

300615



Universidad La Salle

ESCUELA DE INGENIERIA

17
2ej

Incorporada a la U.N.A.M.

APLICACION DE LECHADA ASFALTICA
EN PAVIMENTOS FLEXIBLES DE
USO AERONAUTICO

TESIS CON
RATIFICACION DE INGENIERO

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a

Ricardo Gallardo Hernández

Director de Tesis: Ingeniero Jorge E. Aguilar Benitez

MEXICO, D. F.

ENERO DE 1992



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.



INDICE

PROLOGO	1
1. INTRODUCCION	4
1.1. GENERALIDADES	6
1.1.1. AGLUTINANTES EMPLEADOS EN PAVIMENTOS	6
1.1.2. MEZCLAS ASFALTICAS	13
1.1.3. TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS EN FRIO	15
2. PAVIMENTOS FLEXIBLES DE USO AERONAUTICO	23
2.1. GENERALIDADES	23
2.2. CAUSAS QUE GENERAN DETERIORO EN PAVIMENTOS	27
2.2.1. FALLAS COMUNES. (CAUSAS Y DESCRIPCION)	27
2.3. TECNICAS EMPLEADAS EN EL MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LOS PAVIMENTOS	37
2.3.1. REAFINAMIENTO SUPERFICIAL	38
2.3.2. REHABILITACIONES	39



3. CONCEPTOS BASICOS

45

3.1.	MATERIALES	45
3.1.1.	EMULSIONES ASFALTICAS	45
3.1.2.	AGREGADOS PETREOS	50
3.1.3.	FILLER DE APORTACION	52
3.1.4.	AGUA	52
3.1.5.	ADITIVOS	53
3.2.	LECHADA ASFALTICA (SLURRY SEAL)	54
3.3.	LECHADAS ASFALTICAS ESPECIALES	57
3.4.	MAQUINARIA Y EQUIPO	58
3.5.	APLICACION DE LECHADA ASFALTICA	62
3.6.	CONTROL DE CALIDAD	66



4.	APLICACION DE LECHADA ASFALTICA COMO SOLUCION VIABLE EN LAS REHABILITACIONES	67
4.1.	ASPECTOS GENERALES Y PARTICULARES DE OBRA	67
4.1.1.	VISITA A OBRA	67
4.1.2.	DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LA OBRA EN EL AEROPUERTO DE LORETO	69
4.2.	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	77
4.2.1.	SEGURIDAD AERONAUTICA	77
4.2.2.	ESPECIFICACIONES DE CONCURSO	78
4.2.3.	REHABILITACION DE LA PISTA 16-34 DELAEROPUERTO DE LORETO	81
5.1	DISEÑO Y NORMATIVA	96
5.1.1.	CONSIDERACIONES PRELIMINARES DEL DISEÑO	97
5.1.2.	DETERMINACION DE FORMULA DE TRABAJO	100
5.1.3.	ENSAYOS MECANICOS	108
5.2.	NORMATIVA EXISTENTE	114
5.2.1.	ESPECIFICACIONES	116



5.2.2.	RECOMENDACIONES DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE SLURRY SEAL (ISSA)	125
	CONCLUSIONES	129
	ANEXO	132
	BIBLIOGRAFIA	141



PROLOGO

Generalmente, cuando surgen nuevas técnicas, nuevos procedimientos, nueva maquinaria o equipo, etc., de cualquier ramo de la ciencia y/o ingeniería; siempre es visto con recelo, hasta que no se comprueba su efectividad.

En lo que respecta a los tratamientos de renovación superficial de pavimentos a base de emulsiones asfálticas (técnicas en frío), puede decirse que no se han utilizado con gran profusión. La evolución y utilización de las técnicas en frío es relativamente reciente y, en el caso particular de las lechadas asfálticas, se le ha considerado en muchas partes, como un tratamiento de segunda categoría; quizá debido a la falta de información que se tiene sobre este tipo de tratamiento. Sin embargo, gracias a los nuevos desarrollos tanto de maquinaria, como de la química de las emulsiones, es un producto de muy alta calidad, que aporta una excelente relación calidad/precio y que, entre otras cosas, no contamina el ambiente y no desperdicia energéticos que, debido a la escases mundial de los mismos, representa una gran ventaja.



El objetivo de la tesis, es la de establecer las componentes técnicas de las rehabilitaciones superficiales con lechada asfáltica de pavimentos flexibles de uso aeronáutico y demostrar las ventajas que representa el uso de este tipo de mezcla asfáltica, apoyándome para ésto, con un ejemplo real, en este caso, el aeropuerto internacional de la Cd. de Loreto en B.C.S. Por otra parte, es bueno señalar la importancia de este tipo de tratamientos en pavimentos y que, por consiguiente, debe considerársele con más énfasis en nuestro país, para que en un futuro se logre establecer, por personal experto en la materia, una normativa de alto nivel, nutrida, actualizada y más documentada que con la que se cuenta hoy en día en México, en comparación con otros países.

La estructura de la tesis se encuentra dividida en cinco partes o capítulos:

1. Introducción.

Incluye aspectos generales, mismos necesarios, para conocer y comprender la temática a tratar.



2. Pavimentos flexibles de uso aeronáutico.

Incluye aspectos generales de los pavimentos flexibles, sus características, y posibles fallas. Incluye además, una explicación de las causas más comunes que generan las fallas así como la descripción de las mismas y las posibles soluciones a seguir dependiendo el tipo de falla.

3. Conceptos básicos.

Se definen los elementos constituyentes de la lechada asfáltica, sus características, aplicación, maquinaria utilizada y control de calidad.

4. Aplicación de lechada asfáltica como solución viable en las rehabilitaciones.

Nos da una concepción de los requerimientos de obra, además de un panorama general de la obra en el aeropuerto de Loreto.

Habiendo determinado las condiciones del pavimento, y en base a éstas, se opta como solución óptima el empleo de Lechada Asfáltica.

5. Diseño y Normativa.

Se exponen algunos métodos de diseño de lechada asfáltica y la normativa que rige este tipo de mezclas.

INTRODUCCION

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de fallas o deterioros que se manifiestan en la superficie de rodamiento. Estas fallas y deterioros son producidos generalmente por, la repetición continua de cargas; a las condiciones propias de la estructura del pavimento y a la acción de los agentes climáticos.

Particularmente en aeropistas, el aumento constante del tráfico aéreo ha provocado la aparición de diferentes problemas operacionales en las superficies de las pistas. Uno de los más importantes y potencialmente peligroso es el fenómeno del hidroplaneo, al que se considera responsable de accidentes sufridos por los aviones.

Considerando entonces que, de todos los elementos que constituyen un pavimento, la superficie de rodamiento es lo que más determina la posibilidad de un tránsito cómodo y seguro, será por demás importante el corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción para su arreglo, en cuyo caso, el costo pudiera ser muy elevado.



