrífuga (rotarex) (California Highway Dept. T 303 B) para determinar contenidos de asfalto.
- e) Peso unitario (AASHO-T19 o ASTM-C29) y el efecto de varias -- proporciones de humedad con el objeto de encontrar la óptima para el correcto fraguado.
- f) Abrasión (ASTM-C131) y desgaste (AASHO-T104 o ASTM-C88) por - intemperismo.

De entre todas las pruebas de laboratorio, solo la de equivalente de arena no contribuye a establecer la correcta proporción durante el mezclado. Con el aumento de arcillas y limos, decrece la calidad del mortero. Cuando el equivalente de arena baja de 45:

- a) Se incrementa el contenido de asfalto
- b) Hay contradicciones durante el fraguado
- c) Disminuye la resistencia a la abrasión
- d) Algunas emulsiones rompen prematuramente.

Por todo esto se recomienda nunca usar un material con equivalente de arena abajo de 45 en la capa expuesta de mortero asfáltico ni uno abajo de 40 en alguna capa inferior.

EMULSION ASFALTICA

El asfalto es un producto natural que se obtiene básicamente de la destilación del petróleo crudo. A temperatura ambiente es semisólido, aparentemente sólido, fluye bajo su propio peso. Cuando recubre cualquier material, incluyendo esos mencionados anteriormente, se adhiere con gran tenacidad. Así mismo es un magnífico aglutinante para las partículas entre sí y con el material de base.

Va que el agregado debe ser cubierto por el asfalto, este debe hacerse más fluido. Esto puede hacerse por cualquiera de estos tres métodos:

- a) Calentamiento (Cemento Asfáltico)
- b) Disolverlo en solventes (fracciones ligeras de hidrocarburo) (Rebajados)
- c) Disolverlo en una suspensión estable de agua (Emulsión)

- [3] El asfalto emulsionado es de primera importancia para el procesado del Mortero Asfáltico. En efecto, el desarrollo de este se ha basado grandemente-

en los progresos alcanzados en la producción de emulsiones asfálticas, con las características deseadas.

En consideración al costo de la emulsión asfáltica se debe considerar que el contenido de residuo asfáltico es de suma importancia. Si una emulsión tiene un mayor contenido de agua que otra, será mayor el volumen de emulsión necesario y que se transporte para una misma obra. Además, al menos que el contenido de agua en la emulsión se mantenga abajo del 40%, ciertos agregados que se encuentren saturados pueden retener más agua de lo necesario para mantener la estabilidad, por eso se especifica que el contenido asfáltico en una emulsión no deberá bajar del 60%.

AGUA

El agua es un factor importante en la estabilidad del Mortero y es lo que determina la consistencia de la mezcla. Se tiene de tres formas -- distintas: humedad propia del agregado, pre-humedecido y como uno de los dos principales componentes de la emulsión.

El agua que se adiciona a la mezcla deberá ser potable de tal forma que no requiera ser analizada por el laboratorio. No deberá usarse agua estancada, salada o con limo en suspensión.

Para cualquier combinación de agregado-emulsión dada, la estabilidad de la mezcla deberá estar formulada con un rango mayor que la concentración de agua de pre-humedecido; por ejemplo, sobre el rango de 6 a 11% del peso del pétreo seco. En este caso específico, menos del 6% de agua dará una mezcla seca y dura, más de 11% dará mezcla inestable y flotará el asfalto.

El control de pre-humedecido debe ser muy cuidadoso y para este mismo -- ejemplo se recomienda que la máquina mezcladora opere a la media, o sea 9%. Deberá evitarse el uso de más de 11%, además, el exceso de humedad provocará que la mezcla se comporte como una masa y se abulte en ciertas partes.

Como el contenido de agua en la emulsión es de 35 - 40%, el total de agua en una mezcla con grava triturada será del orden de 12 a 20% del peso del agregado seco.

En resumen, el agua es un ingrediente muy importante de los morteros y requiere de mucho cuidado la adición de humedad a los agregados para controlar la estabilidad de la mezcla. El exceso de agua, además de dramar la mezcla, evitará el correcto cubrimiento del material por el asfalto y existirá el problema de mala adherencia.

FILLERS MINERALES

Los fillers minerales son usados para cualquiera de estos tres propósitos:

- a) Mejorar la granulometría
- b) Ayudar a la estabilidad
- c) Acelerar o retardar el rompimiento.

Generalmente se usan en proporción 0.1 a 3% en peso del agregado seco. Experimentalmente se ha concluido que más del 3% adicionado a desechos y escoria de fundición produce un ligero aumento en la existencia a la abrasión.

El aditivo más común es el cemento portland y posiblemente le siga el limo. La caliza triturada a polvo incrementa el contenido de finos, pero no sirve como aditivo.

El filler mineral se incluye como parte del pétreo, y su concentración se expresa como un porcentaje del peso del agregado seco.

(4) DETERMINACION DE PROPORCIÓN OPTIMA DE MEZCLADO.

De la evaluación del laboratorio para los componentes del mortero en forma separada, se calcula la proporción para cada uno de ellos, para esto se puede usar el método empírico llamado " Método de Area y Absorción".

Determinada la granulometría, mediante factores de conversión numérica se calcula el área del pétreo a cubrir por el asfalto, dada en pie $2/16$ o M²/Kg.

Con el área superficial, se calculan volúmen y peso del asfalto necesarios para cubrirla con una película de 8 micras. El equivalente de keroseno en prueba centrífuga del agregado indica la cantidad de asfalto retenida en los poros y ésta será agregada a la previamente calculada para el cubrimiento. Se hace una corrección de acuerdo a la gravedad específica aparente del agregado.

El resultado obtenido por el método de áreas y absorción es óptimo o en proporción teórica de asfalto y agregado para llenar poros y recubrir con 8 micras el pétreo. Obviamente mientras más fino sea el agregado mayor será el volumen de asfalto requerido. La proporción de asfalto, dividido por el contenido de asfalto en la emulsión, da el porcentaje óptimo de emulsión para el agregado muestreado.

La prueba de abrasión de pista húmeda (ISSA-T100) incluye la mezcla y fraguado del agregado muestreado, sometido a abrasión bajo condiciones específicas y controladas y midiendo el índice al que el espécimen se desgasta. De acuerdo a las especificaciones, se deshecha la muestra -- que se desgaste 8gr/dm^2 o más de 5 minutos de prueba. Un problema es -- que con este método de diseño de mezclas, el índice de abrasión nunca alcanza un valor mínimo, por el contrario, continúa decreciendo conforme aumenta el porcentaje de asfalto sobre el índice marcado por el método de área y absorción.

PRUEBAS DE MEZCLADO

Los estudios de agregado y emulsión muestran si éstos satisfacen o no los requerimientos para uso en Mortero Asfáltico. Para materiales aceptables, se conoce la proporción de emulsión-agregado así como el tipo de emulsión a usar. Ahora se deberán hacer pruebas de mezclado para determinar:

- a) Si los ingredientes son o no compatibles
- b) Si requiere un filler o aditivo y en que proporción
- c) El rango de agua para pre-humedecido que determine un mortero estable así como la velocidad de fraguado de la emulsión.

En el laboratorio, las pruebas de mezclado se hacen siguiendo siempre la misma secuencia. Se usan agregados y emulsión en proporción teóricamente correcta, 50gr de agregado seco sin cemento y pesado en un cono de papel, se le agrega el agua de pre-humedecimiento, moviendo a mano para incorporarla. Se pesa y agrega la emulsión, agitando a mano hasta

obtener el mortero. Si se obtiene una mezcla seca o muy húmeda, se repite el proceso modificando el contenido de agua. En este punto se saben dos cosas, si la emulsión es muy rápida y si se requiere un filler o no.

Con emulsión aniónica de fraguado lento (E L) y un limitado número de agregados tal como desperdicio y escoria de fundición se obtienen morteros estables con o sin cemento. En esta forma, las concentraciones máxima y mínima de agua del pre-humedecimiento que dan tendido fácil y mortero estable son determinados y se vacían y fraguan pastillas para prueba.

Se observan por varias horas a temperatura de 50 - 55°C para ver si el fraguado es normal y en caso positivo, se someten a la prueba de abrasión de pista húmeda.

Con la misma E.L. catiónica pero otros materiales que los ya mencionados, no se podrán obtener morteros estables al menos que se adicione cemento - portland sin variar la concentración de agua adicionada, normalmente es suficiente de 1 a 2% de cemento. En este laboratorio, se agrega 2% de cemento al agregado seco y se sigue el mismo procedimiento viendo si al final, el fraguado es el normal o no.

Se determinó ya el tipo de emulsión a usar, y si esta resulta de fraguado rápido, se trabajará con un cronómetro desde que empieza el mezclado-observando si durante éste y por espacio de 4 minutos no hay endurecimiento de la mezcla.

Con emulsión rápida es usual que, con un agregado dado y sin cemento, se obtenga un mortero inestable. Entonces se deduce la cantidad necesaria de cemento en función de la cantidad de agua pre-humedecido. Una vez que ambos han sido determinados, se repite todo el experimento, si la mezcla se endurece dentro de los primeros 4 minutos y a temperatura ambiente de 25°C aproximadamente, no se recomendará la combinación supuesta. Esta combinación será factible solamente en un clima muy frío, pues a temperatura templada o caliente, romperá durante el tendido o antes de efectuarse éste.

El cemento acelera el rompimiento de las emulsiones aniónicas esta característica es deseada en ciertos casos, sabiendo que estas emulsiones son estables con muy poco o aún sin cemento. Con este experimento se determi-

mina el mínimo cemento aceptable es de varias décimas de 1%. Si no es posible formar a este nivel de laboratorio un mortero estable, no podrá lograrse tampoco en la máquina.

El proceso en laboratorio para determinar la afinidad con una emulsión catiónica es largo en base a pruebas de error, el principal problema - es cuanto retardar el rompimiento de la emulsión para lograr una operación de máquina aceptable.

Con ciertas combinaciones de materiales, el rompimiento puede retardarse con adición de cemento, limo o sulfato de amonio pulverizado, pero con otros materiales, nada de esto es efectivo, tampoco a sugerido adición de nitrato de amonio, agua de amonia, lejía o ácido. Si ninguno - de estos productos resulta efectivo, es improbable que el laboratorio pueda dar la fórmula adecuada para una mezcla en tales condiciones.

Aún cuando tal diseño sea determinado por deducción, no se podrá garantizar que una elevación de temperatura o pequeños desapercibidos cambios en la composición del agregado o emulsión, durante las siguientes operaciones, no causará un aceleramiento inaceptable del rompimiento. Cuando se aceptan diseños de mezclas elaborados con emulsiones rápidas de ambos tipos, el laboratorio deberá hacer recomendaciones adicionales. En los primeros pasos del mezclado, es posible formar un mortero estable en el que la emulsión ya ha cubierto parte del agregado. Esto debe referirse como un falso mortero, que es muy difícil de detectar ; aún en laboratorio y a simple vista, luce normal y estable, pero con partículas - aún sin cubrir. Falsos morteros no deberán usarse ya que tienen un residuo de asfalto muy bajo con resultado de mala adherencia.

Una vez determinado el diseño de mezcla con E.R., deberá procederse a -- fabricar pastillas midiendo tiempo desde que se inicia el mezclado. Se - deberá secar la pastilla cada 15 minutos con papel secante blanco. Para mezclas rápidas que han estado a temperatura ambiente por un período de 15 a 30 minutos, el papel secante deberá resultar sin manchas y haber ab sorbido únicamente agua limpia.

Para mezclas conteniendo E.R. aniónica acelerada con cemento, deberán hacerse pastillas con diferentes contenidos de cemento y determinar el tiempo de fraguado de cada una usando el método del papel secante.

PRUEBAS DE LABORATORIO PARA MORTEROS FRAGUADOS.

La prueba de abrasión de pista húmeda es básicamente una prueba de resistencia de morteros fraguados bajo cuidadoso control y especificaciones de laboratorio. Bajo tales condiciones, resultará no satisfactoria cualquier formulación que pierda 8 gr/dm² (75gr/pie²) o más en prueba de 5-minutos.

Otra prueba consistente en agitar vigorosamente una pastilla encerrada - en un compartimiento con agua, balines de acero y arena sílica, los desgastes aceptables observados son menores de 0.32 gr/dm² (3gr"pie²).

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Una vez completadas las pruebas de los componentes individuales y de las mezclas para ver afinidades, deberá prepararse un reporte completo dando las características de los componentes, el diseño recomendado de la mezcla, los efectos de la humedad en la unidad de peso del agregado así como cualquier precaución a tomar durante la operación.

EQUIPO

Es esencial contar, básicamente con una planta móvil mezcladora y tendedora del Mortero Asfáltico y como equipo auxiliar, barredora mecánica, - cargador frontal, pipa de agua o acceso a toma municipal con sistema de - mangueras, carro-tanque de asfalto, herramienta menor de trabajo y equipo de compactación.

MAQUINA MEZCLADORA Y TENDEDORA.

Esta máquina es cargada con el material a utilizar, la mezcla en debida-proporción para obtener un mortero estable, lo descarga a una rastra que lo distribuye en el pavimento existente en forma uniforme y al espesor de seado.

Tanque de Almacenamiento y Tolvas. Todas las máquinas tienen tanques separados y de capacidad apropiada para emulsión y agua, construidas a base - de juntas traslapadas y con soldadura por dentro y fuera, con abertura en la parte superior lo suficientemente grande para el paso de una persona a limpiarlo y darle mantenimiento. Deberán ser llenados por esta abertura o

por conexión desde el fondo, lo que es preferible para eliminar la espuma.

Algunas máquinas tienen bomba de vacío para así llenar los tanques sin requerir bombas ajenas de transferencia. Deberán tener indicadores de columna que muestren en todo momento el nivel de líquidos.

Los tanques deberán tener una capacidad tal, que normalmente se vacíen simultáneamente con la tolva del pétreo.

Para permitir la caída del agregado a la banda transportadora, las tolvas deberán tener un ángulo de 45-55° con la vertical y tendrán vibradores de pared para ayudar al deslizamiento de materiales húmedos. Aún - las máquinas más pequeñas deberán tener entrada de tolva tal que pueda ser elevada por cargador frontal grande.

Planta de Fuerza Auxiliar. - Cada máquina está equipada con un motor diesel o gasolina que proporciona la fuerza necesaria para toda la operación, cada motor tiene su propia fuente eléctrica y clutch para evitar sobrecargas de arranque. El calor que produce este motor es conducido a la bomba de emulsión para facilitar su trabajo. Todo esto se controla - desde un tablero.

Alimentación de Materiales. - El pétreo es alimentado mediante banda -- transportadora al mezclador y controlado mediante una compuerta. La emulsión es suministrada a presión mediante bomba de engranes y controlada - por una válvula o por las revoluciones de la bomba.

La bomba deberá ser lavada al finalizar el trabajo cada día con diesel. - Para checar que está suficientemente limpia, se deberá poder mover con - la mano antes de empezar la operación.

Al principiar el trabajo, la bomba deberá estar caliente antes de aplicar le carga de trabajo, para evitar que el asfalto se deposite y le impida - trabajar libremente.

Los controles de gasto se operan manualmente. El alimentador de fino tie - ne graduaciones de 0.5 a 3.0 en marcas de 0.5

El cemento (o cualquier filler) deberá estar libre de grumos y cuerpos ex - traños como papel, etc., que puedan caer en el mezclador. No deberá dejar

se en la tolva por un período largo ya que tenderá a endurecerse.

La bomba de agua es de tipo centrífuga, provee agua a presión según la controle el operador. Se suministra mediante una barra distribuidora - al mezclador una llave para la limpieza del equipo y una barra rociadora para pre-humedecer el tramo.

Medición de los Ingredientes.- La impulsión de las bombas y de la barra transportadora está interconectada mecánicamente por lo que la proporción no se altera durante el proceso por variación de velocidad individualmente.

El agregado se mide mediante una compuerta vertical a la salida de la tolva que se ajusta manualmente. El orificio es rectangular y la base es paralela a la banda transportadora. Algunas máquinas cuentan con control e indicador remotos para controlar la abertura de salida.

La posición de la compuerta determina el volumen de salida al mezclador. Es conveniente expresar este volumen en función de una revolución de rodillo de la banda, ya que el movimiento de éste está conectado mecánicamente con las bombas. Se debe considerar el contenido de humedad del material sobre su peso específico para evitar mal proporcionamiento del agua de pre-humedecido.

El clutch de la bomba de emulsión es de tipo que no pueda patinar por lo que el gasto de ésta estará en función del volumen alimentado de pétreo. De este volumen, depende el tiempo de mezclado, pero es independiente en todo momento de la velocidad del motor auxiliar.