Es relativamente frecuente el caso de una pista cuya resistencia estructural es todavía buena pero que sus características de rozamiento en superficie (fricción entre neumáticos y pavimento); han caído por debajo de unos mínimos. En estos casos, se hace preciso el empleo de una técnica sencilla, rápida y relativamente económica para devolver a la superficie los valores óptimos de rozamiento.

Las lechadas asfálticas se han constituido como una de las técnicas más eficaces para proporcionar a las pistas de aeropuertos las características idóneas de textura superficial. Además, las lechadas proporcionan una perfecta impermeabilidad, buena regularidad superficial y excelentes características estéticas...

Pero, ¿Qué es una lechada asfáltica?, ¿Cuáles son sus características?, ¿Como se aplica?, ¿Qué ventajas proporciona?

Para poder contestar a estas preguntas, primeramente hay que establecer las componentes técnicas...



1.1 GENERALIDADES.

1.1.1. AGLUTINANTES EMPLEADOS EN PAVIMENTOS.

Se denominan aglutinantes o ligantes asfálticos a una amplia gama de productos que tienen en común su aspecto, color y poder aglomerante, debiéndose estas similitudes a estar constituidos por una mezcla compleja de hidrocarburos de distintos tipos. El término betún o asfáltico es, por tanto, genérico para todos los productos cuyas propiedades y composición tengan estas características comunes.

Los materiales aglutinantes utilizados en pavimentación se clasifican en dos tipos : Alquitranes y asfaltos.

Los alquitranes son productos aglutinantes de viscosidad muy variable, preparados a partir del residuo bruto obtenido en la destilación destructiva del carbón a altas temperaturas. En general, se entiende que al hablar de alquitranes, se hace referencia al alquitrán de hulla.



Los asfaltos son los productos aglutinantes, sólidos o viscosos, naturales o preparados a partir de hidrocarburos naturales por destilación, oxidación o cracking, que contienen un tanto por ciento bajo de productos volátiles, poseen propiedades aglomerantes características y son esencialmente solubles en sulfuro de carbono.

Potr otra parte la ASTM establece las siguientes definiciones :

ASFALTO : Material aglutinante de consistencia variable, de color oscuro o negro y en el cual el constituyente principal es un betún pudiéndose encontrar en forma natural o ser obtenido por la refinación del petróleo.

BETUN : Mezcla de hidrocarburos pesados, obtenidos en estado natural o por diferentes procesos físicos o químicos, y cuyos derivados son de consistencia variable y con poder aglutinante e impermeabilizante; siendo completamente soluble en bisulfato de carbono (CS₂).



La mayor parte de los asfaltos fabricados (cerca del 90%) se utiliza en trabajos de pavimentación, destinándose una pequeña parte a aplicaciones industriales. Los asfaltos para pavimentación, generalmente se clasifican en:

- a) CEMENTO ASFALTICO.
- b) ASFALTOS REBAJADOS.
- c) EMULSIONES ASFALTICAS.

a) CEMENTO ASFALTICO:

El cemento asfáltico se obtiene en las refinerías como residuo de la columna de destilación por vacío de los crudos del petróleo.

Este producto es preparado especialmente para presentar cualidades y consistencia propias para su uso directo en la construcción de pavimentos. Es un material ideal para trabajos de pavimentación porque, además de sus propiedades aglutinantes e impermeabilizantes, posee características de flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a la mayoría de los ácidos, sales y álcalis.



El cemento asfáltico, es también conocido como asfalto de destilación o penetración, por ser la penetración * la que sirve para clasificarlos de una manera elemental. Suele ser semisólido a temperatura ambiente, por lo que para ser utilizado directamente en obra (es decir, sin emulsionar ni fluidificar) deben ser calentados y manejados durante intervalos de tiempo cortos y precisos. El cemento asfáltico, es pues, un aglutinante pesado, utilizado en la preparación de mezclas asfálticas.

* Ver anexo.

PENETRACION

CLIMA	ASFALTO
Templado - caliente	DURO (Baja penetración)
Moderado - frío	SUAVE (Alta penetración)

Las exigencias de comportamiento del asfalto de penetración en pavimentos se pueden resumir en los siguientes puntos :



- 1) Ser suficientemente fluido durante su empleo (bien mediante calentamiento, fluidificación o emulsificación) para que "moje" o se adhiera al pétreo.
- 2) Ser suficientemente consistente y viscoso para que el firme, con altas temperaturas y bajo la acción del tráfico, sea poco deformable.
- 3) Ser suficientemente flexible a bajas temperaturas para que el pavimento no se vuelva frágil.

b) ASFALTOS REBAJADOS:

Los asfaltos rebajados resultan de añadir un solvente procedente de la destilación del petróleo o de la destilación del alquitrán a un cemento asfáltico. Reciben el nombre de asfaltos fluidificados o "cut-backs" en el primer caso y asfaltos fluxados en el segundo.

Los solventes utilizados funcionan apenas como vehículos resultando productos menos viscosos que pueden ser aplicados a temperaturas más bajas, e incluso sin calentar. Según su tiempo de fraguado se clasifican en :



- 1) Fraguado Rápido (FR)
- 2) Fraguado Medio (FM)
- 3) Fraguado Lento (FL)

c) EMULSIONES ASFALTICAS :

Ordinariamente, cuando es necesario mezclar dos sustancias no miscibles entre sí, tales como el aceite y el agua; un tercer ingrediente, similar a un jabón, es añadido para retardar la separación. De la misma manera, el cemento asfáltico y el agua se mezclan, utilizando un agente emulsificante para dilatar la separación.

Una emulsión asfáltica es, por lo tanto, una dispersión homogénea de pequeñas partículas, de diámetros de entre 3 y 9 micras, de un producto asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsionante de carácter iónico.

Los ligantes más utilizados en las emulsiones de este tipo, en México son :



- Asfaltos de penetración
- Asfaltos fluidificados

Cuando las partículas de ligante asfáltico se vuelven a juntar para constituir una película continua de asfalto, se dice que la emulsión ha roto; en ese momento el agua se desprende.

Según la rapidez de rompimiento las emulsiones asfálticas se clasifican en :

- 1) Rompimiento Rápido (RR)
- 2) Rompimiento Medio (RM)
- 3) Rompimiento Lento (RL)

Sus principales ventajas sobre los "Cut-Bracks" son :

- Su adaptabilidad en la aplicación con agregados húmedos.
- La eliminación de riesgos con sustancias inflamables y tóxicas.



1.1.2. MEZCLAS ASFALTICAS.

Se denominan mezclas asfálticas a las constituidas por un ligante asfáltico en forma de una película continua que envuelve a todas las partículas de un agregado de determinada granulometría.

- Dentro de ésta definición se incluyen :
 - Los mástics asfálticos, constituidos por finos y asfalto.
 - Los morteros asfálticos, constituidos por arena y mástic asfáltico.
 - Los aglomerados o carpetas constituidos por un agregado grueso de diversa granulometría y un mortero asfáltico.
 - Las LECHADAS ASFALTICAS, que son morteros puestos en obra por vía acuosa.
- Estas mezclas asfálticas, se clasifican en mezclas en caliente y mezclas en frío.



MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE:

Son aquellas en las cuales se calientan previamente el asfalto y los agregados, y se maneja, extiende y compacta a temperatura muy superior a la del ambiente.

MEZCLAS ASFALTICAS EN FRIO:

Son aquellas que se fabrican con los agregados fríos, el ligante asfáltico frío o caliente y se manejan, extienden y compactan a temperatura ambiente.



1.1.3. TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS EN FRIO.

La tecnología en frío, basada en el empleo de emulsiones, ha tenido una evolución e interés creciente. El perfeccionamiento químico de los productos, la variedad del tipo de emulsiones y la puesta a punto de nuevas unidades de obra, han hecho que en el momento actual el ingeniero disponga de un instrumento eficaz, versátil y económico en todos los casos. El empleo de las técnicas en frío es especialmente importante cuando no insustituible en todos los trabajos de conservación, tratamiento de pavimentos, obras alejadas de los grandes centros de población e industria, países en vías de desarrollo, etc.

El gasto y la servidumbre del calentamiento en los materiales asfálticos de pavimentos es en cualquier caso oneroso desde el punto de vista energético y económico. Implica, además, la utilización de grandes equipos, difíciles de transportar y de instalar y puede producir situaciones de contaminación y de rechazo por parte de la población.

El elemento más valioso para el desarrollo de las técnicas en frío es la emulsión asfáltica, ya que constituye la solución lógica y natural para poder poner en obra asfalto a temperatura ambiente sin miedo a la presencia de



humedad ni a los problemas que produce una mala adhesividad con los pétreos. Las soluciones usadas en años anteriores, fluidificando ligantes con derivados ligeros del petróleo, resultan en el momento actual anacrónicas tecnológicamente y onerosas por el despilfarro energético que presenta el malgastar aquel componente ligero, cuyo destino final es la desaparición por evaporación.

En resumen, el desarrollo actual de la tecnología en frío para pavimentos se puede atribuir a los siguientes factores:

- Mejora de los tipos de emulsiones.
- Simplicidad de los equipos de maquinaria.
- Versatilidad ante climas y materiales.
- Ahorro energético.
- Ausencia de contaminación.



De acuerdo al tipo de aplicación y al sistema de puesta en obra, se clasifican en:

- A) Tratamientos superficiales sin agregados.
- B) Tratamientos superficiales con agregados.
- C) Mezclas abiertas en frío.
- D) Mezclas densas en frío.

A) TRATAMIENTOS SUPERFICIALES SIN AGREGADOS.

Estos riegos también llamados en negro, se usan generalmente como tratamientos auxiliares.

EJEMPLOS:

- 1) **Riegos de impregnación:** Se efectúan para conseguir una superficie negra de impermeabilidad uniforme, limpia de polvo y partículas minerales sueltas, para poder extender las capas asfálticas siguientes. Se utilizan asfaltos fluidificados (FM) o emulsiones asfálticas (RL) con alto contenido de fluidificantes.



LA SALLE

- 2) Riego de liga:** Consiste en la aplicación de una película lo más fina posible de ligante asfáltico sobre una superficie asfáltica o impermeable, para conseguir una buena unión con una siguiente capa asfáltica. Se utilizan casi exclusivamente emulsiones asfálticas (RR), poco viscosas, o, poco o nada fluidificadas.
- 3) Riegos de curado:** Se utilizan como protección para la pérdida por evaporación del agua necesaria para el fraguado de bases estabilizadas con cemento o suelos-cemento. Se utilizan para ésto, emulsiones (RR) sin fluidificantes.
- 4) Riegos antipolvo :** Se aplica una película continua de asfalto para proteger caminos que no tendrán tratamientos posteriores. Se emplean emulsiones (RL), poco viscosas, diluidas en agua.
- 5) Riegos profundos :** Consisten en una sucesiva aplicación de capas de agregados debidamente compactados y riegos asfálticos con ligantes que permitan la penetración en todo el espesor de cada capa de agregados. Se usan asfaltos fluidificados o emulsiones asfálticas (RR) ligeramente fluidificadas.



B) TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON AGREGADOS. (SELLOS)

Se utilizan para dotar al pavimento de una superficie rugosa e impermeable. Sin embargo, no se debe utilizar este tratamiento en pavimentos urbanos, zonas de estacionamiento y, sobre todo, en aeropistas; debido al desprendimiento de gravillas que se presenta.

En este tipo de tratamientos se utilizan asfaltos fluidificados o emulsiones asfálticas (RR) ligeramente fluidificadas.

EJEMPLOS:

- 1) Riegos monocapa:** Consisten en una película de ligante asfáltico y una capa de agregados.
- 2) Riegos Multicapa:** Son aplicaciones sucesivas de varios riegos monocapa.
- 3) Riegos de poro:** Se trata de un riego monocapa, con arena como agregado.



C) MEZCLAS ABIERTAS EN FRIO.

Son elaboradas a base de emulsión asfáltica, cuyo ligante envuelve las partículas minerales del agregado, con un alto contenido de vacíos o huecos

EJEMPLO:

1) Carpetas abiertas:

Se utilizan en bacheos, nivelaciones y tratamientos especiales drenantes y antideslizantes. Las emulsiones comúnmente utilizadas son emulsiones (RL), que pueden, si así se desea, modificarse con la adición de polímeros.

D) MEZCLAS DENSAS EN FRIO.

Se tratan de mezclas asfálticas que, una vez compactadas, tienen muy pocos huecos o vacíos menor al 5%

EJEMPLOS:

1) Estabilización de suelos:

Es una mezcla convenientemente compactada de suelo, agua y ligante asfáltico, cuyo fin es mejorar las características resistentes del suelo, aumentando su cohesión e impermeabilidad.



2) Grava-Emulsión: Se utilizan agregados con una granulometría muy estricta, para obtener capas de bases estabilizadas con asfalto, de muy buena calidad.

3) Lechada asfáltica: (Slurry Seal) Una lechada asfáltica es una mezcla fluida y homogénea de emulsión asfáltica, agua, filler mineral y agregados finos bien graduados, que puede ser aplicada al pavimento mediante una rastra acoplada a una máquina mezcladora, o con procedimientos manuales.

Las ventajas que proporciona el uso de lechadas asfálticas son:

- a) Impermeabilización a carpetas deterioradas.
- b) Rellena vacíos, grietas y depresiones del pavimento.
- c) Retarda la oxidación del pavimento existente.
- d) Proporciona superficie anti-derrapante.
- e) Si es bien aplicado, completa todo lo anterior sin causar bordes, acanalamientos, pérdida de agregados, sangrado de asfalto, etc.