El alimentador de finos trabaja simultáneamente con el del pétreo por lo que su proporcionamiento no varía con la velocidad del motor.

MEZCLADOR.- El mezclador está diseñado para batir enérgica y uniformemente y en el mínimo tiempo el agregado, el filler mineral, agua y emulsión resultando el mortero asfáltico. La descarga es controlada mediante una compuerta que opera manual o hidráulicamente. El agitador es un serpentín helicoidal sostenido por paletas que a la vez que revuelven, impulsan la mezcla a la salida.

El filler se le agrega al mineral justo antes de que éste caiga de la banda al mezclador. El agua se vierte sobre ambos dentro del mezclador y éstos se combinan antes de llegar al punto donde se vierte la emulsión, que es generalmente a mitad del recorrido dentro del mezclador.

Tanto la salida como la dirección del chorro son controladas mediante compuertas. Estas compuertas están colocadas en tal forma que su borde superior sirve de vertedor. El nivel sobre este borde se controla moviendo la compuerta o disminuyendo la alimentación. Para vaciar el mezclador, se baja completamente la compuerta. El mezclador deberá ser limpiado al finalizar la operación del día. Para facilitar el limpiado del siguiente día, se puede recubrir con una película de petróleo difuso.

R A S T R A.- La caja tendedora o rastra tiene por objeto que el morno se extienda a donde no es necesario, a la vez que lo deposita a un ancho y espesor determinado sobre el pavimento existente y le da acabado superficial.

Esta rastra consiste de cuatro compartimientos rectangulares. Está articulada al centro de los pares de cajones y se puede extender al ancho deseado de 2.4 a 4.0 mts.

Las paredes de los compartimientos, delantera, media, trasera y laterales llevan unas cejas de neopreno reemplazables, el objeto de la delantera y de las laterales es retener el mortero dentro de la rastra la cruz central ayuda a la distribución lateral, permitiendo que una parte pase al compartimiento posterior. La ceja trasera es el elemento nivelador, su posición es controlada para dar el espesor requerido.

A pesar de que el neopreno no es atacado por hidrocarburos, el faldón trasero se desgasta con el uso. Cuando esto sucede deberá cambiarse o bien voltearse de cabeza y usarse mientras tenga toda su longitud.

Los modelos comunes de rastras vienen con gusanos distribuidores hidráulicos. Como equipo opcional viene un segundo y paralelo juego de gusanos que se mueven mecánicamente conectados a los primeros. Estos gusanos extienden el mortero a todo lo largo sin importar el bombeo o la pendiente del camino.

La rastra debe ser limpiada totalmente y reemplazar el neopreno gastado cuidando de juntas y orillas para evitar marcas en el acabado.

BARRA ROCIADORA DE AGUA .- Se recomienda humedecer el pavimento existente antes de aplicar mortero para eliminar fricción y ayudar al --- cubrimiento de éste por el asfalto.

Esto lo hace la misma máquina mediante espreas colocadas al frente del camión o de la rastra. Debe cuidarse que no se tape alguna para evitar lunares secos. Si la pestaña delantera de la rastra acarrea agua, deberá reducirse el riego.

B A R R I D O

Esencial para el éxito del Mortero Asfáltico es que la superficie a sellar esté limpia. Después de remover cualquier tipo de vegetación y bacheo de hoyos y grietas mayores se deberá limpiar la superficie, el -método más común es barriéndola y económicamente se hace con una barredora mecánica remolcada con un tractor. Si este tractor cuenta con cargador frontal, será un equipo con doble uso, también es efectivo un lavado con agua a presión o sopleteado de la superficie.

COMPACTACION

Todos los morteros ya fraguados contienen vacíos y en ocasiones éstos pueden alcanzar 1/3 del volúmen por lo que deberá compactarse la mezcla. En carreteras de tráfico pesado, éste dará esa compactación, pero en casos de aeropistas, estacionamientos o patios de juego, se recomienda hacerlo con equipo apropiado.

Rodillo Neumático.- Si se selecciona equipo neumático se recomienda un equipo autopropulsado de 5 toneladas (4,500 Kg nominal) con llantas lisas infladas a 50 lb/pulg 2 (3 atmósferas) dando 5 pasadas de centro a orillas y a una velocidad de 5 a 8 Km/hr.

Rodillo Liso.- El uso de rodillo liso (plancha) se ha limitado mucho. Es particularmente efectivo en la primer capa de un riego múltiple, para el que se usará plancha de 3 a 5 tons.

Nunca se deberá usar plancha en un mortero sobre pavimento rígido.

EQUIPO AUXILIAR .

Distribuidor.- Vehículo usado para llevar la emulsión al lugar de trabajo de la máquina tendedora, puede tener equipo de petrolizadora para riegos de impregnación.

Tanques y Pipas.- Son necesarios carro-tanques para suplir y tanques para almacenar la emulsión o bien acercarla a la máquina tendedora. Debe recordarse que muchas emulsiones no son estables cuando se almacenan mucho tiempo o a bajas o altas temperaturas. También que la emulsión recién fabricada está caliente por lo que tenderá a romper más fácilmente. Una pipa de agua es muy útil cuando no se cuenta con una toma municipal, además de que puede ser usada en operaciones de limpieza y en riegos de impregnación con emulsión asfáltica diluida.

Herramientas de Mano.- Se requiere un cierto número de herramienta para usarse donde la máquina no tiene acceso como curvas y ángulos muy cerrados. Se necesitan palas, cepillos y rasquetas (jaladores de emulsión en forma de rastrillo con neopreno) normalmente éstas tienen 0.60 a 0.90 m y se usan para dar acabado superficial en las áreas inaccesibles.

C).- TIPOS DE SLURRY SEAL

GENERAL

Hay varios factores muy importantes que deben considerarse en la aplicación de un mortero asfáltico. El primero es la naturaleza y condición -- del pavimento existente. La segunda es el tipo y volumen del tráfico y -- la tercera, las condiciones del clima en la zona. El área a pavimentar y estos factores, influirán en la selección del mortero asfáltico, y sólo después de esto, una persona experimentada deberá hacer la selección.

La vida del mortero dependerá de estos factores, pero aún después de que este sello haya sido completamente gastado, las grietas del pavimento original permanecerán selladas..

En cambio el costo depende de muchos factores, el tamaño del área, costo de agregados y emulsión con cargos por transporte, espesor porcentaje de emulsión usado además de gastos específicos locales.

La velocidad de aplicación del mortero depende también de varios factores, el más importante es la configuración del área y el espesor requerido. Por ejemplo, será más rápida una aeropista que una calle cerrada.

La velocidad en operación normal es de 18 a 55 m/min. Originalmente el mortero fue visto como un sellador de grietas. Con el creciente mercado creado por la llegada de las máquinas tendedoras, y con el adelanto técnico del mortero, el valor potencial del mortero asfáltico apropiado para espesores en tráfico pesado resulta obvio.

Se reconoció que puede ser usado en capas de base y superficies de rodamiento además de su trabajo de sellado.

La granulometría en estos casos es diferente, como lo muestra la siguiente tabla:

MALLA	TIPO I Fino	TIPO II General	TIPO III Grueso	TIPO IV Extra Grueso
1/2	100	100	100	100
3/8	100	100	100	85-100
No. 4	100	85-100	70-90	60- 87
8	100	65- 90	45-70	40- 60
16	65-90	45- 70	28-50	28- 45
30	40-60	30- 50	19-34	19- 34
50	25-42	18- 30	15-25	14- 25
100	15-30	10- 21	7-18	8- 17
200	10-20	5- 15	5-15	4- 8
Residuo Asfáltico % agregado Seco Kg/M ²	2.2-5.4	5.4-8.1	8.1-13.6	16-25
Máximo espesor				
mm	3.2	6.4-8	9.5-11	13
Pulg.	1/8	1/4-5/16	3/8-7/16	1/2

TIPO I (Superficie Fina).- Como el agregado es muy fino, tiene gran capacidad de penetración en grietas, haciéndolo rico en asfalto, se aumenta su capacidad de expansión y contracción así como de adherencia. Los morteros rico en asfalto se usan como capa de impregnación sobre bases granuladas en proyectos habitacionales.

Esto protege y penetra en la base durante la construcción y será después cubierto por una capa de mortero adicional.

Este mortero puede ser usado como superficie de rodamiento siempre que se aplique sobre bases relativamente sin textura y bien drenados, y en áreas no sujetas a cambios bruscos de temperatura.

TIPO II (General).- Es el tipo más comunmente usado. Contiene suficientes finos para penetrar en las grietas y suficiente material grueso para formar la capa de soporte directo, entre la base y el tráfico. A pesar de ser muy usado, no se recomienda en una sola capa en caminos principales de zonas sujetas a variación fuerte de temperatura. Este tipo general ha dado un buen resultado y bastante más económico que el concreto asfáltico, aplicado sobre bases asfálticas de mezcla caliente con granulometría abierta.

TIPO III (Grueso).- Este mortero se recomienda para calles de tráfico pesado en zonas con cambios de temperatura bruscos. Se usa en riegos múltiples sobre bases granulares, en pequeños andadores, etc. Es particularmente efectivo en caminos con capas sobrepuestas de Mortero.

TIPOS ESPECIALES.- Algunos estudios han desarrollado el mortero coloreado. En general, esto contiene colorantes apropiados y emulsiones plásticas, no asfálticas. Se ha presentado una serie de problemas fuertes que aún no se resuelven satisfactoriamente, por lo que estos morteros no se consideran aún listos para su uso general.

Estudios preliminares han mostrado que es factible sustituir cierto tipo de escombros o material de desecho por todo o parte del agregado en los morteros. Entre éstos se usa material recuperado de fundición y vidrio triturado.

El hule de llantas de automóvil despedazadas, se incorpora fácilmente en la emulsión aumentando la resistencia, pero el fraguado de estos morteros es muy lento por lo que se limita la posibilidad de aplicación.

Las emulsiones con latex (producto en base hule natural usado para aumentar la elasticidad) pueden ser mezclados con emulsiones asfálticas y usar se en morteros, aumentando las propiedades elásticas de éstos en el pavimento fraguado. Este tipo está siendo usado en cubiertas de puentes.

C A P I T U L O II

a) Orígenes de los asfaltos.

Petróleo.- El más útil y abundante de los combustibles descubiertos por el hombre en la corteza terrestre. Es un aceite mineral formado por una mezcla de diversos hidrocarburos líquidos entre los que predominan los saturados forménicos y nafténicos, los hidrocarburos --aromáticos y algunos otros de carácter complejo. Se extrae de yacimientos naturales que se explotan en muchas partes del mundo. Para refinarlo como combustible hay necesidad de refinarlo por destilación, a fin de eliminar el azufre, las materias resinosas y algunas otras sustancias indeseables. Mediante la destilación fraccionada - del petróleo, se obtiene gasolina, bencina, querosina, asfalto, parafina y algunos otros productos derivados que tienen importantes aplicaciones industriales.

El hombre ha conocido y aprovechado el petróleo, o algunos de sus derivados, desde tiempos remotos. Los antiguos egipcios emplearon petróleo y ciertos compuestos preparados con él para embalsamar cadáveres y también con fines medicinales. Se sabe que en China y en la India se usaba el petróleo como aceite para lámparas, en tanto que el asfalto era utilizado por sus cualidades medicinales. En la construcción de Babilonia se empleó asfalto en la preparación de cemento para unir piedras así como en la ejecución de mosaicos.

Los primeros europeos que se establecieron en las colonias inglesas de América, en la costa del Atlántico, encontraron que en la región que más tarde se llamó Pensylvania, los aborígenes conocían el petróleo y lo obtenían mediante excavaciones rudimentarias de las que aún existen vestigios.

En éste un tema que sigue siendo motivo de debate entre los hombres de ciencia, si bien la hipótesis generalmente aceptada es la que le atribuye un origen orgánico. En efecto, es una teoría reconocida que hace varios millones de años, enormes extensiones que hoy constituyen grandes masas de tierra se encontraban cubiertas por las aguas de los mares. Estas aguas surgían o retrocedían conforme ocurrían hundimientos o levantamientos en la corteza terrestre. Las materias orgánicas que en ellas depositaban los ríos se sumaban a las que provenían de las plantas y animales marinos. A medida que se iban asentando en el fondo las arcillas y otros sedimentos, arrastraban diminutas partículas de materia animal y vegetal susceptible de sufrir transformaciones químicas que terminarían por convertirla en una fuente de petróleo. Por efecto de dichas reacciones químicas así como de otros fenómenos provocados por ciertas bacterias, quedaba eliminado todo lo que no era grasa o petróleo.

A medida que transcurría el tiempo y seguían depositándose nuevas capas, las de abajo se veían sometidas a elevadas presiones y temperaturas cada vez mayores. Llegaba así un momento en que la presión era tal, que expulsaba las sustancias aceitosas de los lodos y arenas que las contenían.

Por su parte, los lodos y arenas se convertían en duras pizarras, generalmente demasiado compactas para permitir la penetración del aceite o del gas. También se formaban areniscas con los lodos y arenas y con frecuencia estas piedras eran porosas y en ellas se infiltraban las sustancias expulsadas de los lodos.

En algunos lugares se formaron capas de calizas con los restos de plantas y animales marinos. A menudo, estas calizas constituyeron rocas porosas que también se convirtieron en depósitos de petróleo y de gas. En el transcurso de varios millones de años, se registraron otros cambios en la sustancia aceitosa original, dando lugar a la formación de los diferentes tipos de gas natural y de petróleo crudo que hoy se conocen.

De cuando en cuando, en el curso del tiempo geológico, se registraron violentas conmociones en la corteza terrestre, debido a las cuales ocurrieron plegamientos en el fondo de los mares. En las capas sedimentarias esto dio lugar a la formación de anticlinales en cuyos vértices se concentraron y quedaron atrapados el petróleo, el gas o el agua salada. Otros yacimientos deben su formación a cambios registrados en la estructura de las rocas. Algunos estratos porosos perdieron su porosidad y tanto el petróleo como el gas quedaron encerrados en las capas intermedias.

ASFALTO. Sustancia de color negruzco lustroso, insoluble en el agua, que calentada moderadamente se ablanda y se torna viscosa. Se obtiene principalmente como producto secundario de la refinación de ciertos tipos de petróleo, aún cuando también suele presentarse en la naturaleza en estado sólido o líquido en diversos lugares de América, Asia y Europa. En este último caso suele llamárselo roca de asfalto o brea mineral.

En la Isla de Trinidad, frente a las costas de Venezuela, existe un importante yacimiento: el famoso lago de asfalto, de renombre mundial. Este depósito cubre una extensión de unas 46 hectas. y tiene una profundidad de más de 30 mts. Se infiere que lo abastece alguna fuente subterránea, dado que, de él se han extraído, el nivel del depósito no ha llegado a bajar en forma apreciable. El asfalto forma una costra dura en la superficie. Es extraído en trozos a golpe de zapapico, y conducido en vagonetas a los barcos que lo transportan a las refinerías de los E.U.A. o de Europa.

Otro yacimiento notable es el de Bermúdez en territorio de Venezuela. En extensión superficial es unas diez veces mayor que el de Trinidad, pero su profundidad es mucho menor.

En algunos otros países existen depósitos similares de asfalto. Más no de tanta importancia. En varios de estos yacimientos se han encontrado valiosos restos de fósiles.

En los estados de Norteamérica, Alabama, Kentucky, Oklahoma y Texas y en algunos países de Europa, Francia, Italia y Suiza se explotan mantos de asfalto constituidos por areniscas o calizas impregnadas de asfalto.

Las magníficas cualidades aglutinantes e impermeabilizantes del asfalto lo han convertido en material muy útil que se emplea universalmente en la preparación de las mezclas bituminosas con que se pavimentan carreteras modernas, calles y algunas pistas de aeropuertos. No hay que confundirlo con el alquitrán que se obtiene durante la elaboración del coque.

El asfalto se emplea también en la fabricación de pinturas y barnices, - en la impermeabilización de techos y cimientos, y en algunas otras formas.

Se producen diversos tipos de asfaltos para satisfacer las múltiples especificaciones de los pavimentos modernos. Así por ejemplo, las vías de mucho tránsito requieren una cubierta asfáltica de unos ocho centímetros de espesor, en tanto que en los caminos rurales, o vías secundarias, bastará con una cuyo espesor no exceda de tres a cuatro. En cualquier caso, la función del asfalto es la de mantener firmemente adheridas las partículas de arena y grava o piedra triturada que forman la capa superior del pavimento. Antiguamente solo podían emplearse en estos trabajos los asfaltos naturales endurecidos que requieren la aplicación de calor para derretirse, pero el perfeccionamiento de los asfaltos líquidos derivados de la refinación del petróleo ha permitido usarlos con ventaja, al grado de que actualmente la mayoría de los que entran en la construcción de pavimentos provienen de las refinerías de petróleo.