* Ver Fig. 1.1

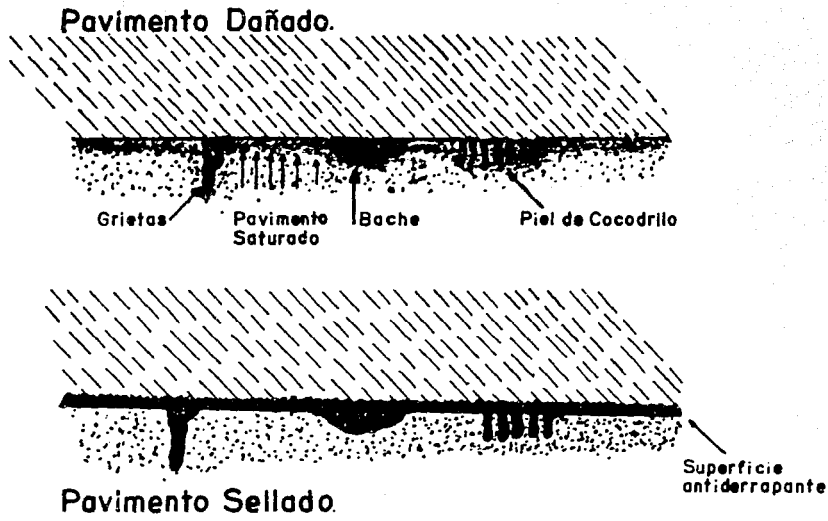


Fig. 1.1

PAVIMENTOS FLEXIBLES DE USO AERONAUTICO.

2.1. GENERALIDADES.

Un pavimento flexible está formado por una capa superior delgada, en general de tipo asfáltico, apoyada sobre una base, una subbase, una subrasante y una terracería. En general, cada vez que se haga mención a los pavimentos, se hará referencia a los del tipo flexible. El pavimento de una aeropista, ha de cumplir con tres funciones básicas:

- 1) Proporcionar una resistencia estructural suficiente ante las solicitaciones de los aviones.
- 2) Proporcionar una buena calidad de rodadura.
- 3) Proporcionar buenas características de rozamiento en la superficie.

El primer criterio se refiere a la estructura del pavimento, el segundo a la forma geométrica de la superficie del mismo y el tercero a la textura de la superficie.



Estos tres criterios se consideran esenciales para lograr un pavimento que cumpla funcionalmente con los requisitos operacionales. Sin embargo, desde este punto de vista, se considera que el tercero es el más importante, debido a que tiene una repercusión directa sobre la seguridad de las operaciones de los aviones. En consecuencia, el criterio de rozamiento puede resultar un criterio decisivo en la selección y tipo de superficie de pavimento.

De ser posible, en los pavimentos, no deberán tolerarse:

- a) Erosiones en el pavimento.
- b) Disgregación o desmoronamiento.
- c) Agujeros.
- d) Sangrado o afloramiento de asfalto.
- e) Oxidación del asfalto.
- f) Corrimientos de la carpeta.
- g) Corrugaciones.



h) Hundimientos o depresiones.

i) Canalizaciones.

j) Grietas longitudinales de orilla o junta, grietas transversales, grietas de contracción o reflexión.

k) Agrietamientos tipo piel de cocodrilo o de mapa.

l) Crecimiento de hierba y afloramiento de agua.

m) Exceso de caucho impregnado en las zonas de contacto de las pistas.

n) Fenómeno de hidroplaneo.

* Ver Figura 2.1

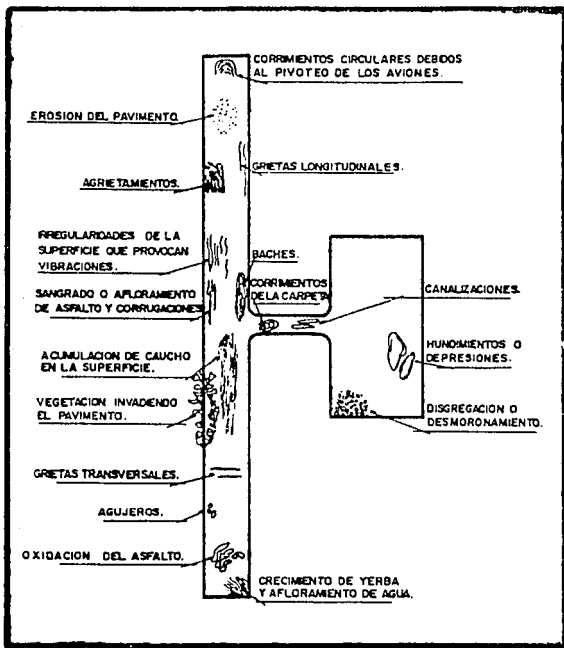


Fig 2.1 FALLAS COMUNES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES DE USO AERONAUTICO.



2.2. CAUSAS QUE GENERAN DETERIORO EN PAVIMENTOS.

Es muy importante señalar que el primer paso antes de efectuar una reparación es determinar la causa de la falla, para poder atacar el problema desde la raíz, y así evitar que vuelva a surgir el mismo deterioro.

En ocasiones especiales, es recomendable realizar sondeos y efectuar análisis de los materiales de las capas del pavimento y de la subrasante, para obtener información que facilite el análisis de las causas que generan el deterioro de los pavimentos.

Una vez determinada la causa, se podrá establecer, con base en dicho conocimiento, el procedimiento correctivo más adecuado.

2.2.1. FALLAS COMUNES. (CAUSAS Y DESCRIPCION).

Los defectos en los pavimentos flexibles pueden ser el resultado de fallas estructurales por una falla al esfuerzo cortante, desarrollados en la subrasante, sub-base o en la carpeta; o bien por un drenaje defectuoso.



EJEMPLOS:

DEPRESIONES Y GRIETAS EN LAS LINEAS DE TRAFICO.

Estas pueden ser causadas por una falla al esfuerzo cortante (movimientos plásticos) en la base o la subrasante. Por otra parte, una ausencia completa de grieta en y alrededor de las depresiones generalmente es una evidencia de que las depresiones son el resultado de una mala compactación.

GRIETAS TIPO PIEL DE COCODRILO.

Cuando los pavimentos presentan grietas formando espacios estrechos en una típica falla de piel de cocodrilo, es muy probable que la falla se deba a deformaciones angulares o de resistencia al esfuerzo cortante en la capa de base (la más cercana a la superficie). Si estas grietas están más espaciadas, es muy probable que la falla se deba a deformaciones angulares en la subrasante.



GRIETAS LONGITUDINALES O TRANSVERSALES.

Generalmente se forman espaciadas y más o menos alineadas y son usualmente el resultado de contracciones. En estos casos generalmente se requieren sondeos exploratorios para determinar la naturaleza y magnitud de la reparación requerida.

ADHERENCIA DEL MATERIAL ASFALTICO A LOS PETREOS.

La elaboración defectuosa de la mezcla asfáltica durante la construcción del pavimento, la utilización de agregados pétreos hidrófilos o de poca afinidad con el asfalto; y efectos circunstanciales, como derrame de combustibles y lubricantes, son las principales causas de una pobre adherencia entre al material pétreo y el asfalto.

Es importante señalar que esta es una causa determinante en el desarrollo de la erosión de un pavimento.



EROSION DEL PAVIMENTO.

En los pavimentos flexibles, la erosión se manifiesta por el desprendimiento del material pétreo más superficial. Esta erosión puede ser provocada por el chorro de las turbinas y/o por el paso de los aviones a gran velocidad.

DISGREGACION O DESMORONAMIENTO.

Esta es una falla de desintegración progresiva, consistente en la separación de los agregados pétreos o de pequeños trozos de carpeta. Las causas que pueden originar esta falla son: Insuficiente compactación durante la construcción, colocación de la carpeta en tiempo muy húmedo o frío, utilización de agregados sucios o desintegrables, falta de asfalto en la mezcla y/o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica. (Técnica en caliente).



AGUJEROS.

Los agujeros son fallas de desintegración altamente localizadas que presentan la configuración de una cazoleta de dimensión variable.

La causa de la falla es la poca resistencia de la carpeta en la zona, resultante de una falta de asfalto en la mezcla, de una falta de espesor de la capa superficial de la carpeta, de un exceso o de una carencia de finos, una inadecuada compactación bajo el tráfico y/o de un drenaje deficiente.

SANGRADO O AFLORAMIENTO DE ASFALTO.

Generalmente ocurre durante épocas de calor; consiste en la aparición del asfalto sobre la superficie del pavimento, formando una película extremadamente lisa, la cual bajo condiciones de lluvia presenta serios problemas al reducirse el coeficiente de fricción.

Las causas de esta falla pueden ser : Un exceso de asfalto en la mezcla asfáltica empleada en la construcción, una inadecuada construcción del



sello, un riego de liga o de impregnación excesivos, o bien, solventes que acarrear el asfalto a la superficie. También el paso de las cargas del tráfico pesado pueden ocasionar compresiones en un pavimento con exceso de asfalto, forzándolo a que aflore a la superficie.

OXIDACION DEL ASFALTO.

Esta falla presenta la característica de un excesivo intemperismo del asfalto, ya sea por agentes meteorológicos o por el efecto del escape de los motores de turbina a altas velocidades y temperaturas. La oxidación del asfalto ocasiona una falta de adherencia del producto asfáltico.

CORRIMIENTOS DE LA CARPETA.

Esta falla presenta generalmente un agrietamiento en forma de media luna, es provocada por una falta de adherencia entre la carpeta o capa superficial y la base o capa subyacente. La falta de adherencia puede ser debida



a impurezas, tales como polvo, aceite, caucho, agua u otro material no adhesivo, situadas entre las dos capas; también puede ser debida a una falta de riego de liga durante la construcción del pavimento, o a un exceso del contenido de arena en la mezcla, o bien, a una inadecuada compactación durante la construcción.

CORRIMIENTOS CIRCULARES

Esta falla se presenta generalmente en forma de una o varias grietas semicirculares; es debida a los esfuerzos en el pavimento provocados por los aviones al realizar giros muy cerrados en la pista o plataformas. También puede presentarse en pavimentos de poca capacidad para resistir los esfuerzos de tensión provocados por los giros de los aviones.

CORRUGACIONES.

Las corrugaciones son una forma de movimiento o desplazamiento plástico de la carpeta asfáltica. Esta falla se presenta en forma de ondulaciones o bien en forma de depresiones y montículos de pequeños diámetros.



Las causas de esta falla son las cargas de tráfico que actúan sobre un concreto asfáltico de poca estabilidad. Esta falla de estabilidad puede ser debida a un exceso de asfalto en la mezcla, a un exceso de agregados finos, a agregados pétreos demasiado redondos o lisos, a un cemento asfáltico demasiado blando, a una humedad excesiva, a contaminación por derrame de aceites o bien a una falta de aereación al colocar la mezcla asfáltica elaborada con asfaltos rebajados.

HUNDIMIENTOS O DEPRESIONES.

Esta falla se presenta en forma de áreas bajas de dimensiones limitadas y pueden o no estar acompañadas de grietas. En época de lluvias se acumula el agua en estas depresiones formando charcos los cuales pueden constituir un peligro para las operaciones de los aviones ante la posibilidad de que se produzca el fenómeno de hidroplaneo. Por otra parte, el agua así acumulada acelera el proceso de deterioro del pavimento.



Los hundimientos o depresiones pueden ser provocados por la operación de cargas superiores a las correspondientes de diseño del pavimento, también pueden ser debidos a una falta de compactación de las capas inferiores del pavimento o bien a asentamientos del terreno de cimentación. En algunos suelos constituidos por arcillas con muy baja capacidad de soporte, esta falla se puede presentar por el flujo del suelo de cimentación hacia los lados de la pista.

FENOMENO DE HIDROPLANEAO.

Cuando la superficie de una pista se ve afectada por agua en cualquier grado de humedad, los niveles de rozamiento en la pista caen considerablemente a partir del valor en estado seco y existe una disparidad importante en función de las distintas superficies.

La reducción del rozamiento cuando una superficie está mojada e igualmente cuando aumenta la velocidad del avión, se explica por el efecto combinado de las presiones de agua a las que se encuentra sometido el neumático. Estas presiones producen una pérdida parcial del contacto seco



cuya intensidad tiende a aumentar con la velocidad. En estas condiciones, los valores de rozamiento decaen importantemente.

La magnitud del coeficiente de rozamiento entre los neumáticos de los aviones y un pavimento mojado, está influenciada por varios parámetros. Los más importantes son velocidad de operación, espesor del agua, textura superficial de la pista, capacidad de drenaje, estado de los neumáticos y características del sistema de frenado del avión. En general, un avión experimenta un incremento en el rozamiento disponible sobre una pista mojada a medida que disminuye la velocidad por el efecto de frenado.

Un elevado rozamiento durante el inicio de la operación de parada proporciona un mejor frenado y control de dirección. Cuando el rozamiento se reduce a cero, se produce una total pérdida sobre el control de estas operaciones. Tal condición se llama hidroplaneo.



2.3. TECNICAS EMPLEADAS EN EL MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LOS PAVIMENTOS.

El mantenimiento pretende que el nivel de calidad de los pavimentos en general, se mantenga constante y aún se mejore; todo esto persiguiendo los objetivos básicos: Seguridad y confort en las operaciones de las aeronaves y la preservación de las inversiones efectuadas en la construcción del pavimento.

La detección oportuna de una falla y su rápida reparación cuando apenas inicia, es, sin duda, la labor mas importante del personal de mantenimiento. Es por tanto de suma importancia que se efectuen inspecciones periódicas del pavimento por personal calificado.

La inspección no debe hacerse sobre un vehículo en movimiento; lo mejor es caminar sobre el pavimento para poder efectuar una inspección detallada. (Para esto deberán seguirse las normas de seguridad aeronáuticas).