El petróleo crudo se somete a procesos que tienen por objeto obtener los siguientes productos.

- 1).- Combustibles para distintos usos.
- 2).- Lubricantes para vehículos de tracción.
- 3).- Materias primas para la Petroquímica.

Los procesos a que se somete el petróleo crudo para lograr lo anterior son 3:

- 1).- De separación por destilación que aparta todos los componentes de petróleo crudo.
- 2).- De desintegración de los componentes pesados del petróleo, que sirve para convertirlos en gasolina y gas licuado.
- 3).- De purificación de los productos para cumplir con las normas de calidad nacionales.

PROCESOS DE DESTILACION DEL PETROLEO CRUDO.

El petróleo crudo está formado por hidrocarburos, desde el gas licuado - hasta el asfalto.

Se aprovecha la volatibilidad que tienen unos y otros y se procede a separarlos en columnas de destilación; para ello se calienta el petróleo - crudo de determinada temperatura en que los componentes ligeros se evaporan y luego se condensan los hidrocarburos evaporados a diferentes temperaturas.

Los hidrocarburos menos volátiles, se condensan a menor temperatura y viceversa los más volátiles a mayor temperatura.

Así se obtienen los distintos condensados: gas licuado, gasolina, kerosina y combustibles diesel.

PROCESOS DE DESINTEGRACION

Después de los procesos de destilación del petróleo crudo, subsisten residuos que se someten a una nueva destilación al alto vacío, que separan los componentes a una menos volátil y tomando en consideración las propiedades del petróleo crudo de que se trata serán destinados a lubricantes o de desintegrarse catalíticamente.

Los residuos de esta destilación son asfaltos y material cartas para planta de coque y para la hidrodeseintegradora de residuales y nuevamente la obtención de destilados.

Los destilados que se destinan a lubricantes son sometidos a distintos procesos:

Extracción con furfural y desparafinación con metil, etil o cetona, - por medio de éstos se obtienen lubricantes básicos que con distintos aditivos forman la gama de lubricantes usados en la actualidad y las parafinas existentes.

Los destilados que no se dedican a lubricantes, se procede a desintegrarlos catalíticamente y se convierten en productos comerciales como el gas licuado, gasolina de alto octanaje y combustible diesel.

PROCESO DE PURIFICACION

Después de los dos procesos anteriores, se somete a proceso de purificación para eliminar algunos compuestos que producen ciertos inconvenientes y estos contaminantes lo constituyen los compuestos derivados del azufre; si no se procediera a los métodos de purificación los derivados del petróleo tendrían como inconveniente mal olor y contaminación de la atmósfera al ser quemados.

b).- Elaboración de Emulsiones Asfálticas

Básicamente las Emulsiones Asfálticas se fabrican mezclando asfalto licuado mediante calentamiento y una solución jabonosa de agua, llamada emulsificante, en un aparato dispersador conocido como molino coloidal. Ahí, se les aplica una enorme fuerza cortante que parte el asfalto en microscópicas gotas. El emulsificante inicialmente en solución con el agua, consta de grandes moléculas conteniendo principalmente carbón --- neutro e hidrógeno, pero que se han ionizado al contacto con el agua. - Esta ionización deja una carga eléctrica en un extremo de la molécula emulsificante, positiva o negativa dependiendo de su naturaleza específica como la mayor parte de la molécula del emulsificante es hidrocarburo al igual que el asfalto, la solución es soluble en asfalto. El extre

mo de la molécula cargado eléctricamente es inorgánico, por lo tanto, soluble en agua y no es asfalto. Por lo tanto, al pasar por el molino coloidal, las moléculas del emulsificante resultarán con su extremo orgánico, disuelto en el asfalto, y el extremo cargado eléctricamente y no orgánico, fuera de éste y disuelto en el agua que lo rodea. De esta manera, cada partícula de asfalto quedará cubierta de una capa eléctrica con polaridad que depende de la del emulsificante, y todas serán del mismo signo por lo que se rechazarán, no permitiéndose la coagulación.

Si se introducen dos electrodos simultáneamente en la solución. Las partículas de asfalto cargadas eléctricamente se dirigirán a aquella punta que suministre una carga eléctrica a la que tiene el asfalto.

Si éste está cargado positivamente, se dirigirá al electrodo negativo a cátodo por lo que esta emulsión se denomina "Emulsión Catiónica" y viceversa, si se dirige al electrodo positivo o ánodo será porque su carga es negativa, recibiendo el nombre de "Emulsión Aniónica".

Los tipos de Emulsiones Asfálticas son los siguientes:

I.- ANIONICAS:

- a).- De rompimiento rápido.
- b).- De rompimiento lento

II.- CATIONICAS:

- a).- De rompimiento ultra-rápido
- b).- De rompimiento rápido
- c).- De rompimiento medio
- d).- De rompimiento lento

La mayoría de las partículas de asfalto tienen un diámetro menor de 5 micras (0.000 2"). Las fuerzas debidas a la tensión superficial en las pequeñas partículas es tan grande que el asfalto permanece en emulsión y por lo tanto líquido a temperatura ambiente de tal modo que puede mezclarse y cubrir cualquier agregado.

El comportamiento de cualquier emulsión depende grandemente de la naturaleza del mineral y del emulsificante utilizado, por lo que no podemos ge-

neralizar estas combinaciones para el Mortero Asfáltico. Se requieren pruebas de laboratorio de compatibilidad. Las Emulsiones aniónicas tienen un rango mayor de compatibilidad que las catiónicas.

Actualmente, se usan dos tipos de emulsión aniónica en Mortero Asfáltico. El primero es aquel en el que la adherencia se logra al evaporarse el agua de ésta, se conoce como Emulsión Aniónica de fraguado lento (E.L.) y puede ser usado con casi cualquier tipo de agregado aceptable en Morteros.

Hace algunos años se desarrolló una emulsión que no sólo evaporaba el agua, sino que la expulsaba a la superficie del tendido permitiendo su escurrimiento, a ésta se le conoce como emulsión aniónica de fraguado rápido (E.R. o QS).

Ciertos fillers minerales como el cemento portland en muy pequeña proporción, puede ser usado como un acelerante de emulsiones aniónicas.

En Morteros con emulsión catiónica, la expulsión del agua está ligada con el fraguado, estas mezclas son bastante rápidas (ER-C o QSK) y el problema mayor consiste en tener el tiempo necesario para mezclar y tender la mezcla antes del rompimiento. Esto es difícil, pero no es posible de determinar, aún así, el número de mezclas de Emulsión Catiónica - agregado es muy limitado ya que muchos rompen antes de ser debidamente tendidos o aún, mezclados.

En los Morteros Catiónicos, el cemento portland, limo y el sulfato de amonio sirven como retardantes de rompimiento. Se da por hecho que el rompimiento de la emulsión y expulsión del agua es un proceso químico ya que el rompimiento de cualquier ER-C se acelera con el aumento de temperatura, al igual que las reacciones químicas, por lo que su uso se hace casi imposible en los climas muy calientes.

MUESTREO.- Los proveedores de emulsiones cuentan con laboratorios bien equipados y personal calificado para determinar las características adecuadas en sus productos. Si el muestreo se hace por un laboratorio independiente, deberá analizar 0.94 lt (1 quart) según el procedimiento

to AASHO-T40 y ASTM-D140.

PRUEBA DE LABORATORIO. - Se seguirá la prueba AASHO-T59 o ASTM-D244.

- a) conocer el contenido de asfalto de la emulsión para proponer la proporción.
- b) viscosidad de la emulsión para determinar su facilidad bombeo.

Una vez extraído el residuo de asfalto, se determina su dureza y penetración (AASHO-T49, ASTM-D4). Se recomienda.

(5)

<u>CLIMA</u>	<u>ASFALTO</u>
Templado-caliente	DURO (Baja penetración)
Moderado-frío	SUAVE (Alta penetración)

Como no hay especificaciones para la dimensión de las partículas de asfalto, ni un método estandar para controlarlo, se requerirá un estudio adicional. De estadísticas se deduce que a partículas más pequeñas, mayor estabilidad de la emulsión y facilidad de cubrimiento del agregado.

Antes de intentar el mezclado de la emulsión y el agregado, deberá conocerse la naturaleza eléctrica de ambos. De la primera se logra mediante la electrólisis o bien, se mezcla con emulsión que previamente se sabe es Catiónica. Si la muestra rompe, es porque se trata de emulsión aniónica. En caso contrario, se mezcla con Aniónica. Si en este caso rompe, se tratará de una emulsión Catiónica. Si después de intentar con ambas, no rompe, se trata de una emulsión no iónica.

Es necesario pero no suficiente condición para el uso de morteros en sellos, que tanto agregado como emulsión cumplan especificaciones individuales. Deben además combinar en una forma estable y el rompimiento de la emulsión no deberá por ningún motivo suceder durante el mezclado o colocación, sino hasta que se haya completado su tendido sobre el pavimento existente.

(5) Ver apéndice 5

APLICACIONES

Los morteros asfálticos tienen muchas ventajas en casi todas las aplicaciones en que se requiere acabado terso, de buena apariencia sin incluir un peso o espesor grande, resistente al desgaste, antiderrapante e impermeable y completamente libre de material suelto. Han tenido mucho éxito en aplicaciones en calles, caminos vecinales, carreteras --- principales, acotamientos, cubiertas de puentes, pistas de prueba para automóviles y llantas, caminos privados y entradas a cocheras, etc. Se está incrementando su uso en autopistas.

Carreteras, calles y caminos de penetración.- El gran potencial de mercado para el mortero asfáltico se debe al elevado número de carreteras y calles de ligero y mediano tráfico. En tales casos, el mortero puede proveer de pavimento como tal en forma práctica y económica o bien, una superficie de rodamiento en pavimentos desgastados pero aún sanos. En el caso de calles la experiencia ha demostrado que el mortero, dentro de un bien planeado programa de mantenimiento puede prolongar la vida del pavimento casi indefinidamente sin ahogar registros y coladeras de alcantarillado, etc.

En muchos casos, caminos vecinales y de penetración, accesos en cementerios etc., se han sellado con mortero aún sin gran y caro trabajo en la base.

Carreteras Principales y Acotamientos.- El mortero asfáltico ha tenido gran ventaja no sólo en la carretera principal, sino también en los acotamientos, que además de sellarlos y protegerlos, les proporciona calor contrastante y estructura superficial.

Cubiertas de Puentes.- En este caso, el mortero asfáltico además de proteger sellar y dar superficie tersa y anti-derrapante, por su pequeño espesor, incrementa en forma muy pequeña la carga del puente.

Aeropistas.- En este caso la mayor ventaja del mortero asfáltico es que no deja material suelto que causa grandes daños a los motores de los aviones cuando es succionado por las turbinas.

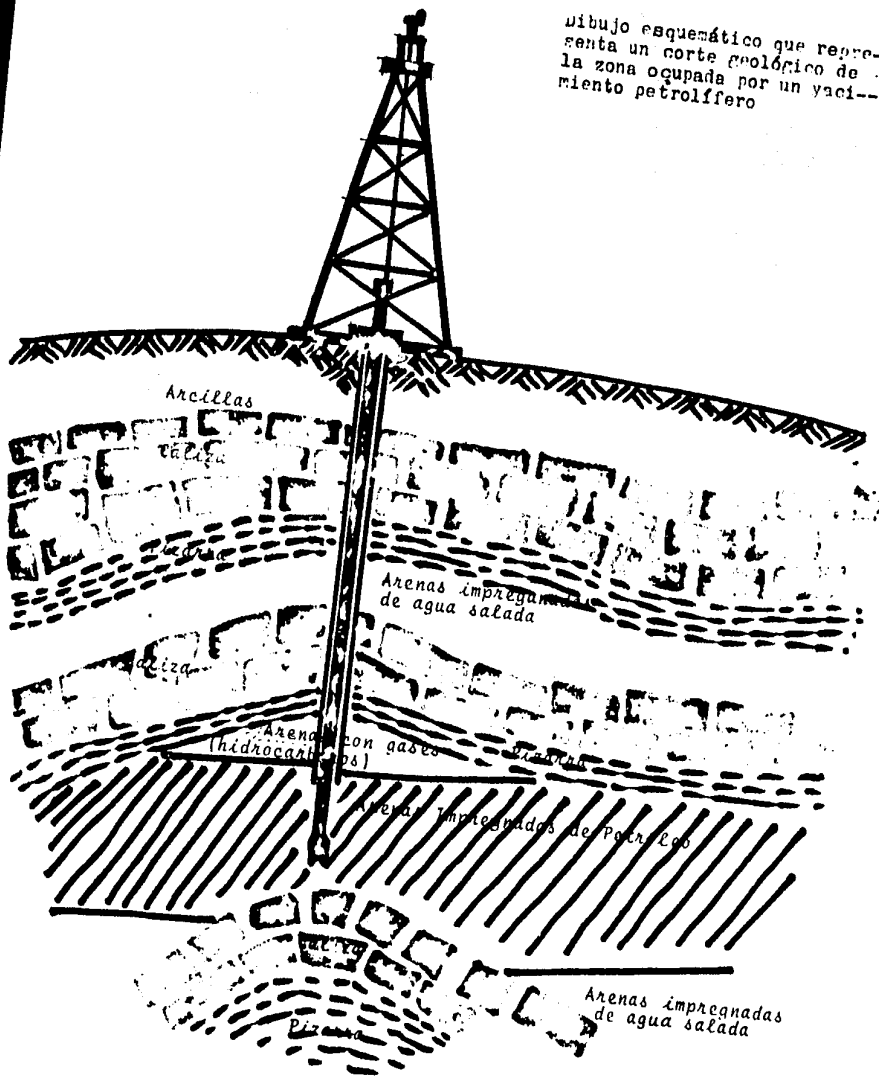
Estacionamientos.- El uso del mortero en patios de estacionamiento se -

ha incrementado grandemente. En este caso se debe dar particular importancia a la compactación del mortero, ya que el tráfico le dará solamente en una zona limitada del patio y segundo, porque el giro de las llantas delanteras al momento de estacionar el vehículo causa gran daño al pavimento. Las estadísticas muestran que los propietarios de estacionamiento están prefiriendo el mortero asfáltico gracias a su bajo costo en el mantenimiento de los patios.

Pistas de prueba.- Las pistas de prueba para automóviles recubiertas con mortero asfáltico proporciona mayor resistencia al patinaje bajo condiciones más severas que las normales que puede encontrar el conductor ordinario. Estas pistas con mortero con agregados de escoria de fundición han dado magníficos resultados en climas muy fríos y en desérticos.

Varios.- Otros usos del mortero son: heliopuertos, andadores en parques, represas, lagos artificiales, tanques de almacenamiento, diques etc.

Diagrama esquemático que representa un corte geológico de la zona ocupada por un yacimiento petrolífero



C A P I T U L O III

DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE SLURRY SEAL

INTRODUCCION.-

A través de la historia, las mezclas de agregados finos con Asfalto, han contribuido a la construcción. Por ejemplo; los morteros de arena para fijar los tabiques de los palacios sirios, calafateo de balsas de papiro y galerías fenicias, asfalto para pisos, techos y pavimentos, El "Gussasphalt" y el Schlame de Alemania o mezcla arena-emulsión en capa muy delgada y la lechada o primer Slurry en California de los años 30's.

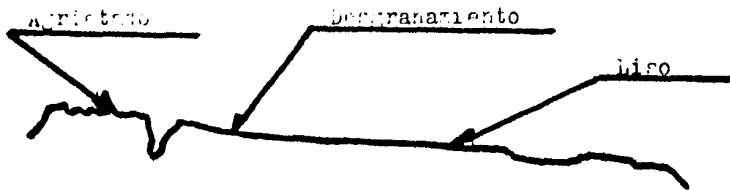
Con la comercialización de la máquina de mezcla continua y tendedora de Slurry Seal, en 1960, se extendieron los horizontes para las mezclas de agregados finos. La industria del Slurry Seal estuvo restringida al uso de emulsiones lentas para agregados bien graduados hasta 1966, que se introdujo el primer sistema de fraguado rápido.

Estas se han clasificado como "Mezclas Asfálticas de Agregados Finos".

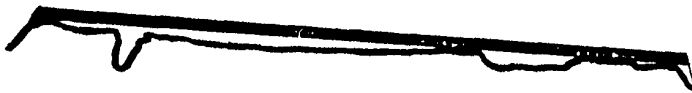
Nosotros entendemos por Slurry Seal un fluido homogéneo, aplicado sobre el pavimento mediante una caja esparcidora sin fondo con hules -- para nivelación y remolcado.

FIGURA 1.- El proceso continuo de proporciones exactas, mezclado y esparcido de la mezcla.