2.3.1. REAFINAMIENTO SUPERFICIAL.

Cuando a un pavimento que se le han estado efectuando reparaciones pequeñas, estas se vuelven tan numerosas que resulta antieconómico su mantenimiento, o bien, se han vuelto peligrosas para su operación, es necesario hacer un reafinamiento de la superficie. Dicho reafinamiento puede calificarse como un tratamiento preservativo, un tratamiento correctivo o un mejoramiento.

a) Tratamientos Preservativos.

Se engloban dentro de la categoría de la conservación preventiva, y se requiere efectuarlos periódicamente para sellar o revivir las superficies agrietadas o desgastadas por el tiempo; y consisten normalmente en riegos de sello o tratamientos superficiales con LECHADA ASFALTICA.

b) Tratamientos Correctivos.

Los tratamientos correctivos, o de conservación correctiva, son requeridos cuando existen superficies ásperas e irregulares; y pueden consistir en la aplicación de una o más sobrecarpetas.



c) Mejoramientos.

Se justifican generalmente cuando la superficie existente es inadecuada o cuando se prevé que pronto se volverá inadecuada. Las superficies muy resacas, cuarteadas o desintegradas, pueden ser salvadas escarificando totalmente la superficie, disgregando el material con escarificadores de discos, agregando producto asfáltico, mezclando y compactando.

La aplicación de una capa sellante y de protección mejorará la durabilidad del pavimento.

2.3.2. REHABILITACIONES.

Es necesario un análisis concienzudo para seleccionar el método y los materiales adecuados para la reparación de los pavimentos flexibles. Ambos factores deben ser considerados de acuerdo con las condiciones locales,

aunque en principio los trabajos de mantenimiento de pavimentos siguen una misma secuela.



DEPRESIONES Y GRIETAS.

Cuando las depresiones y grietas se deben a una inadecuada compactación bajo el tráfico, la única reparación necesaria es un reencarpetado de renivelación por que la estructura básica no ha sido perjudicada, de hecho ha sido mejorada.

Cuando las grietas son debidas a deformaciones por falla al esfuerzo cortante, el material fallado debe ser removido y reemplazado, aunque ocasionalmente, cuando las áreas son muy grandes, se podrá aumentar el espesor para prevenir esfuerzos mayores al resistente.

EROSION DEL PAVIMENTO.

Cuando la erosión se encuentra en etapa inicial, los trabajos correctivos podrán consistir en la aplicación de LECHADA ASFALTICA.

Cuando se presente un derrame de combustibles, o de algún otro disolvente del asfalto, principalmente en las áreas cercanas al reabastecimiento de combustibles, el mantenimiento preventivo consistirá en reducir al máximo
SUS



efectos, lavando inmediatamente toda el área afectada, de manera de diluir y eliminar el líquido disolvente. Como mantenimiento preventivo puede aplicarse sobre la superficie del pavimento algún producto especial que forme una película protectora contra la acción de los combustibles y lubricantes y repetir periódicamente su aplicación.

Cuando la erosión se presenta en una etapa muy avanzada, el tratamiento correctivo será similar al de un bacheo.

Disgregación o desmoronamiento.

Cuando la falla se encuentra en sus inicios, podrá efectuarse un mantenimiento preventivo consistente en la aplicación de LECHADA ASFALTICA.

Si la falla se encuentra muy avanzada y la superficie es muy extensa, podrá llegarse a requerir de un reencarpelado.



Agujeros.

Una reparación temporal consistirá en limpiar el agujero y rellenarlo con mezcla asfáltica, compactando debidamente. Sin embargo, para efectuar la reparación permanente de un agujero, será necesario efectuar cortes de tal manera de formar un rectángulo con sus paredes sensiblemente verticales, imprimir las paredes y rellenar la cavidad con mezcla asfáltica compactando débidamente. El parche terminado deberá tener el mismo nivel que la superficie del pavimento adyacente.

Sangrado o afloramiento de asfalto.

Se deberá remover o raspar el exceso de asfalto aflorado y efectuar un tratamiento superficial con LECHADA ASFALTICA.

Oxidación del asfalto.

Esta falla se puede corregir mediante la aplicación de LECHADA ASFALTICA en el área afectada a fin de proteger la estructura del concreto asfáltico en la zona interesada. Si la humedad proviene de las capas inferiores del pavimento, es necesario corregir previamente el sub-drenaje.



Corrimientos de la carpeta.

Los trabajos correctivos consistirán en el sellado de la grieta si está no es muy profunda con un riego de liga o una LECHADA ASFALTICA; o bien, en abrir caja y reponer el material se la falla se prolongó hasta las capas inferiores del pavimento.

Corrugaciones.

Si las corrugaciones llegan a ser excesivas, los trabajos correctivos adecuados consistirán en remover la zona afectada y colocar una mezcla asfáltica bien proporcionada. Si las corrugaciones son pocas, los trabajos correctivos podrán consistir en recortar las irregularidades sobresalientes y aplicar a la superficie una LECHADA ASFALTICA.

Hundimientos o Depresiones.

Si los hundimientos se deben a la compactación del terreno de cimentación o a las capas del pavimento; se define el área por renivelar y se abre una caja perimetral; se pica dicha superficie y se limpia; se aplica un riego de liga, se coloca la mezcla asfáltica y se compacta desde las orillas hacia el



centro. Se recomienda aplicar LECHADA ASFALTICA para proporcionar mayor impermeabilidad al pavimento.

Quando existen asentamientos causados por fallas de tuberías o alcantarillas, estas deben ser reparadas previamente, lo que requerirá la completa remoción del pavimento.

Quando existen hundimientos acompañados de grietas, es necesario efectuar estudios para determinar la causa de la falla y suprimirla. En general las nivelaciones no son aplicables a estos casos.

CONCEPTOS BASICOS.

3.1. MATERIALES.

3.1.1. EMULSIONES ASFALTICAS.

El asfalto emulsionado es de primera importancia para el procesado del mortero asfáltico o LECHADA ASFALTICA. En efecto, el desarrollo de este se ha basado grandemente en los progresos en la producción de emulsiones asfálticas con ciertas características deseadas. Por lo tanto es muy importante hacer mayor énfasis sobre este tema, para una mejor comprensión de las técnicas en frío, y, particularmente, en este caso, de las lechadas asfálticas.

Como ya, se a mencionado, en una emulsión asfáltica las partículas de asfalto se encuentran suspendidas, o dispersas, en un medio acuoso. Al conjunto de dichas partículas se le llama fase discontinua, y, al medio donde están suspendidas, fase continua.

Hay dos tipos de emulsiones: las directas y las inversas. En las emulsiones directas, la fase continua es acuosa, y la discontinua, aceitosa o



asfáltica. En las inversas el asfalto forma la fase continua y el medio acuoso la fase discontinua.

Atendiendo a la naturaleza química del emulsionante utilizado, las emulsiones asfálticas, se clasifican en: Aniónicas, ($\text{PH} > 7$), y Catiónicas, ($\text{PH} < 7$). Dicha clasificación está en función de la carga eléctrica que el emulsionante le confiere a las partículas de asfalto.

ANIONICAS: Carga negativa (-). Fig. 3.2

CATIONICAS: Carga positiva (+). Fig. 3.2

Las emulsiones aniónicas, presentan una buena adhesividad y resistencia al desplazamiento frente a los pétreos calizos (que se ionizan positivamente al estar húmedos) y una escasa adhesividad y resistencia al desplazamiento frente a los pétreos silíceos (que se ionizan negativamente al estar húmedos).



Las emulsiones catiónicas presentan buena adhesividad con los pétreos silíceos y con la mayor parte de los calizos.

Las emulsiones catiónicas tienen una rotura mucho más rápida, generalmente, que las emulsiones aniónicas, ya que en las catiónicas se produce repentinamente al atraerse químicamente las partículas de asfalto ionizadas, con la superficie del pétreo también ionizada, perdiéndose el agua en forma líquida; mientras que en las aniónicas la evaporación del agua es el factor dominante para la rotura.

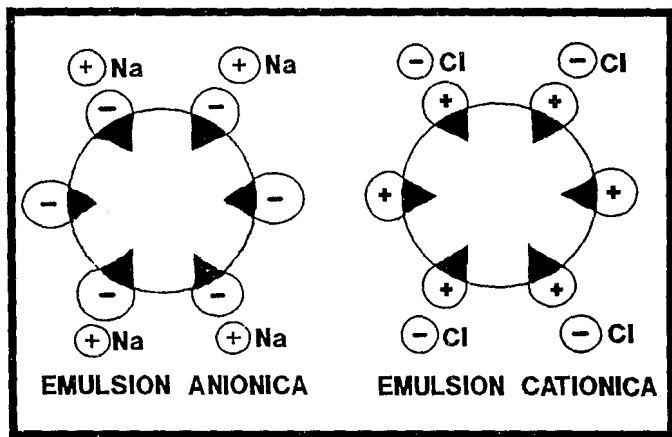


Fig. 3.2 EMULSION CATIONICA Y EMULSION ANIONICA



Es muy importante mencionar, que el tipo de emulsión, deber ir de acuerdo con las exigencias mismas del trabajo a realizar.

Propiedades básicas de las emulsiones.

a) Estabilidad en el almacenamiento: Permite un tiempo mayor o menor entre la fabricación y el empleo, sin que la emulsión tienda a romper o sedimentarse.

b) Estabilidad de la emulsión ante los pétreos: Se trata de un problema complejo, relacionado con la forma de rotura al entrar la emulsión en contacto con los pétreos.

Cuando más fino es el pétreo, más rápida es la rotura, puesto que aumenta la superficie específica y, por tanto, la absorción de agua por parte del pétreo.

Una falta de estabilidad de la emulsión frente a los pétreos determina una mala envuelta, aunque la adhesividad de la emulsión sea excelente.



c) Viscosidad: Depende especialmente del contenido de ligante, varía también con la naturaleza del emulsionante y con la cantidad del mismo.

Depende así mismo, de manera muy importante, de la granulometría de la emulsión.

d) Características del residuo: Se refiere a la viscosidad del ligante residual, y su fluidificación, si ésta existe, en las propiedades de la emulsión.

3.1.2. AGREGADOS PETREOS.

El agregado pétreo es el elemento de la mezcla que contribuye a la estabilidad mecánica en la superficie del pavimento. Soporta el peso del tráfico y, al mismo tiempo, transmite las cargas a la base y sub-base del pavimento a una presión unitaria reducida, además de darle a la superficie una textura rugosa y antiderrapante.

El agregado pétreo a utilizar, deberá ser limpio, de preferencia de trituración, durable, debidamente graduado y uniforme.



La Asociación Internacional del Slurry Seal (ISSA)* reconoce tres tipos de agregados:

Tipo I (fino) - 1/8"

Se usa para máxima penetración en grietas. Se usa generalmente como sello en áreas de poco tráfico, aeropuertos para aviones ligeros, estacionamientos, y hombros de carreteras.

Tipo II (general) - 1/4"

Es el más usado. 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 (grueso) - 3/8"

Se usa para corregir severos defectos de la superficie, como primera 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.

La elección de cualquier tipo depende del objetivo del tratamiento.

* Ver epigrafe 5.2



3.1.3. FILLER DE APORTACION.

El filler de aportación es usado para cualquiera de estos tres propósitos:

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

Los más comunes son: Cemento Portland, cal hidratada, y polvo de piedras calizas.

3.1.4. AGUA.

El agua utilizada en la elaboración de la mezcla deberá ser potable o excenta de materia orgánica en suspensión, de tal forma que no requiera ser analizada en laboratorio.

El agua de la mezcla, no es más que un medio que sirve para facilitar su puesta en obra.



3.1.5. ADITIVOS.

Los aditivos son utilizados con el fin de mejorar alguna característica concreta de la emulsión asfáltica (viscosidad, adhesividad, etc); así como también para controlar la velocidad de rompimiento de la mezcla.

El uso de aditivos en la mezcla (o en los materiales por separado), deber hacerse inicialmente, en cantidades predeterminadas por el diseño de la misma con ajustes en campo si son necesarios, después de haber sido aprobados por el responsable de la obra.



3.2. LECHADA ASFALTICA. (SLURRY SEAL)

Como ya se había visto, una LECHADA ASFALTICA es un mortero asfáltico al que se le ha añadido agua hasta darle una consistencia fluida o de lechada y, cuya característica particular de esta mezcla, es su inherente capacidad de depositarse en una capa delgada sobre una superficie variable, de acuerdo a las demandas de la misma. Las partículas cubiertas de asfalto, están en libertad de entrar en grietas y cavidades del pavimento donde se aplica, dejando una superficie de rodadura de excelente calidad. Ahí fragua impidiendo la futura entrada de humedad por la superficie. Debido a estas características, se le designa con el nombre de Slurry Seal. (En Mexico, Mortero o lechada asfáltica).

Este tipo de mezcla asfáltica, debido a su composición y ligante, presenta texturas mayores y más duraderas que una mezcla de granulometría análoga hecha en caliente y extendida y compactada convencionalmente.

Según el tipo de emulsión que contengan se denominarán aniónicas o catiónicas.



El tiempo de maduración o fraguado de la mezcla, es el tiempo que transcurre después de que la emulsión a roto, hasta que se alcanza una cohesión máxima o suficiente, entre las partículas de la mezcla, para que sea conveniente abrir al tráfico.

En aeropistas, por lo tanto, es importante que el fraguado sea lo más rápido posible para poder abrir las mismas a la brevedad posible. En estos casos el empleo de lechadas con emulsiones de rotura rápida, compatible con una buena envuelta y homogeneidad, es de vital importancia.