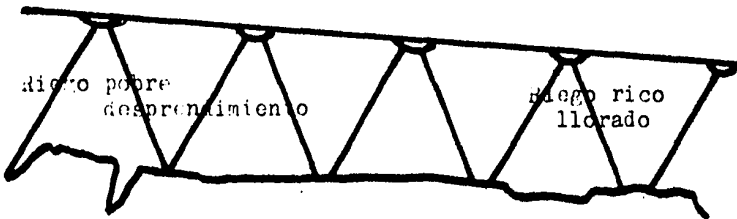
Los principales componentes de un Slurry Seal son, Agregado y Emulsión Asfáltica. El agregado debe ser limpio, triturado, durable, debidamente graduado y uniforme. La Emulsión es un sistema de 3 partes: Cemento Asfáltico, Agua y Emulsificante, generalmente del tipo AASHO-"SS", para mezclas densas, hecha de asfalto para pavimentos que puede ser duro o suave y puede ser de fraguado rápido o lento y de emulsificante catiónico, aniónico o no iónico.



Sección típica de textura variable



La sobrecarpeta puentes el problema



Barra de riego constante
Superficie de demanda variable

Slurry seal



Riego de acuerdo a la demanda superficial

FIGURA 1

Se usan fillers como cemento y cal hidratada en pequeñas cantidades, para estabilizar incompatibilidad en la mezcla o modificarla químicamente. El agua de la mezcla debe ser potable y libre de sales nocivas.

La asociación Internacional de Slurry Seal, reconoce tres tipos de agregados (A-105).

TIPO I FINO	1/8"
TIPO II GENERAL	1/4"
TIPO III GRUESO	3/8"

La elección de cualquier tipo depende del objetivo del tratamiento -
Tipo 1.- Se usa para máxima penetración en las grietas y como preparación para mezcla en caliente o sello convencional. Se usa generalmente como sello en áreas de poco tránsito, Aeropuertos para Aviones ligeros, Estacionamientos y Hombros de carreteras.

TIPO II.- El más ampliamente usado y se emplea para sellar, corregir defectos severos, oxidación y pérdida de aglutinante y para aumentar la resistencia al derrape. Se usa en tráfico moderado y pesado, dependiendo de la calidad del agregado disponible y del diseño.

TIPO III.- Se usa para corregir severos defectos de la superficie, - como primer capa de un tratamiento múltiple, para dar resistencia al derrape, para prevenir patinaje por agua bajo cargas muy pesadas y - para extender la vida útil en estas condiciones.

Los usos principales para un Slurry Seal en tratamiento son:

1.- PREVENTIVO.- Para prevenir al pavimento contra pérdidas y efectos de la intemperie (oxidación, pérdida de aceites y de aglomerante y agrietamiento de la mezcla estructural), y para aumentar la durabilidad y textura que no existe en la capa inferior de mezcla.

2.- CORRECTIVO.- Para corregir defectos ocurridos en pavimentos viejos como grietas, corrimientos, desgranamientos, permeabilidad y patinaje por erosión o pulimiento del agregado.

Slurry Seal es el tratamiento para pavimentos más versátil. Se requiere poca energía para tenderlo, ya que resulta una capa muy delgada, -

por lo que resulta económica y es factible usar materiales no comunes en construcción.

Slurry Seal se distingue de los otros tratamientos superficiales -- por su propiedad característica de depositar una capa de Mortero - Asfáltico en las superficies de los pavimentos de acuerdo a lo demandado por la textura superficial.

Como se aprecia en la Figura 1. El Mortero, en una sola pasada, rellena grietas transversales de propiedad antiderrapante, impermeable y provee color y textura.

Observamos en la sección que el tráfico ha compactado y pulido la rodada y a los lados de ésta hay agrietamiento y desgranamiento. Una mezcla no fluida (carpeta) puenteará las grietas y vacíos. Un sello convencional aplicará rebajado en cantidad constante lo que resulta muy rico en las rodadas y muy escaso en las zonas de falla. En tanto que el Slurry Seal deja una superficie uniforme después de compensar perfectamente los vacíos, y en una sola pasada.

Las propiedades del Slurry Seal terminado varían con las propiedades de los componentes de la mezcla y con el diseño y construcción así -- como con la selección de combinación de agregados. Se considera que el Slurry tiene muy baja permeabilidad (un excelente sello), baja -- resistencia a la tensión alta a la compresión, alta al derrape, buena macrotextura y resistente al patinaje cuando mojado, buena esta-bilidad, excelente adherencia y apariencia.

Estas propiedades se pueden alterar si se seleccionan agregados es-- peciales para aumentar resistencia al derrape u oxidación o aditivos para dar elasticidad, flexibilidad y resistencia a cambios bruscos -- de temperatura.

DISEÑO DE MEZCLAS DE SLURRY SEAL

El desarrollo de los procedimientos de diseño de Slurry Seal es para lelo al de otros tipos de agrietamientos, por ejemplo: juicio y error, relación de comportamiento en campo y laboratorio, etc.

En la investigación para aumentar los usos, todos los métodos de pavimentación se modifican año con año. Es el caso de contenido óptimo de vacíos o penetración del asfalto, que son normas que no han quedado definidas en más de 25 años de discusión. Cada año, la Industria de pavimentos reinventa antiguas teorías y algunas veces cae en los mismos errores, sin embargo sabemos que los diseños y normas están aún por definirse.

Benedict se basa en los procedimientos de: ISSA-A-105, The Bituminous Surfaces Handbook, Slurry Seal Inc., Instruction Report S-75-1, U.S.-Army Waterways Experiment Station, ASTM Boletín técnico ISSA y Reporte del Comité R & D.

El estado no permite el establecimiento de valores universales para todas las pruebas señaladas a continuación, y estas solo son reportes de laboratorio.

- a).- Consideraciones preliminares: Condiciones del pavimento, determinación de objetivos, evaluación de materiales y selección de caminos para alcanzar objetivos.
- b).- Formulación de mezcla de trabajo en laboratorio por simulación de condiciones de campo.
- c).- Traslado al campo de los resultados de laboratorio.

El diseñador debe resolver las siguientes interrogantes:

- 1.- Mezclarán bien los agregados y emulsión?
- 2.- Cubrirá bien el Slurry?
- 3.- Será duradero?

a).- CONSIDERACIONES PRELIMINARES DE DISEÑO

1.- DESCRIPCIÓN DEL PAVIMENTO POR TRATAR

a).- Condiciones de superficie: macrotextura, Absorbencia, Grietas de Estructura y de Superficie, Contaminación de la Superficie, Geometría Longitudinal y Transversal, Baches y Vegetación.

b).- Condiciones climatológicas; temperatura, precipitación, intensidad de sol y viento.

c).- Tráfico diario promedio (TDP), límite de velocidad.

1.- DETERMINACION DE OBJETO DEL TRATAMIENTO

a).- Evitar patinaje, macrotextura superficial.

b).- Sellado, corrección de depresiones, relleno de grietas, acuanamiento, corrección de roderas, preparación para sobrecarpeta, corrección de textura resbalosa.

c).- Requerimiento de prolongar vida útil.

3.- EVALUACION Y SELECCION DE MATERIALES

a).- Evaluación de agregados propuestos

1.- Registro de durabilidad en campo.

2.- Nivel de resistencia al derrape, susceptibilidad al pulimento.

3.- Granulometría, % vacíos, calidad del fino, equivalente de arena, - forma de la partícula, microtextura.

4.- Propiedades mecánicas, resistencia a la abrasión, prueba de los Angeles, desgaste por fricción al agitar, prueba de abrasión de la - rueda, dureza, resistencia al rompimiento congelación y deshielo.

5.- Propiedades químicas, insolubilidad en ácidos, resistencia al sulfato de sodio, solubilidad en agua.

6.- Mineralogía petrología, geología.

7.- Economía, localización, abundancia, costo de transporte.

d).- Selección de agregados y granulometría para alcanzar objetivos.

e).- Evaluación de la Emulsión propuesta.

1.- Registro de duración en campo.

2.- Tipo de asfalto, oxidación, dureza.

3.- Partícula de la Emulsión, tamaño, estabilidad, sensibilidad, pasado por malla.

4.- Penetración / temperatura, viscosidad.

5.- Clima, nublado, soleado, viento, nieve, sal, tiempo para abrir el tránsito.

6.- Fraguado rápido o lento.

- 7.- Compatibilidad / adhesión, características del agregado y acción acelerante / retardante del filler, re-emulsificación.
- 8.- Economía, localización, abundancia, costo del flete.

Selección de la emulsión para lograr objetivos.

b).- FORMULACION DE MEZCLA DE TRABAJO

1.- ESTIMACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO (COA)

Requerimiento de asfalto por el método del área cubierta con 8 micras.

- a).-Equivalente de arena del agregado
- b).- Peso específico del agregado
- c).-Granulometría
- d).-Equivalente de Keroseno (prueba centrífuga)
- e).-Cálculo del área total del agregado
- f).-Porcentaje de residuo asfáltico en la emulsión
- g).-Cálculo teórico del COA por el método, cubriendo el área del material (área/cm³ de material), con una capa de 8 micras y reporte de:
 - 1.- % de Asfalto, en peso del agregado seco.
 - 2.- % de Emulsión en peso del agregado según % residuo asfáltico en la emulsión.
 - 3.- % De asfalto del total de sólidos secos.

2.- DETERMINACION DEL SISTEMA DE COMPATIBILIDAD

- a).-Cálculo de filler*/aditivo requerido
 - 1.- Probar 100 grs de agregado con el 100% de COA para determinar el óptimo de humedad, requerimiento de filler y tiempo curado.
 - 2.- Ajustar COA para el filler agregado.
- b).-Prueba de consistencia del cono para obtener consistencia de 2.5 cm (ISSA TB 106)
 - 1.- Determinar el óptimo de agua para 3 minutos de contenido de emulsión con consistencia de 2.5 cm., ejemplo: 100%, 85%,70% COA.
 - 2.- Ajustar contenido de emulsión, agua y filler para diferentes tiempos de fraguado según condiciones de tránsito.

3.- Construir gráficas consistencia-agua en rangos 2-3,4-5,6-7 cms., con tres diferentes COA, secar las pastillas al aire y guardarlas.

*FILLER= Cal Hidratada o Cemento Portland.

c).- Pruebas de Compatibilidad.

1.- Examinar una sección de corte transversal en una pastilla y ver la pérdida del agregado o lloramiento de asfalto.

2.- Si se observa falta de uniformidad, hacer la prueba de compatibilidad de copa.

a).- Mezclar 100 grs., de cada formulación en un vaso de plástico, - dejarlo en el vaso por 12 hrs., separarlo en 2 mitades (al centro de la altura) secar, extraer el asfalto por destilación. Una variación de 10 a 15% de residuo entre la parte superior e - inferior indica incompatibilidad en el sistema.

3.- Prueba de destilación húmeda: 10 grs. de Slurry curado en 400 ml. de agua hirviendo por 3 minutos. Colocarla sobre una servilleta - de papel absorbente. Si queda poco asfalto indica falta de adhe- rencia, película de asfalto pobre, mala formulación de emulsión, - re-emulsificación o falso Slurry.

3.- TRAFICO/TIEMPO DE CURADO POR EL PROCEDIMIENTO PARA SLURRY

a).- Mezclar y determinar tiempo de fraguado (ISSA-TB102) a temperatura ambiente.

b).- Determinar tiempo de fraguado para pasar tráfico mediante cohesio metro para Slurry (ASTM-04-24) a temperatura de trabajo, ejemplo: 15°C, 27°C y 38°C.

4.- PRUEBAS FISICAS EN SLURRY FRAGUADO

a).- Establecer límite máximo WTAT (8grs/dm²)= contenido mínimo de asfalto.

b).- Establecer límite máximo LWT= contenido máximo de asfalto.

Establecer el máximo LWT para los límites de tráfico.

LIGERO= 0 a 500 vehículos/día promedio (6.5 grs/
dm²)

MEDIO = 250 a 1500 vehículos/día (5.9 grs/dm²)

PESADO= 1500 a 3000 vehículos/día (5.4 grs/dm²)

- c) Establecer la tolerancia de trabajo.
- d) Graficar los datos de estas pruebas y sobreponer las curvas y leer así el contenido óptimo de asfalto (COA).

c) CONTROL DE LA CONSTRUCCION DEL SLURRY SEAL

Una vez establecido el diseño óptimo, es necesario llevarlo a controles de volumen en el campo. ISSA en el boletín técnico No. 107 describe el "Método para unidades de control de campo de volumen de Slurry Seal". El objeto es orientar a operadores y supervisores a controlar los volúmenes de tiro para obtener el diseño planteado. Este método es esencialmente para transformar los datos de laboratorio en unidades de galones, M3, M2, bultos de aditivo, etc.

C A P Í T U L O I V

INTRODUCCION AL ESTUDIO PARA LA PROGRAMACION
Y MANTENIMIENTO DE APLICACIONES DE SLURRY
SEAL

a) *Slurry Seal es una mezcla fluida, homogénea de emulsión asfáltica, agua, filler mineral y agregados finos bien graduados que se aplica al pavimento, mediante una rastra acoplada a una máquina mezcladora.*

La característica particular del Slurry Seal es su inherente capacidad de depositarse en una capa delgada sobre una superficie variable de acuerdo a las demandas de la superficie. Una superficie tersa recibirá una capa muy delgada en tanto que una superficie desgranada y agrietada recibirá, de una sola pasada, una capa múltiple que rellenará todas las cavidades.

Se sugiere que debido a que el sello convencional (rebajado y agregado) deposita solamente una capa uniforme en el sentido transversal y no de acuerdo a la demanda de la superficie, se aplique una capa delgada de Slurry Seal ANTES de aplicar el sello convencional.

Se sugiere una aplicación de Slurry Seal bien diseñada y evitar así el sello convencional.

La cantidad y formas de aplicación dependen de muchas variables aún no bien entendidas. Exitos innumerables en la aplicaciones de Slurry Seal se han tenido en el campo mediante experimentación y observación del Contratista y la tolerancia del cliente. Ya que estas observaciones -- han originado una amplia gama de variantes, es necesario entender y -- cuantificar todos los factores envueltos y poder así llegar a conclusiones tangibles.

b) PROGRAMA

Descripción de los factores variables que determinan los espesores de Slurry Seal.

1.- EL PAVIMENTO

a).- Condiciones de superficie

- 1.- Macrotextura de la superficie
- 2.- Absorcencia y permeabilidad de la superficie
- 3.- Limpieza de la superficie
- 4.- Agrietamiento de la superficie (no grietas estructurales)

b).- Geometría superficial

- 1.- Corona o sobre elevación
- 2.- Rodadas
- 3.- Corrugaciones
- 4.- Erosión severa
- 5.- Grietas estructurales y juntas de construcción
- 6.- Secciones acuñadas.

2.- EL SLURRY SEAL

a).- Propiedades del Slurry

- 1.- Granulometría
- 2.- Forma del agregado, angularidad y acuñamiento
- 3.- Peso específico de la mezcla.
- 4.- Espesor del Slurry en la rastra (presión hidrostática)
- 5.- Humedad del pavimento, uso de la barra de espreas.

3.- LA RASTRA

a).- Geometría de la rastra

- 1.- De uno o dos compartimientos
- 2.- División lateral
- 3.- Articulada con bisagra o fija
- 4.- Claro entre patines
- 5.- Gusanos distribuidores, dimensión localización, velocidad

Llenado o caída de la mezcla, presión contra los hules en los compartimientos delantero y trasero.

a).- Propiedades de los hules

- 1.- Dimensiones
- 2.- Dureza
- 3.- Elasticidad
- 4.- Plasticidad
- 5.- Tipo de Material

b).- Montaje de Hules

- 1.- Patines-altura o distancia de la grapa al pavimento
- 2.- Angulo de la grapa
- 3.- Alargamiento al tensado
- 4.- Presión de contacto de hules con el pavimento.

c).- Velocidad de avance

- 1.- Efecto del extendido (acabado o textura)
- 2.- Efecto de rodamiento-distribución de la mezcla

Método simplificado para medición de Macrotextura de la superficie. Cantidad de Slurry Seal que requiere la superficie.

Va que el Slurry Seal deposita la capa de Mortero Asfáltico que la superficie requiere, es necesario conocer la demanda real. La medición de demanda de la superficie (cantidad de Slurry Seal que requiere el pavimento para llenar vacíos y dejar una capa sencilla), incluye una descripción de:

- a) textura de la superficie
- b) geometría de la superficie

Aquí solo se hablará del punto a) textura.

Se han desarrollado varios métodos para describir la textura, McLeod, El Instituto del Asfalto, El Departamento de Transportes de Kansas, entre otros dan la siguiente descripción:

- | | |
|---------|---|
| B----- | Negra (black) |
| S----- | Tersa no porosa (Smooth) |
| H1----- | Ligeramente poroso, oxidado |
| H2----- | Ligeramente desgranado, poroso, oxidado |
| H3----- | Muy desgranado, poroso, oxidado. |

Jerry Rose mide la textura mediante:

- A----- Un copiador - perfilador
- B----- Aguja medidora de textura
- C----- Medición del parche de arena
- D----- Impresión sobre masticque

El trabajo de Rose está dirigido principalmente a medir espesores requeridos para evitar patinajes por agua y a entender la influencia de la macrotextura en la resistencia al derrape.

El Departamento de transporte de Kentucky, método No. 64-307-74 "Medición de Texturas por la prueba del parche de arena" resulta un método más elaborado.

Shanfield clasifica todas las Macro y Micro texturas y formas de proyección mediante mediciones con Estéreo-Fotografías de las superficies. Su propósito principal es determinar resistencia al derrape foto-ópticamente.

Benedict sugiere colocar sobre el pavimento una pequeña rastra de madera con arena fina, y jalarla, midiendo el área que se cubre con un volúmen conocido. El área será menor mientras más áspero sea el pavimento.

Se construyó una enrasadora común de madera de 5/8" x 13/4", una caja de arena de 17 x 44 x 82 mm (interiores) con un volumen de 60 cc. La caja - se coloca sobre el pavimento, se llena con arena sílica (pasa malla 50 y retenida en la 100), se enrasa (el peso es 3 lb, 1.3 Kg) y se arrastra - sobre el pavimento hasta que queda vacía. Se mide la longitud y se reparte en "metros textura de caja de arena de 60 cc".

Se tienen los siguientes resultados en diferentes pavimentos y acabados.

MACROTEXTURA DE LA CAJA DE ARENA
DISTANCIA REQUERIDA PARA ESPARCIR 60 CC DE ARENA
PASA MALLA 50, RETENIDA EN 100, 3 LB DE
ARENA Y FRANJA DE 17 MM

1.- Concreto acabado con acabador metálico	4.9 m [±] 5%
2.- Fietro impregnando p/techo, lado exterior	4.9 m
3.- Fietro impregnado p/techo, lado interior	5.5 m
4.- Concreto Asfáltico de 2 años, saturado de aceite sobremarca de rodadas	3.8 m
5.- El mismo, transversal	3.8 m
6.- El mismo, sin aceite, longitudinal	3.1 m
7.- El mismo, transversal	2.9 m
8.- Concreto acabado con llana de madera	2.6 m [±] 5%
9.- Estacionamiento, mezcla en caliente vieja	1.8 m
10.- Mismo con capa sencilla de Emulsión de alquitrán	2.4 m
11.- Adyacente con mezcla en caliente, a los 2 meses	3.2 m
12.- Hombros, 5 años antigüedad, mezcla en promedio 5.5, 8.0 , 6.6	2.0 m
13.- Mismo, transversal	2.2 m
14.- Slurry tipo II, 7 años, longitudinal	1.3 m
15.- Mismo transversal	1.1 m
16.- Mezcla caliente de 10 años, longitudinal	1.5 m
17.- Misma, transversal	1.1 m

Nota: No confundir Macrotextura de caja de arena con resistencia al derrape. En general, una medida de Macrotextura de más de 3-3.5 mts., se considera inadecuada para resistir patinaje por agua.

Este método de la caja de arena, una vez estandarizado proporcionará un criterio común para medir la demanda de Slurry Seal.

De los datos anteriores vemos que existe una relación entre la macrotextura y la cantidad de arena requerida para llenar sus vacíos (demanda de superficie). Para determinar el espesor de Slurry Seal requerido, se deben estudiar los otros variables: tipo y dimensiones de la rastra, propiedades de los hules, consistencia y espesor de la mezcla en la rastra, etc.

La importancia de las propiedades de los hules, ajuste en sus soportes, consistencia y espesor en la rastra y control del Slurry Seal.

Se ha encontrado que al menos 33 factores afecta el espesor del Slurry Seal. El grado de éxito de una aplicación en particular se juzga para su apariencia inicial y su término de duración. La calidad no puede ser conocida sin saber que espesor se requiere mediante medición de campo.

Para entender la mecánica de aplicación del Slurry Seal se deben estudiar y evaluar todos los factores, sin embargo, aquí sólo se expondrán en forma preliminar los siguientes factores:

- 1.- Propiedades de los hules niveladores, dimensiones, etc.
- 2.- Medición de la presión de hules contra el pavimento en relación con la dureza de los hules y colocación de patines (altura o espesor).
- 3.- Medida de espesores aplicados a superficie tersa, sin textura, por variación de:
 - a) Presión de contacto del hule
 - b) Consistencia de la mezcla
 - c) Espesor o presión de la mezcla en la rastra.

El procedimiento experimental adaptado aquí incluye la medición del pavimento, presión de contacto estática o peso a 3 tiras de hule de 3.45 mts. c/u montados en grapa convencional a 90°.

Se montaron los hules seleccionados en una rastra de 1 lt., ésta se llena con 1,000 - 2,000 grs de Slurry tipo II y se esparció sobre un fieltro saturado de textura tersa. Después de secado al sol y se calculó el peso/cm² depositado.

La tabla 1 describe las propiedades y presión de contacto de los hules usados. Las durezas medidas con un Durómetro en un hule de 6", de 78 a 38.- Los espesores de 1/2" a 1/4", presión de contacto desde 38 a 7.5 lb/ft. (550-110 gr/cm lineal) de hule de contacto.

La figura 1 muestra la diferencia de varias distancias grapa-pavimento de 1 1/2", 2" y 3". Por ejemplo, el hule No. 1, colocado a 1 1/2" de altura de patín y sostenido sobre un zurco del pavimento de 1 1/2" de profundidad, dará presión desde 38 hasta 19 lb/pie (550-270 gr/cm) dependiendo de la -- profundidad del zurco.

Mientras más blando el hule, menor presión, la grapa colocada más cerca del pavimento origina mayor presión. La presión de hule dura de -- $3/8$ " de espesor es casi igual a la de hule suave de $1/2$ ".

La figura 2 muestra los efectos de consistencia del Slurry mientras - más secas las mezclas, mayores espesores. (de 10 a 30% de más al quedar en el rango de consistencia de 5 a 2.5 según la prueba de cono y círculos concéntricos).

La figura 3 muestra los efectos de incremento en el espesor de la mezcla en la rastra o presión hidrostática del Slurry contra el hule. Cada 2" de incremento en el espesor, aumentan el tendido en 10 a 12%.

Se ha observado que el acabado es mejor con hules suaves, baja presión y mezcla espesa. Esto da una mejor formación de la capa, mejor tendido y disminuye la tendencia a la abrasión y desprendimiento.

TABLA 1.- PRESION DE CONTACTO USANDO HULES DE 6" DE LONGITUD

TIPO DE HULE	DUROMETRO	DIMENSION NOMINAL PULGADAS	PROYECCION DE LA GRAPA CENTIMETROS	PRESION DE CONTACTO ESTATICA P/ALTURA DE LA GRAPA 90°		
				1.5"	2"	3"
				A	(B)	
1.- Armolite	77	3/8x6x5	1.0x9.7	8.59	(564)	5.53 (363) 4.42 (290)
2.- Neopreno	61	3/8x6x5 1/2	0.9x11.2	3.69	(242)	2.81 (184) 2.61 (171)
3.- Armolite *	78	3/8x6x6	1.0x12.4	6.54	(429)	5.40 (354) 4.03 (364)
4.- Neopreno	61	1/2x6x5	1.3x9.8	6.24	(409)	5.73 (376) 4.17 (274)
5.- Neopreno*	60	1/2x6x5 1/2	1.3x11.1	6.41.	(421)	5.10 (335) 3.12 (204)
6.- Neopreno	60	1/2x6x6	1.3x12.4	5.52	(362)	4.14 (272) 3.57 (234)
7.- Caucho*	38	3/8x6x5 1/4	1.0x9.1	2.61	(171)	2.13 (140) 1.70 (112)
8.- Banda 4 capas	63	1/4x6x4 1/4	0.75x8.7	3.97	(261)	2.80 (184) 1.79 (117)
9.- Neopreno	67	3/8x6x5	0.95x9.9	4.48	(294)	4.09 (268) 2.72 (178)
10.- Neopreno	67	3/8x6x5 5 1/2	0.95x11.0	4.88	(320)	3.46 (227) 3.01 (197)
11.- Neopreno	63	3/8x6x6	1.0x12.2	4.65	(305)	3.52 (231) 2.61 (171)

NOTAS:

- * Usado sólo para prueba
- A Presión en Kg/pie lineal
- B Presión en gr/cm. lineal

El papel de la geometría del pavimento en la determinación de espesores de tendido de Slurry Seal.

Las variantes en la geometría del pavimento son:

- 1.- Liso a nivel (ideal)
- 2.- Con bombeo (corona)
- 3.- Peralzado (sobre elevación)
- 4.- Pendiente longitudinal
- 5.- Irregularidades de la superficie:
 - a) Rodadas
 - b) Desplazamientos y arrugas
 - c) Grandes agrietamientos y fallas

Sección Acuñaada

Las superficies lisas, a nivel (flat) representan la situación ideal. Si se mantienen constantes la altura de patín, consistencia del Slurry, nivel en la rastra y velocidad de marcha, la aplicación será uniforme.

Por otro lado, el pavimento "no ideal" es la geometría de corona, con rodadas y sobre elevaciones (fig.1) trae varios problemas interesantes. En cada ejemplo siguiente la consistencia del Slurry es de 2.5 cms., y hule número 6 de la tabla anterior, Neopreno de dureza 60, de 1/2" de espesor montado a 4 3/8". La superficie es tersa (18 pies, 6 m de textura de la caja de arena)

Se muestra una rastra de 1.52 m sobre una sección de corona. Hay una variación de espesor de 3" a 21" en la corona, la presión estática variará de 210gr/cm en la orilla a 320 gr/cm en la corona.

Suponiendo que el espesor en la rastra es parejo, habrá una variación sobre el pavimento de 6" en el patín a 5.1" en la corona, por lo que de la curva respectiva se deduce una aplicación de 5% menos en la corona. Se tendrá un tiro de 6.1 Kg/m² en el patín y de 5.4Kg/m² en la corona, o sea 12% de variación.

La segunda gráfica muestra una situación a la inversa el patín está a 1 1/2" en tanto que el centro está a 3" de altura, la presión del hule varía de 430 gr/cm en el patín a 210 gr/cm al centro. La mezcla en la rastra tendrá una altura al piso de 4 1/2" en el patín y de 6" al centro y se estima que el tiro será de 4.88 Kg/m² en el patín y de 6.24 Kg/m² al centro, o sea una variación del 30%.

Finalmente se tiene una sobre elevación del 10%, con altura de grapa de 3" parejo o sea una presión uniforme de 210 gr/cm. Sin embargo, - el espesor de la mezcla varía en la rastra de 6" a cero, esto dará - un riesgo de 6.29 Kg/m² en la parte inferior a 4.45 Kg/m² en la superior, o sea una variación del 40%.

Las pendientes longitudinales incluyen un problema dinámico más complicado así como cruceros ambos con sección corona, para corrugaciones y acuñamientos se requiere un análisis aún más completo que el - presentado aquí.

R E S U M E N :

El punto importante mostrado aquí es que los espesores tendidos varían dependiendo de muchos factores. Se puede variar desde una capa sencilla uniforme hasta una capa múltiple o gruesa.

Se debe considerar para el diseño las condiciones del pavimento va----cos, contenido de asfalto, textura, durabilidad y apariencia así como durante la construcción y el mantenimiento.

TABLA 2.- TABULACION DE ESPESORES TENDIDOS POR LA CAJA
EXPERIMENTAL DE L LT. CONTRA PRESION DEL HULE,
CONSISTENCIA Y PRESION HIDROSTATICA SOBRE EL
HULE.

	1	2	3	4	5	6
<i>Presión de contacto del hule</i>	429	354	429	170	170	170
<i>Consistencia (cm)</i>	5	5	2.5	5	2.5	2.5
<i>Gr. Agregado</i>	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<i>Presión contra hule</i>	5	5	5	5	5	5
<i>Tendido gr/cm²</i>	0.362	0.399	0.397	0.449	0.543	0.611
<i>Espesor de tendido kg/m²</i>	3.62	3.99	3.97	4.49	5.43	6.11

C A P I T U L O V

PROGRAMA DE MORTERO ASFALTICO ANTI-DERRAPANTE

CARRETERA HUIXTLA-MOTOZINTLA

EDO. DE CHIAPAS

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.

La carretera proyectada estableció; una vez construida, una comunicación más rápida y segura entre la costa del Estado de Chiapas y la frontera del mismo con la República de Guatemala. El proyecto aprovecha parte de las carreteras revestidas de la brecha de penetración construida hace años por la iniciativa privada y que une a los poblados de Huixtla y Motozintla, -- Chis., en una longitud de 55+700 km.

El proyecto geométrico se inició en Huixtla, desarrollándose por la brecha actual hasta alejarse de ella en la estación 35+700 para mejorar el alineamiento horizontal y vertical. Sin embargo, en ocasiones, entre los cadenas anteriores, el trazo de proyecto serpentea por el camino actual, afectando los cortes y los terraplenes actuales junto con las obras de drenaje transversal. En vista de lo accidentado de la región el camino es del tipo "C" con pendientes máximas de 12% y un ancho de corona de 6 m.

Bases del estudio preliminar.

Para este estudio se contó con el eje estacado del proyecto definitivo que colocó en el campo la brigada de localización No. 1 de vías terrestres, SOP, además de los datos de las plantas y perfiles topográficos elaborados por la misma, hasta el Km 50+000. Asimismo se obtuvo de dicha brigada la relación de obras menores propuestas o que iban a ampliarse.

Los datos meteorológicos que se mencionan más adelante fueron tomados del estudio denominado "Distribución de las zonas climáticas en la República", de Enriqueta García Vda. de Miranda, del Instituto de Geografía, UNAM, en el Seminario del Proyecto de Drenaje en Vías Terrestres y Aeropuertos.

Exploración

Las exploraciones realizadas consistieron en la ejecución de pozos a cielo abierto excavados con pico y pala, alcanzando una profundidad variable que dependía de la elevación del macizo rocoso no intemperizado. También se hicieron sondeos con pala de postear hasta 4 m de profundidad máxima.

Esta exploración incluyó tanto a los tramos en que se aprovecha el camino actual, como a los tramos vírgenes.

Se efectuaron observaciones del tipo y comportamiento de los materiales que constituyen el camino actual, para complementar los resultados de la exploración directa. En general se observó que la zona está construida por formaciones rocosas, de origen ígneo, algunas con cierto espesor intemperizado.

Pruebas de campo

Se realizaron en el campo pruebas de identificación manual y visual según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, tales como dilatancia y resistencia en estado seco: así como una estimación del por ciento de los diferentes tamaños de partículas. También se realizaron pruebas de compactación para determinar los coeficientes de variación volumétrica en los materiales.

Pruebas de Laboratorio

Con objeto de confirmar los resultados obtenidos en las pruebas de campo, se hicieron en el laboratorio ensayos sobre muestras traídas expofeso al D.F., confirmandose que los resultados obtenidos señalan en general suelos residuales de buena calidad.

CARACTERISTICAS REGIONALES

Topografía

Desde este punto de vista el Estado de Chiapas está constituido por dos sierras, separadas por una depresión, que lo cruzan en toda su extensión en la dirección noroeste sureste.

En una de ellas, denominada Sierra Cristalina, se encuentra alojado el trazo de la carretera Fronteriza del Sur. Esta sierra, también llamada Sierra Madre de Chiapas, es una cadena de montañas formadas principalmente por rocas gra-

nticas o cristalinas con una dirección paralela a la costa del Océano Pacífico, siendo una continuación del macizo montañoso de América Central formado por un batolito del Paleozoico Inferior. En su extremo no roeste las montañas se elevan bruscamente hasta alcanzar una altura de 900 m que aumenta hacia el sureste hasta cerca de la frontera con la República de Guatemala, donde alcanza alturas de 2900 m sobre el nivel del mar.

La cresta de esta cordillera sirve de parteaguas a los ríos de las ver tientes del Golfo de México y del Océano Pacífico. El flanco sureste es de laderas muy abruptas que drenan pequeñas corrientes, las cuales descenden impetuosamente a la planicie, hacia la cuenca del Río Grijalva, y en ella el drenaje es más complicado, ya que está formado por grandes ríos que descenden serpenteando por los valles y algunas han contribuido a la formación de cañones como el Sumidero.

El tramo estudiado se desarrolla en toda su longitud sobre la ladera de una de las montañas del flanco de esta sierra, coincidiendo en su totalidad con la bajada del Río Huixtla-Motozintla, con pendientes máximas de 10%, hasta el lugar denominado Puerto del Pan, en la estación 49+000, a partir de la cual se invierte la pendiente hasta llegar a Mo tozintla.

Hidrografía

De acuerdo con la configuración orográfica de la región, constituida por montañas largas e intermitentes orientadas con dirección paralela a la costa del Océano Pacífico, las corrientes de agua superficial siguen dos direcciones preferentes, una de noreste a suroeste para los principales ríos y otra de noroeste a sureste para los principales arro yos. Esto también es debido al grado de disección que presentan las serranías dando lugar a un sistema de drenaje dendrítico.

Dado que el camino se orienta en la dirección de los principales ríos, este cruza innumerables corrientes tributarias, pero sólo una corriente principal que es la del Río Huixtla: Este río, junto con los arroyos

principales, presenta características de juventud siendo sus cauces en forma de V con aguas permanentes. Estas aguas drenan hacia el Océano Pacífico atravesando una angosta planicie costera en la cual, en el pie de las montañas, se desarrolla la actual carretera Costera del Pacífico.

Cabe agregar que en los arroyos "Campeche" y "Tolimán", ubicados en las estaciones 30+835.70 y 37+568, se requirieron puentes.

Hidrología y Climatología

En general, el flanco suroeste de la Sierra Madre de Chiapas aloja varias cuencas que drenan casi inmediatamente al Océano Pacífico. Este es el caso del tramo estudiado que se localiza en la cuenca del Río Huixtla a elevaciones cercanas a los 1000 m sobre el nivel del mar. A pesar de que esta parte del país se encuentra, por su latitud, en la zona intertropical, las grandes variaciones en altitud crean condiciones especiales en los cambios y distribución de los elementos climáticos. Por lo tanto, se puede decir, respecto a la región que aloja el camino que le corresponde un clima cálido húmedo con lluvias en verano con influencia de monzón; sus temperaturas medias anuales se registran entre 28° y 32°C, ubicándola dentro de la zona térmica cálida. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, o sea, la diferencia en temperatura entre el mes más frío y el más caliente, es de 4°C. Recibe esta región una precipitación anual mayor a los 5000 mm, debida en parte a la influencia de los ciclones tropicales tanto del Océano Pacífico como del Golfo de México por lo cual el por ciento de lluvia invernal está comprendido entre 0 y 5%.

Geología

Corresponden a la región formaciones geológicas de rocas intrusivas del paleozoico inferior así como también formaciones producto de metamorfismo regional. A lo largo del tramo hasta el Km 34+000, existen dioritas exclusivamente. En adelante y hasta el Km 56+000 la franja del trazo se aloja en formaciones de roca metamórfica cuya capa superficial está constituida por suelos producto del intemperismo, estas rocas fueron clasifi-

casas gneisses y filitas. Finalmente del 56+000 al 58+450, donde concluye el estudio, el trazo se desarrolla por la terraza aluvial formada por el Arroyo Canoas. En general existe un intemperismo de la zona vigente que ha producido un espesor de 2 a 3 m de suelos residuales constituidos por gravas y arenas con pocos finos, distinguiéndose de los depósitos de talud o material de acarreo así como también de las rocas sanas constituidas principalmente por riolitas o andesitas, estas últimas visibles en los primeros dos kilómetros del estudio.

a).- Método y costo de aplicación.

En vista que la carretera Huixtla-Motuzintla se encuentra en una de las tres zonas con mayor intensidad de lluvia recibida al año -- (más de 5,000 mm), se encarbó el problema de tratar de abatir el creciente número de accidentes originados por la pérdida de control de vehículos en el pavimento mojado. Debido a ciertos factores combinados de elementos de la naturaleza; lluvia, sol, calor, niebla y frío y al continuo incremento de volúmenes de tránsito algunas zonas se habían pulido.

A través de los esfuerzos conjuntos de la Dirección General de Carreteras Federales (Ing. Bernardo Moguel Sarmiento) y la Residencia General del -- Estado de Chiapas (Ing. Herman Guzmán Méndez) dependientes de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, tomando en cuenta el punto anterior y al mismo tiempo el alto costo de los materiales pétreos para -- sello (No. 2 y 3B), se decidió utilizar un material conocido como "Sello-con mortero asfáltico antiderrapante.

Cuando se menciona un Mortero Asfáltico, generalmente la primera impresión del ingeniero, en relación con los materiales, es que se trata de un material para conservación usado para sellar superficies de pavimento agrietadas. Sin embargo, a través de los grandes esfuerzos de la Industria del -- Mortero Asfáltico, se ha descubierto que muchos otros problemas de pavimento pueden mejorarse mediante el uso del Mortero Asfáltico. Uno de los usos que la S.A.H.O.P. deseaba obtener del Mortero Asfáltico era aumentar la resistencia al deslizamiento en curvas lisas, propensas a accidente.

La habilidad del Mortero Asfáltico para evitar accidentes por déslizamiento sobre pavimento mojado depende de dos propiedades.

- 1.- La textura del material debe proporcionar asperezas superficiales, pequeñas y agudas sobre las cuales la presión de contacto de la llanta sea suficientemente grande para expulsar la delgada película de agua.
- 2.- También el agregado fino debe exhibir la propiedad de romperse gradualmente bajo la acción del tráfico. Si el agregado pétreo no exhibe esta propiedad, se irá puliendo. El pulido aumenta el tamaño del área de -- contacto de la llanta sobre cada una de ellas y en consecuencia se reduce la habilidad de la llanta para expulsar las películas del líquido.

Una de las teorías propuestas concerniente a la razón por la cual el Mortero Asfáltico aumentó la resistencia al deslizamiento en pavimentos mojados afirma que cuando se viaja sobre pavimento húmedo, el agua actúa como lubricante y recubre la llanta. Mientras la llanta - así lubricada se desplaza sobre una superficie de Mortero Asfáltico - se adhieren a ella pequeñas partículas finamente graduadas que materialmente la rayan y se incrustan en su superficie. Esto aumenta la tracción de la llanta y ayuda a evitar accidentes por deslizamiento.

Materiales en el mortero Asfáltico.

El mortero asfáltico como se usó en la carretera Huixtla-Motuzintla, puede describirse como una mezcla, de 76% de agregado graduado 15% de emulsión asfáltica, 8% de agua y 1% de filler mineral que fue mezclada sin el uso de calor. Esta mezcla se colocó en el pavimento en una condición semi-fluida o en forma de mortero. Después de la evaporación del agua de la mezcla, las partículas del agregado se cementan unas con otras mediante el asfalto, dejando una cubierta o sello sobre el pavimento viejo.

En las etapas iniciales del programa, las que solamente incluían los primeros 5 (cinco) kilómetros, el agregado consistía de una mezcla del 50% de arena del Km 19+000 y 50% de caliza del Km 24+000. Posteriormente el agregado se cambió a una mezcla del 70% de material del Km 19+000 y 30% del material del Km 24+000. La importancia de este cambio en el agregado se ilustra por los siguientes hechos. Los resultados de las Pruebas de Abrasión de los Angeles en cada material indicaba que el material del Km 24+000 tenía una pérdida del 27% en tanto que el agregado del Km 19+000 mostraba una pérdida del 18%. Estos resultados pusieron en evidencia que el material del Km 19+000 aunque era más ligero tenía una mayor resistencia al desgaste. También debido al tamaño máximo de los agregados, que era de 3/8", y puesto que este determina el espesor del mortero aplicado, fue posible aplicar una capa más gruesa de mortero que tendrá una mayor duración.

La emulsión asfáltica que es aproximadamente el 14% del producto final, elaborada haciendo una mezcla de asfalto, agua y emulsificante -

a través de un molino coloidal, el asfalto se reduce de su tamaño stan-
dard de aproximadamente 75 micras, a una o dos micras en tamaño. Esta
reducción en tamaño del asfalto permite a éste orientarse mejor alrede-
dor del agregado, en la mezcla de mortero final.

Como en el caso de la mayoría de los morteros para sello, elaborados-
hoy en día, en el mortero se utilizó una emulsión aniónica (carga ne-
gativa de rompimiento lento elaborada en la planta de Chontalpa. El --
rompimiento de la emulsión aniónica lo causa la evaporación del agua-
y la coalescencia del asfalto alrededor del agregado del mortero y -
de la superficie antigua del pavimento. El tiempo usual del curado,
o el lapso entre la aplicación del mortero y el paso de los vehículos
sobre la superficie terminada, fué aproximadamente de 4 (cuatro) horas.

Había que tener suficiente cuidado de principiar a colocar el mortero
en las primeras horas de la mañana, de 7 hs a 11 hs, para evitar rom-
pimientos prematuros al colocarse la mezcla sobre superficies muy ca-
lientes. Por otra parte había que estar pendiente de que no hubiera
posibilidad de lluvia por lo menos en las 4 horas siguientes a la co-
locación del mortero, aún así no fueron pocas las veces en que el --
mortero aún sin fraguar fué lavado completamente.

En previsión de este tipo de problemas están en proceso, trabajos ex-
perimentales utilizando emulsiones catiónicas (carga positiva) por -
razón de su naturaleza de romper químicamente, las emulsiones cati-
ónicas puedan proporcionar la ventaja de tiempos de curado más rápidos.

Otras características de la emulsión que podrían ser interesantes son
que el contenido de asfalto residual es aproximadamente 2/3 de la emul-
sión; y que la viscosidad del material es aproximadamente de 35 segun-
dos.

El agua es el factor más importante en el control de la consistencia -
del producto terminado. Esta integra aproximadamente el 8% de la mez-
cla del mortero final. Una cantidad fija de agregados y de emulsión as-
fáltica se introducen en la máquina de mortero asfáltico. Para obtener
la consistencia adecuada de trabajo, del producto final, el agua se au-

menta o se disminuye. El agua cubre las partículas de agregado antes de que la emulsión lo haga, reduciendo así la resistencia a la fricción de los agregados y permitiendo que la emulsión cubra más fácilmente las partículas del pétreo.

Dado que se hizo este trabajo en una zona con muy alta precipitación pluvial, no hubo dificultad alguna para localizar manantiales de agua con la suficiente pureza para ser utilizada en la elaboración del mortero.

El "Filler" mineral se usa en morteros principalmente como un auxiliar en el proceso, y en forma secundaria para mejorar la graduación de los agregados combinados. Como ayuda en el proceso el "Filler" mineral puede evitar que las partículas más gruesas se asienten en el fondo de la mezcla de mortero, evitando así que se forme un mortero muy rico en la parte superior. El "Filler" usado en los morteros empleados en la carretera era polvo de trituración de la Planta instalada por PVASA en el Río Bacan tún. Otros de los "Fillers" ampliamente conocidos, como el cemento y la cal hidratada, también fueron utilizados esporádicamente.

Como primera importancia para los ingenieros de tráfico es la facilidad con la cual un material puede aplicarse a superficies de pavimento existentes. Una de las características más importantes del mortero asfáltico es su facilidad de aplicación.

El primer paso en la operación de un mortero asfáltico es preparar la superficie antigua para su aplicación. Los métodos de limpieza varían desde el barrido, sopleteado con aire hasta el lavado con tanques regadores. El objeto es preparar una superficie limpia para la colocación del nuevo mortero. Después de la limpieza, la superficie está lista para una aplicación de mortero asfáltico. Una máquina montada en camión se usó para extender el mortero. Esta máquina está equipada para transportar al lugar de la obra todos los materiales necesarios para construir una superficie antiderrapante con mortero; mezcla a los diferentes ingredientes convenientemente dosificados en una mezcladora especial;

y descarga el mortero así elaborado dentro de una caja esparcidora que aplica el mortero al pavimento a medida que ésta es arrastrada detrás de la máquina. Una barra regadora colocada inmediatamente enfrente de la caja esparcidora atomiza y forma una ligera nube de agua para reducir la tensión superficial en el pavimento y permitir que el mortero se adhiera más rápidamente al pavimento. El mortero fue aplicado en las condiciones atmosféricas normales. El único requisito concerniente a la temperatura ambiente en el momento de su aplicación, es que ésta debe ser de 5°C o mayor. Debido a que el proceso depende en gran medida de la evaporación del agua del mortero, no es aconsejable tender mortero asfáltico en días nublados con alto grado de humedad.

El mortero asfáltico puede aplicarse a pavimentos asfálticos, a pavimentos de concreto hidráulico y a pavimentos de ladrillo. El pavimento de concreto hidráulico es el más difícil de sellar con mortero, debido a la adherencia, problema que se presentó en las losas de los puentes. Sin embargo lo anterior se resolvió fácilmente con un riego de liga con asfalto FR-3 en proporción de 0.3 lts/m².

La carretera terminada con sello de mortero asfáltico es de superficie densa, negra y antiderrapante que proporciona excelente contraste para la pintura de rayas de demarcación de los carriles, y además se pudo pintar prácticamente de inmediato. El trabajo de compactación se dejó para que lo realizara el tráfico que utiliza la carretera.

El sello con mortero ha sido clasificado como un material barato. En el caso de la carretera Huixtla-Motuzintla su aplicación costo en promedio alrededor de \$ 25.00/ m² en un espesor de 8mm y de \$ 50.00/m² en espesores de 16 mm. Comparado contra el sello tradicional del No. 2 que costaba alrededor de \$ 120.00 /m². Esta información demuestra que el sello con mortero es un procedimiento de bajo costo. Aún ahora en que los precios de las emulsiones se han elevado en un mil por ciento, dado que en muchos casos dará nueva vida a pavimentos con estructura sana.

b).- Estudios de accidentes antes y después de los trabajos.

El criterio básico seguido en la selección de los lugares para aplicar el sello con mortero fue el arrojado por una investigación de accidentes, que demostró que se originaba un excesivo número de ellos-

cuando el pavimento estaba mojado. También otros factores que se consideraron fueron: los tipos de accidentes, las condiciones y como aspecto también muy importante la geometría del camino.

El sitio inicial o piloto seleccionado para aprobar la efectividad del sello fué el Km 8+000 que contaba con dos curvas una derecha y una izquierda, ambas circulares y sin tangente entre una y otra, con un grado de curvatura de 8° y con pendiente del 9%.

Reportes estadísticos efectuados durante un año reveló que ocurrieron 62 accidentes en ese kilometraje de los cuales 19 fueron por exceso de velocidad, 3 por causas diversas y los 40 restantes debido al pavimento mojado.

Un año después de su aplicación, un análisis indicó que el número total de accidentes en el tramo antes mencionado, se había reducido a 34, de los cuales los sucedidos en pavimento mojado se redujeron a 14.

Desde la primera aplicación de mortero sellante se llevaron registros anuales de los accidentes ocurridos en la carretera.

En registros de accidentes ocurridos durante 3 años después de la aplicación del mortero asfáltico se observó que un año después de la aplicación del mortero sellante, los accidentes sobre pavimento mojado se habían reducido en un 65%. Al final del segundo año los accidentes sobre pavimento mojado habían disminuido en una pequeña cantidad, pero esta disminución fué seguida por un pequeño aumento al final del tercer año para las capas que se colocaron en primer lugar. Este aumento puede significar que la efectividad del sello con mortero asfáltico empieza a decrecer.

Los accidentes sobre pavimento seco durante los dos años siguientes a la aplicación de mortero asfáltico permanecieron sensiblemente constantes, pero tendían a aumentar al transcurrir el tiempo aunque era en pequeñas cantidades.

Basado en el registro de funcionamiento de los primeros 10 (diez) kilómetros se decidió aplicar mortero asfáltico antiderrapante hasta el Km 35+000 debido a que las condiciones de pavimentos mojados eran predominantes.

La etapa inicial del proyecto involucraba únicamente los 10 (diez) kilómetros iniciales. La geometría física de este camino se compone principalmente de una serie de curvas continuas con muy pocos tramos en tangente, así como pendientes muy fuertes.

Un año después de la aplicación del mortero asfáltico en estos lugares, - un análisis de los accidentes indicó que los ocurridos sobre pavimento mojado se habían reducido substancialmente en todos los sitios conocidos. En algunos casos los accidentes sobre pavimento mojado se habían reducido el 100%. En otros casos esta reducción fue menor, pero en el peor de los casos se tuvo una reducción del 65%.

c) Conclusiones.

De nuevo se hace notar, que la obra de Mortero Asfáltico es aún relativa en la República Mexicana y que la verdadera efectividad del mortero sellante antiderrapante, tanto como material que tiende a evitar accidentes como material para conservación, no se conocerá hasta que se obtenga información adicional.

Finalmente, puede decirse, que el sello con mortero no puede desplazar al grupo de Ingenieros competentes dedicados a la planeación y construcción de carreteras más seguras y duraderas.

Tampoco este tipo de sello es un factor para que los conductores obedezcan las leyes de tránsito.

No puede garantizar calles, carreteras y caminos a prueba de accidentes. Pero, lo que si puede hacer el Mortero Asfáltico es quitarle lo resbaloso a una superficie de rodamiento, aumentar su resistencia a la tracción y la fricción, y ayudar a evitar accidentes por deslizamiento sobre pavimentos mojados.

C A P I T U L O V I

PREVENCIÓN DE REFLEXIÓN DE GRIETAS

I N T R O D U C C I O N

El objeto primario de cualquier diseño de pavimento es proveer a un camino no sólo de seguridad y confort sino de extender estas características a un máximo de vida útil con un mínimo de mantenimiento. Sin embargo, debido a la natural complejidad de la estructura de los pavimentos flexibles, ocurren agrietamientos, deformaciones y otras fallas causadas por intemperismo, tráfico y errores de diseño o construcción. Para aumentar la vida útil de caminos deteriorados, generalmente se aplica una capa de tratamiento asfáltico sobre pavimento agrietado o deformado.

Sin embargo la aplicación de estas capas de 4" o menos, resultan en un nuevo problema, conocido como "Reflexión de Grietas", definido como la migración de la plantilla de grietas de una sub-capa hacia las capas estructurales superiores. Y por supuesto una vez que la sobre-capa ha sido fracturada, ocurre una erosión general que afecta severamente su comportamiento y resulta muy costoso su mantenimiento.

En un intento por entender mejor el mecanismo de reflexión de grietas y desarrollar métodos y materiales para prevención, se elaboró un estudio en campo en Arizona, donde se incrementó la técnica para evitar o minimizar este fenómeno.

Este reporte describe el programa de prueba, que incluye 18 secciones de camino de prueba que sirven para evaluar una cuidadosa selección de perfiles, materiales y métodos de aplicación. Es un resumen de criterios de prueba, resultados y recomendaciones.

a) PROGRAMA DE PRUEBAS

El programa de prueba se elaboró en una sección del camino interes total 40, cerca de Winslow, Arizona, de 9 millas de longitud. Winslow se considera región desértica, con una elevación de 1500 m. snm y menos de 20 cm de precipitación anual. La temperatura varía de 18°C en invierno a 38°C en verano. El tráfico es moderado o pesado 10,000 vehículos por día promedio (V.D.P.) y con un historial de pavimentos severamente agrietados: Esta región se seleccionó para una sobrecarpeta en 1967 y en 1970 para el programa de prueba. En preparación al diseño de la prueba, se hizo una pre-evaluación de la naturaleza y grado del daño al camino. Esta evaluación incluyó extracción de corazones, pruebas de soporte estructural, inspección visual, medición de deformaciones y surcos, prueba de viga de Benkleman y aforo de tráfico.

	<u>MAXIMO</u>	<u>MINIMO</u>	<u>PROMEDIO</u>
Surcos o roderas (pulgadas)	1.500	0.000	0.564
Viga de Benkleman (pulgadas)	0.074	0.002	0.035

La participación Federal se limitaba a una sobrecarpeta de 1 1/4" de concreto asfáltico (C.A.) y de 1/2" de acabado de C.A. Los ingenieros de diseño consideraron que ese espesor no era adecuado para dar soporte estructural a largo plazo. Sin embargo, se vio al concluir la prueba que este pequeño espesor dió buenos resultados.

Los 18 métodos fueron diferentes entre sí en cuanto a diseño, tratamiento y materiales usados.

Se describen a continuación brevemente cada tipo de tratamiento.

SECCION DE
PRUEBA No.

DESCRIPCION

- 1 Asfalto ahulado con sello precubierto
- 2 Calentamiento-Escarificación más Pe -
trose^t*
- 3 Membrana de asfalto ahulado intercala
da entre una capa de C.A. y bajo la -
de acabado de C.A.
- 4 Similar a la anterior con distintas -
propiedades.
- 5 Mezcla de C.A. con asbesto.
- 6 Capa de 2" de C.A. sin capa de acabado
- 7 Asfalto del estanque de los Angeles -
con penetración 120/150
- 8 Asfalto del estanque de los Angeles -
40/50
- 9 Asfalto Four Corners con penetración -
120/150
- 10 Asfalto del estanque de los Angeles
con penetración 200/300
- 11 Base de C.A. tratada con Emulsión en
el lugar
- 12 Aplicación de Petromat* bajo las so-
brecarpetas
- 13 Fibra de vidrio bajo las sobrecarpe-
tas
- 14 Riego de Petroset* sobre la sobrecar-
peta y antes de capa de acabado de --
C.A.
- 15 Aplicación de Petroset a las grietas
- 16 Reclamite* en las grietas
- 17 Riego de Reclamite sobre C.A. viejo

18 A, B, C

Calentamiento-Escarificación de C.A. viejo, riego de Reclamite y espesores distintos de sobrecarpeta de C.A.

SECCIONES DE CONTROL

Sobrecarpeta convencional según normas (estas secciones se intercalaron entre las de prueba a modo de comparación)

Aunque varias secciones de prueba fueron abiertas al tráfico al ser completadas, la construcción se terminó en junio de 1972 y fue cuando se expuso a tráfico sin restricción. Debe mencionarse que de entonces a 1975 (3 1/2 años) el camino ha sido sometido a una carga de tráfico equivalente a la de los nueve años de vida anteriores al tratamiento. Esto es 10,600 U.D.P. en 1975, representando cargas por 159,21318 KIP, comparado con 3342 U.D.P. en 1958 que representan 39,486 18 KIP.

Las variaciones dimáticas se mantuvieron como las ya descritas durante el período de prueba.

b).- ANÁLISIS

Va que este estudio era para conocer los materiales y tratamientos que reducen considerablemente el reflejo de grietas, era necesario determinar la extensión y tipo de grietas antes y después del tratamiento. Esto se completó con un sistema especial de fotografía y una especie de plantilla en cuadrícula de observación de fotos.

Se utilizó película de 35 mm a color en cámara montada a 11 pies (3.35 m) de altura que fotografiaba paneles del camino de 25 pies (7.60m) de largo. Sólo se fotografiaron secciones escogidas y entre estas las áreas con mayor número de grietas en el límite de los 25 pies de largo.

Además, el camino se dividió en secciones de 500 pies de largo y en cada una de ellas se localizó el panel de 25 pies más afectado y se fotografió. En total se tuvieron 88 secciones críticas en Marzo de 1971.

Las fotografías fueron inicialmente examinadas para garantizar que realmente mostraron las grietas observadas por el fotógrafo. Esto condujo a elaborar una plantilla de cristal diseñada para compensar la distorsión causada por el ángulo de filmación. Con ayuda de la plantilla, cada foto dividida en miles de pequeños cuadros. Cada cuadro analizado y se codificaron cada una de las grietas, para saber su exacta ubicación. Se escribió un programa especial con estos datos y se conoció el área agrietada en porcentaje. El programa marcó también cada línea de la plantilla en una perspectiva apropiada para el ángulo de filmación. El trabajo se completó comparando las fotografías con las grietas reales en el campo.

Se apreció que había distorsión por la distancia por lo que se procedió a encontrar el punto en el que había pérdida de claridad o afine de enfoque. Esto ocurría cuando la distancia entre líneas de la plantilla representaba 3 o más pies, y se procedió a corregir errores.

Una vez perfeccionado el sistema se determinó no sólo el correcto porcentaje de agrietamiento, sino la magnitud del área quebrada, así como el origen de la grieta, fatiga, flexión o corrimiento. Todas las zonas fotografiadas inicialmente fueron igualmente filmadas cada año hasta 1975.

c).- RESULTADOS

La tabla 1 muestra resultados interesantes. Los números del porcentaje representan una perspectiva real de agrietamiento en la sobrecarpeta. Este se obtuvo de dividir el porcentaje de área agrietada después del tratamiento entre el del área agrietada inicial. Estos valores son la parte más importante del estudio. Claramente arrojan los cinco tratamientos, que usados en conjunto con una capa de acabado de C.A. o cualquier otro tipo de superficie de textura abierta. Son capaces de reducir considerablemente el reflejo de grietas. Estos porcentajes son particularmente importantes considerando lo delgado de la sobrecarpeta.

Generalmente, uno de los principales valores en el diseño de pavimentos nuevos así como en rehabilitación es la seguridad en el manejo (en función de la rugosidad). Se efectuó la prueba de medición de Maya antes y después del tratamiento, tabla 2. Se encontró que las secciones de prueba (S.P.) construidas con capa de acabado de C.A. (S.P. 1 y 6) o con mezcla en el lugar (S.P. 11) dieron resultados pobres S.P. con acabado de C.A. y sello (SP 3 y 4) o con asfalto de viscosidad (SP 8) se comportaron ligeramente mejor. Y pruebas usando asfalto de baja viscosidad (SP 7, 9 y 10) o capas intercaladas (SP 12 y 13) fueron las mejores.

También se vió que las propiedades básicas del asfalto influyen sobre los otros factores. Se encontró que el asfalto con viscosidad de 4,000 poises a 77°F (25°C) (penetración equivalente de 45) impedía la iniciación de la grieta. Esto es, mientras más tiempo se mantenga la viscosidad abajo de 4,000 poises, menos probable que se reflejen grietas. El agrietamiento se dispara con las bajas temperaturas, por lo tanto, al llegar el asfalto al nivel de 4,000 poises, principia su susceptibilidad al agrietamiento. Siendo este el caso, es importante considerar el uso de asfaltos de la más baja viscosidad al diseñar sistemas, y aplicarlos en modo tal que se retarde su oxidación lo más posible.

Las recomendaciones contenidas en este reporte se refieren a sobrecarpetas, básicamente aquellas de espesor menor a 4", colocadas sobre pavimentos muy deteriorados. Estas sobrecarpetas pueden ser también para aumentar la resistencia al derrape o corrección de deformaciones, etc.

Es importante estar consciente de que ningún tratamiento es necesariamente la solución para todos los problemas del camino más aún, estas recomendaciones deben ser bien estudiadas para aplicarse, en forma particular para cada cosa.

SUMARIO DE RECOMENDACIONES

Se encontraron cinco tratamientos que reducen en forma significativa la reflexión de grietas.

Calentamiento-Escarificación con Petrosset
Membrana de Asfalto ahulado intercalado
Membrana de fibra de vidrio
Calentamiento-Escarificación con Reclamite
Asfalto con penetración 200/300

En la tabla 3 se comparan los costos de los diferentes tratamientos.

En cuanto a aplicación se considera:

Uno o uso combinado de dos o más de los métodos arriba descritos.

El Calentamiento-Escarificación debe ser al menos $\frac{3}{4}$ " de profundidad. La más baja posible viscosidad del asfalto con la oxidación más lenta. La aplicación de asfalto ahulado en membrana de sello a un C.A. o capa de acabado C.A. deberá llevar sello convencional para que éste transmita las cargas verticales.

El uso de membrana de fibra de vidrio es algo estorbo durante la construcción, pero es posible su uso durante el mantenimiento como una pre-sobrecarpeta en áreas pequeñas seleccionadas.

Los pavimentos existentes que hayan sido considerados para llevar sobrecarpeta deberán ser estudiadas y ver la posibilidad de desgranamiento y/o desprendimientos. Si existe este caso deberá: no considerarse el valor soporte de la estructura actual o reconstruir la superficie existente.

Las superficies de textura abierta irán sobre las de textura cerrada. Esto no sólo provee de resistencia al derrape sino que aumenta la calidad aparente al absorber y ocultar pequeñas grietas.

RANGOS DE SECCION DE PRUEBA, 1 1/4 C.A. Y 1/2"

CAPA DE ACABADO DE C.A.

SECCION DE
PRUEBA S.P.

% DE GRIETAS
REFLEJADOS -
HASTA - 1975

SOBRECARPETAS 1 1/4 C.A. Y 1/2 ACABADO C.A.

Calentamiento-Escarificación con Petroset	2	3
Asfalto ahulado bajo acabado C.A.	3 y 4	4
Fibra de vidrio	13	5
Calentamiento-Escarificación con Reclamite	18 A	6
Penetración 200/300	10	8

PETROMAT	12	12
PETROSET en grietas	15	12
Asbesto	5	13
Penetración 120/150 (Los Angeles)	7	14
C.A. tratado con emulsión	11	14
Riego de Reclamite	17	15
Riego de Petroset	14	16
Secciones de Control S.C.	--	17
Penetración 120/150 (Four Corners)	9	18
Reclamite en grietas	16	20
Penetración 40/50 (Los Angeles)		20

2" C.A. SIN CAPA ACABADO C.A.

Asfalto ahulado como sello	1	19
2" Concreto asfáltico standard	6	64

T A B L A 1

RANGO DE RUGOSIDAD, EN PORCENTAJE DE LA RUGOSIDAD ORIGINAL

MAYO 31 1975

	SECCIÓN DE PRUEBA	% RUGOSIDAD
Penetración 200/300	10	21
Petromat	12	26
Fibra de vidrio	13	43
Riego de Reclamite	17	45
Penetración 120/150 (Los Angeles)	7	48
Penetración 120/150 (Four Corners)	9	50
Petroset en grietas	15	50
Secciones de control	--	57
Riego de Petroset	14	59
Calentamiento-Escarificación y Petroset	2	61
Asbesto	5	62
Reclamite en grietas	16	65
Acabado de C.A. sobre capa asfalto ahulado	3	85
Penetración 40/50	8	85
Acabado de C.A. sobre capa asfalto ahulado	4	91
Sin capa de acabado de C.A.	6	91
Base tratada con emulsión	11	99
Riego de sello con asfalto ahulado	1	107

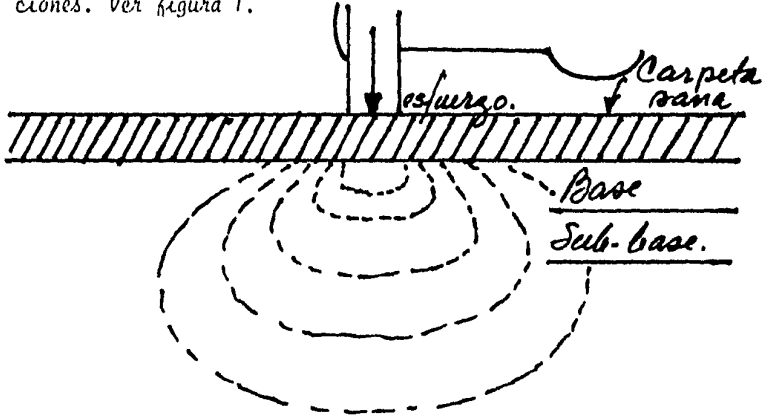
T A B L A 2

TRATAMIENTO	§ GRIETAS - - REFLEJADAS EN 3 AÑOS	INICIAL	COSTO/YD 2 EN US DLLS. MANTENIMIENTO ACUMULADO EN 3 AÑOS	TOTAL
2" C.A. sin capa acabado	64	1.58	0.93	2.51
1/4" C.A. más 1/2" capa de acabado textura abierta.	17	1.56	0.63	2.19
1 1/4 C.A. más 1/2" capa de acabado textura abierta y con asfalto de penetra- ción 200/300	8	1.56	0.12	1.68
Calentamiento-Escarificación y Reclamite.	6	1.91	0.08	1.99
Fibra de vidrio	5	2.45	0.06	2.51
Asfalto ahulado bajo capa de acabado de C.A.	4	2.32	0.04	2.36
Calentamiento-Escarificación y Petroset	3	1.91	0.04	1.95

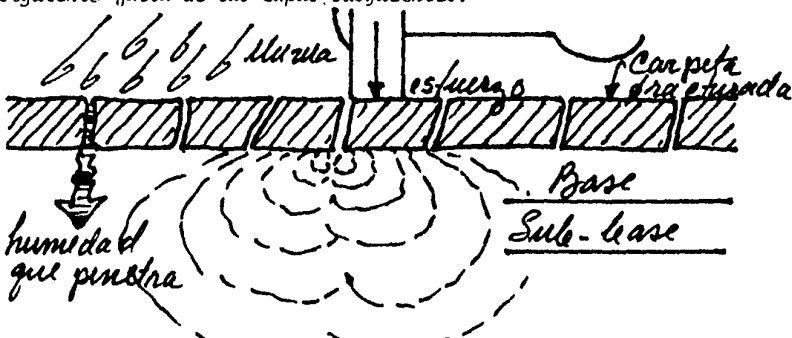
T A B L A 3

A P E N D I C E S

(1) Al respecto los diseñadores de carpetas asfálticas opinan que la carpeta sana y en buen estado trabaja como una viga continua y - transmite todos los esfuerzos a sus capas inferiores (Base, sub-base, subrasante etc) en forma de bulbos amplios y sin interrupciones. Ver figura 1.



Al existir agrietamiento en el pavimento se tiene que el pavimento trabaja sólo en pequeñas secciones, las cuales transmitirán - bulbos de esfuerzo separados provocando con esto movimientos en el material que permitirán el paso de humedad y con éste la consiguiente falla de las capas subyacentes.



El aumento de humedad en las capas subyacentes está íntimamente-relacionado con la disminución del Valor Relativo de Soporte --- (U.R.S.) lo que provocará la destrucción de la estructura.

(2)

a).- La prueba que se conoce como prueba de equivalente de arena (AASHTO-T 176-56) indica que cantidad de material indeseable está presente observando la rapidez con que tal material se decanta en una solución estándar acuosa de cloruro de calcio, glicerina y formaldehído . Un material, para poderse usar en mortero, deberá tener un equivalente de arena de 45 ó más elevado. Si se usan agregados que contengan cantidades excesivas de arcillas expansibles, se requerirán incesariamente grandes proporciones de emulsión, se afrontarán problemas para poder lograr el completo curado y es de esperarse que se presenten diversas manifestaciones de debilitamiento en la resistencia a los esfuerzos impuestos por el tráfico.

b).- Determinación de la granulometría.

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen.

A partir de la distribución de los granos en un suelo, es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo.

Según su composición, la granulometría puede determinarse por medio de mallas, por el método del hidrómetro, o bien, combinando ambos.

El análisis mecánico se concreta a segregar el suelo por medio de una serie de mallas, que definen el tamaño de la partícula.

El método del hidrómetro se basa en la aplicación de la Ley de Stokes a una esfera que cae libremente en un líquido.

El análisis combinado o total, consiste en la aplicación de los métodos antes citados a las porciones --

gruesa y fina de un mismo material; este es el caso que comúnmente se presenta en las tierras que se emplean en la construcción.

c).- Determinación de la Densidad de los suelos.

La densidad absoluta de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo contenida en la unidad de volúmen, sin incluir sus vacíos.

La densidad aparente es la masa de un cuerpo contenida en la unidad de volúmen, incluyendo sus vacíos.

La densidad relativa de un sólido es la relación de su densidad a la densidad absoluta del agua destilada a la temperatura de cuatro grados Celsius (4°C). La densidad relativa aparente de un material pétreo se define como la relación de la densidad absoluta de dicho material, incluyendo sus vacíos, a la densidad absoluta del agua destilada a cuatro grados Celsius (4°C), que tiene un valor de un (1) gramo por centímetro cúbico.

La determinación de la densidad relativa aparente del material pétreo retenido en la malla de $3/8''$, está relacionado con la prueba de absorción y da una idea general de la calidad del material pétreo. En términos generales, se puede decir que a densidades altas y bajas absorciones, corresponden materiales compactos y resistentes, a no ser que presenten planos o superficies de debilitamiento. Sin embargo, existen materiales porosos de baja densidad y alta absorción que son bastante resistentes y que se identifican fácilmente por la presencia de poros o cavernas visibles a simple vista.

En el caso del material que pasa la malla No. 4 la principal aplicación se encuentra en la determinación de la curva de saturación teórica en la prueba de compactación y en la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla.

- d).- Prueba centrífuga (Rotarex) (California High-Way Dept. T 303 B) para determinar contenidos de asfalto.
El método fue desarrollado por el Laboratorio del Departamento de Caminos del Estado de California (USA) y consiste en una medición indirecta de asfalto combinado de los siguientes factores, en la determinación del contenido óptimo de asfalto en mezclas con agregados graduados: superficie de la partícula y porosidad del agregado. Para cuantificar este efecto y obtener una correlación entre los resultados de esta prueba y los de la prueba de estabilidad se elimina por centrifugación cierta cantidad de kerosina absorbida por el agregado pétreo que pasa por la malla no. 4, habiéndose encontrado que es necesario aplicar durante dos (2) minutos una fuerza centrífuga equivalente a cuatrocientos (400) veces la producida por el campo gravitatorio terrestre, lo anterior se logra con una máquina centrífuga o por un extractor de asfalto (Rotarex).
- e).- Con las cantidades de agua que comunmente se utilizan en los materiales para morteros, el efecto sobre el peso específico es grande. Por ejemplo, con un 2.5% de humedad el pie cúbico del material húmedo contiene solamente de nueve décimos a tres cuartos del volumen de agregado que tendría si no hubiera agua presente.
El efecto de una cantidad de humedad dada es menor en el material compacto que en el suelto; y en consecuencia parece variar con el grado de compactación.
Cualquier cantidad de humedad dada tiene efectos ampliamente diferentes y aparentemente aleatorios sobre los diversos agregados. Esto parece significar que la única manera de tomar debida cuenta del efecto de la humedad es determinarlo para cada agregado en particular, y luego medir el contenido de humedad del material que está siendo dosificado en la máquina del mortero asfáltico.

f).- Pruebas de desgaste

La prueba de desgaste tiene por objeto conocer la calidad del material pétreo y es una medida directa del grado de alteración alcanzado por éste, así como la presencia de planos de debilitamiento o cristalización que provocan una desintegración de la partícula de material.

Determinación de la pérdida por intemperismo acelerado en el material pétreo.

La prueba de intemperismo acelerado, al determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos, causada por los esfuerzos desarrollados al formarse cristales de sulfuro de sodio o de magnesio en los huecos o fisuras del agregado, es un índice de grado de alteración que puede alcanzar éste por la acción de los agentes atmosféricos.

Prueba de Abrasión

Esta prueba mide la abrasión o desgaste que sufre el material triturado que se utilizará en la construcción de carpeta, introduciendo dicho material en la máquina de abrasión de los Angeles durante un determinado tiempo y midiendo posteriormente la pérdida por desgaste y determinándolo en porcentaje.

(3).- Después de someter el petróleo crudo a diferentes procesos se obtienen, entre otros productos los siguientes asfaltos.

Fraguado Lento (FL) (aceites para caminos)	FL-0
	FL-1
	FL-2
	FL-3
	FL-4

Fraguado medio (FM) (rebajado con kerosina)	FM-0
	FM-1
	FM-2
	FM-3
	FM-4

Fraguado Rápido (FR) (rebajados con gasolina o nafta)	FR-0
	FR-1
	FR-2
	FR-3
	FR-4

Cementos asfálticos. del No. 1 al No. 9

Aclararemos que no todos los anteriores se producen en México, sino únicamente los más usuales como son el FM-0, FM-1, FR-2, FR-3 y cemento asfáltico No. 6 que se elaboran en la refinería de Ciudad Madero, Tamps., y la refinería de Salamanca.

DISEÑO DE MEZCLAS DE SLURRY SEAL

(4).-	Diseño Óptimo de Laboratorio	Volúmenes de campo	Tolerancia
a) Agregado	100%		+
b) Filler 1% en peso seco (cal, cemento)	1%	2 bultos cem/10 ton 4 bultos cal/10 ton	- 1/2 bulto
c) Agua (% en peso seco)	12%	120 Lt/ton	+
d) Consistencia de flujo del cono	2.5 cm		±
e) Residuo asfáltico de pastilla	10.5%		±
f) Emulsión (% en peso seco) 61% R.A.	17.2%	41 gal/ton 172 lt/ton	±
g) Ancho de diseño	6.00 m	2 líneas x 3.0 m	±
h) Volúmenes de tendido	8.15 Kg/m ² 122.5m ² /ton	108.5 a 141.8m ² /ton	±
i) Long. de tiro/ton al ancho de rastra	37 m/ton	33 a 41 m/ton	
j) Especificaciones de agregado contra contenido de humedad			
Contenido humedad			%
0%	96.4	96.4	100.0
1%	95.4	94.5	98.0
2%	83.6	81.9	84.9
3%	79.7	77.3	80.1
4%	79.0	75.8	78.6
5%	78.0	74.1	76.8
6%	77.9	73.2	75.9

(5).- Prueba de penetración el Residuo de la destilación de asfaltos rebajados o en cementos asfálticos.

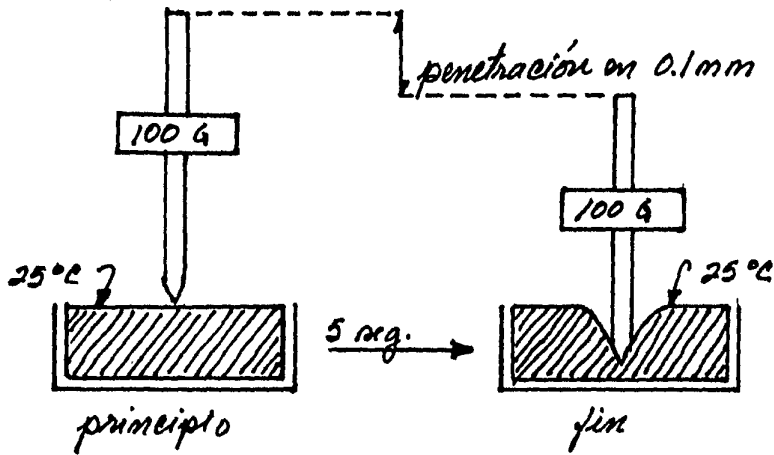
El objeto de la prueba es determinar el grado de dureza de un cemento asfáltico original o del residuo obtenido de la destilación de asfaltos rebajados.

El procedimiento de prueba se describe a continuación:

- A).- Se calentará lentamente el cemento asfáltico hasta la temperatura más baja que permita vaciarlo a la caja de penetración o bien el residuo obtenido de la destilación de asfalto rebajado de fraguado rápido o medio, se vaciará directamente hasta llenar la caja de penetración procurando, en ambos casos, que no quede aire atrapado.
- B).- Se dejará enfriar el espécimen de prueba hasta que adquiera la temperatura ambiente. Después de esto se colocará dentro del baño de agua que deberá estar a una temperatura de veinti cinco grados celsius (25°C), completamente sumergido y se man tendrá así por espacio de dos (2) horas con objeto de que el producto asfáltico adquiera dicha temperatura.
- C).- Se colocará el recipiente con agua que contiene la caja con el asfalto, bajo el aparato de penetración, se colocará la aguja en contacto con la superficie de la muestra y se ajustará la carátula a cero (0). Se dejará caer libremente la aguja durante cinco (5) segundos al cabo de los cuales se medirá en la ca rátula la distancia penetrada.

Se harán de cuatro (4) a seis (6) penetraciones, tomando la precaución de limpiar perfectamente la aguja después de cada prueba, y se tomará el promedio de lecturas de todas ellas. En caso de que una de las lecturas discrepe notablemente, se de sechará para el cálculo del promedio, Si más de dos (2) lectu ras difieren notoriamente deberá repetirse la prueba completa comenzando por calentar el asfalto para vaciarlo a la caja de penetración.

D).- La penetración se expresará en décimos de milímetros que se denominarán grados de penetración.



A continuación se dan las especificaciones para asfaltos utilizados por la S.C.T., aclarando nuevamente que el cemento Asfáltico que se fabrica en la República Mexicana es el No. 6.

ESPECIFICACION PARA ASFALTO

CONCEPTOS	GRADO DE CEMENTO ASFALTICO			
	No. 3	No. 6	No. 7	No. 8
Punto de Ignición (capa abierta de Cleveland)°C	220 min	230 min	240 min	260 min
Penetración, grados	180-200	80-100	60-70	40-50
Punto de fusión (°C)	37-45	45-52	48-56	52-60
Ductilidad	100 min	100 min	100 min	100 min
Solubilidad en tetracloruro de carbono (%)	99.5 min	99.5 min	99.5 min	99.5 min
Pérdida por calentamiento (%)	1.0 máx.	1.0 máx.	0.5 máx.	0.5 máx.
Afinidad con material pétreo		Buena	Buena	

A continuación se describe la Máquina de Abrasión "Los Angeles".

Una máquina de abrasión de Los Angeles está constituida por un cilindro de acero, hueco cerrado en ambos extremos, con un diámetro interior de setenta y un punto uno (71.1) centímetros (28") y una longitud de cincuenta - - punto tres (50.3) centímetros (20"). El cilindro está montado sobre ejes fijos a las bases, pero que no se proyectan al interior, de manera que pueda girar sobre su eje en una posición horizontal con velocidad angular de treinta a treinta y tres (30 a 33) revoluciones por minuto. Está provista de una abertura para introducción del material, la cual podrá cerrarse herméticamente por medio de una cubierta provista de pernos y diseñada de manera de conservar el contorno de la superficie interior. El cilindro lleva en su parte interior una placa de acero removible de dos punto cincuenta y cuatro (2.54) centíme---tros (1") de espesor, que se proyecta radialmente ocho punto nueve (8.9) cen---tímetros (3 1/2") sobre el cilindro en toda su longitud. Esferas de hierro --fundido o de acero de cuarenta y siete punto seis (47.6) milímetros (1 7/8") de diámetro y peso comprendido entre trescientos noventa y cuatrocientos cuaren---ta y cinco (390 y 445) gramos.

El procedimiento de prueba se describe a continuación: la muestra original de material deberá lavarse para eliminar el polvo que lleven adherido las partículas y secarse en el horno hasta peso constante. Después se cribará a través de las mallas de (3"), (2"), (1-2/2"), (1"), (3/4"), (1/2"), Núm. 3, Núm. 4, -Núm 8 y Núm. 12 para conocer su graduación y se formará una granulometría de acuerdo con lo indicado en la tabla adjunta seleccionando aquella que más se asemeje a la graduación propuesta para la carpeta asfáltica.

Es muy conveniente efectuar pruebas por separado de los tamaños gruesos y finos, para tener una mayor información de las características del material. Si la muestra está formada por trozos de roca, Estos deberán triturarse y formar una de las granulometrías indicadas.

La tabla proporciona información de las cantidades de material y sus tamaños-respectivos que deberán utilizarse para la prueba, así como de la carga abrasiva y del número de revoluciones que deberán darse a la máquina.

La muestra seleccionada que ha sido pesada previamente, P_i , se colocará junto con las esferas en la máquina, la cual se hará girar hasta completar el nú- -

mero de revoluciones especificado. Se sacará la muestra de la máquina y se lavará a través de la malla núm. 12. El retenido sobre la malla se - secará en el horno y se pesará obteniendo así el peso P_f .

La pérdida por desgaste se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

TABLA NUMERO 3-2

TIPO	T A M A N O	Cantidad en grs. de la muestra	CARGA ABRASIVA		No. de Revolu- ciones
			No. de Esferas	Peso en grs.	
A	De 38.1 mm. (1 1/2") a 25.4 mm (1").....	1 250	12	5 000±25	500
	De 25.4 mm. (1") a 19.05 mm (3/4")...	1 250			
	De 19.05 mm (3/4") a 12.7 mm (1/2").....	1 250			
	De 12.7 mm (1/2") a 9.52 mm (3/8").....	1 250			
B	De 19.05 mm (3/4") a 12.7 mm (1/2").....	2 500	11	4 800±25	500
	De 12.7 mm (1/2") a 9.52 mm (3/8").....	2 500			
C	De 9.52 mm (3/8") a Núm. 3.....	2 500	8	3 330±20	500
	De Núm. 3 a Núm. 4.....	2 500			
D	De Núm. 4 a Núm. 8.....	5 000	6	2 500±15	500
E	De 76.2 mm (3") a 63.5 mm (2 1/2").....	2 500	12	5 000±25	1 000
	De 63.5 mm (2 1/2") a 50.8 mm (2").....	2 500			
	De 50.8 mm (2") a 38.1 mm (1 1/2").....	5 000			
F	De 50.8 mm. (2") a 38.1 mm (1 1/2").....	5 000	12	5 000±25	1 000
	De 38.1 mm (1 1/2") a 25.4 mm (1")	5 000			
G	De 38.1 mm (1 1/2") a 25.4 mm (1").....	5 000	12	5 000±25	1 000
	De 25.4 mm (1") a 19.05 mm (3/4").....	5 000			

BIBLIOGRAFIA

- 1.- *Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Comité de especificaciones, Precios Unitarios y Contratación de Obras. 1o. de Enero de 1982.*
- 2.- *Apuntes de la Clase de Carreteras. Profesor Ing. Bernardo Moguel Sarmiento. 1975.*
- 3.- *I.S.S.A.: Report on Slurry Seal applications. "Information Series". Número 1.*
- 4.- *Ripple y Rogers: Construction guide for bituminous quick-set Slurry Seal Coats.*
- 5.- *Rogers y Schmitz: Servicing Slurry Seal Construction using cationic quick-set emulsified asphalt. ISSA 1970.*