Los principales usos que tiene una LECHADA ASFALTICA en tratamiento son:

- 1) Preventivo:** Para prevenir al pavimento contra pérdidas y efectos de intemperie (oxidación, pérdida de aceites, de ligante y agrietamiento de la carpeta asfáltica.) y para aumentar la durabilidad y textura de la superficie del pavimento.
- 2) Correctivo:** Para corregir defectos ocurridos en pavimentos viejos, como grietas, corrimientos, desgranamientos, permeabilidad y patinaje por erosión o pulimiento de los agregados.



El empleo de la LECHADA ASFALTICA, sugiere considerar varios factores:

- Tipo de pavimento que se va a rehabilitar, las condiciones del mismo y el uso o fin que tendrá.
- La naturaleza y tipo de emulsión asfáltica más conveniente.
- La naturaleza, tipo, condición y granulometría de los agregados de la mezcla.
- La naturaleza y tipo de aditivos, si fueran necesarios.
- Para su aplicación, hay que considerar: La temperatura ambiental así como la del pavimento a tratar y las condiciones climatológicas en general.
- Requiere por consiguiente, una alta especialización de la empresa aplicadora.



3.3. LECHADAS ASFALTICAS ESPECIALES.

Se trata de morteros asfálticos modificados mediante aditivos que pueden mejorar las características del ligante o del pétreo.

Las modificaciones más importantes son:

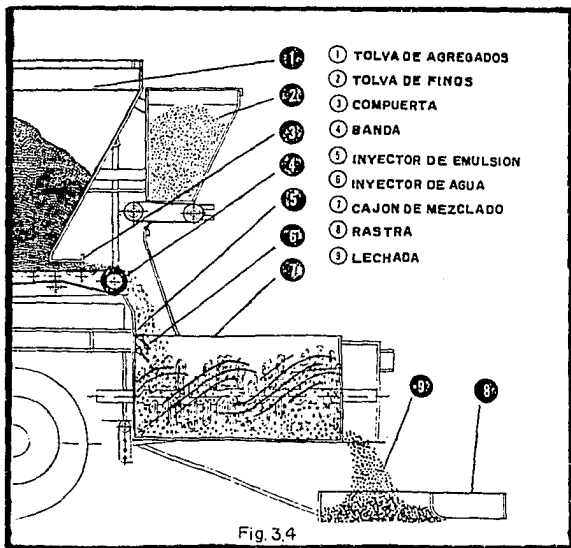
- a) Sistemas para mejorar la adhesividad activa y pasiva en las lechadas, modificación del tiempo de rotura y cohesión final.
- b) Mejora de resistencia mecánica, susceptibilidad térmica y condiciones reológicas generales.
- c) Mejora sobre características de rugosidad y deslizamiento.
- d) Mejora de condiciones estéticas o especiales.

3.4. MAQUINARIA Y EQUIPO.

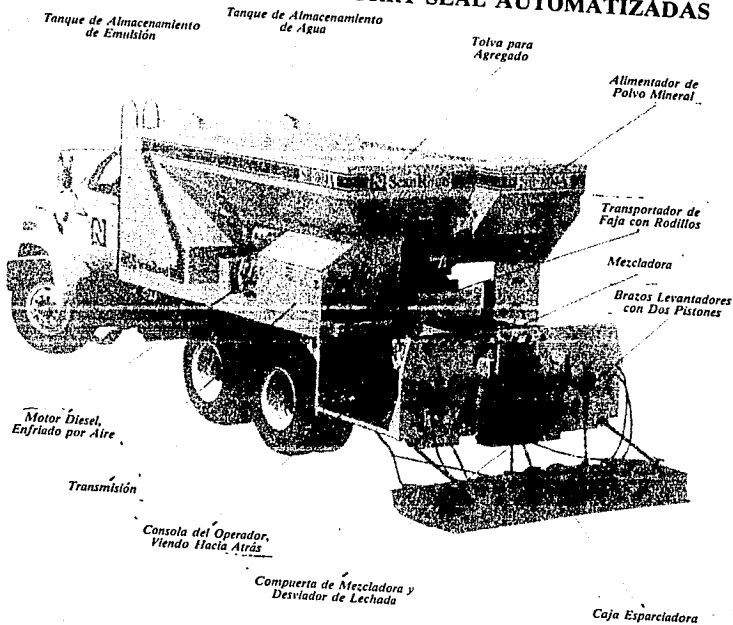
En general, para la fabricación y puesta en obra de la mezcla se requiere de los siguientes elementos

a) Máquina mezcladora y extendedora.

Esta máquina es cargada con el material a utilizar, la mezcla en debida proporción y lo descarga a una rastra que lo distribuye en el pavimento en forma uniforme y al espesor deseado. Figs. 3.4 y 3.5



SERIE SB MÁQUINAS DE SLURRY SEAL AUTOMATIZADAS





b) Maquinaria y equipo de limpieza.

Es esencial que la superficie a tratar este limpia antes de verter la lechada asfáltica.

El método más común es haciéndolo con una barredora mecánica remolcada con un tractor agrícola, o también utilizando un compresor portatil, con sus respectivas mangueras y chiffones.

c) Cargador frontal.

Para cargar con los materiales pétreos a la máquina mezcladora.

d) Máquinas compactadoras.

Generalmente, todas las lechadas ya fraguadas contienen vacíos, donde se alojaba el agua por lo que se deberá compactar la mezcla con un compactador de rodillo neumático.



e) Equipo auxiliar.

Este equipo está conformado básicamente por:

- 1) Vehículo distribuidor de materiales.
- 2) Tanques y pipas.
- 3) Herramientas de mano (papas, cepillos y jaladores de hule)
- 4) Equipo de iluminación para trabajos nocturnos.
- 5) Equipo de señalamientos.



3.5. APLICACION DE LECHADA ASFALTICA.

TENDIDO DE LA MEZCLA.

Primeramente se carga el camión con todos los materiales: Emulsión asfáltica, agregados, agua, y aditivos; después se procede al tendido de la mezcla.

Gran parte del éxito del tendido de la mezcla, se debe a los conocimientos y habilidad de la cuadrilla, que opera la máquina tendedora como una planta móvil de mezcla en frío. La cuadrilla consta de un sobrestante, un operador, un chofer de la máquina y uno o más peones, todos ellos coordinados por el jefe de frente o el superintendente de obra. Es muy importante que todos conozcan el programa a seguir en cada tramo.

Deberá ser trabajo de equipo: El chofer debe conocer señales del operador para arrancar, acelerar, disminuir velocidad o parar, girar a la derecha o izquierda, etc. También debe comunicar cuando se acercan al final del tramo para cerrar la alimentación a tiempo y no desperdiciar material; debe colocar rápidamente el vehículo en posición para un nuevo riego, cuidando que la rastra quede en forma correcta según la línea ya tirada, y debe controlar la velocidad para que la rastra no se recargue o vacíe, y eso con la ayuda de sus espejos.

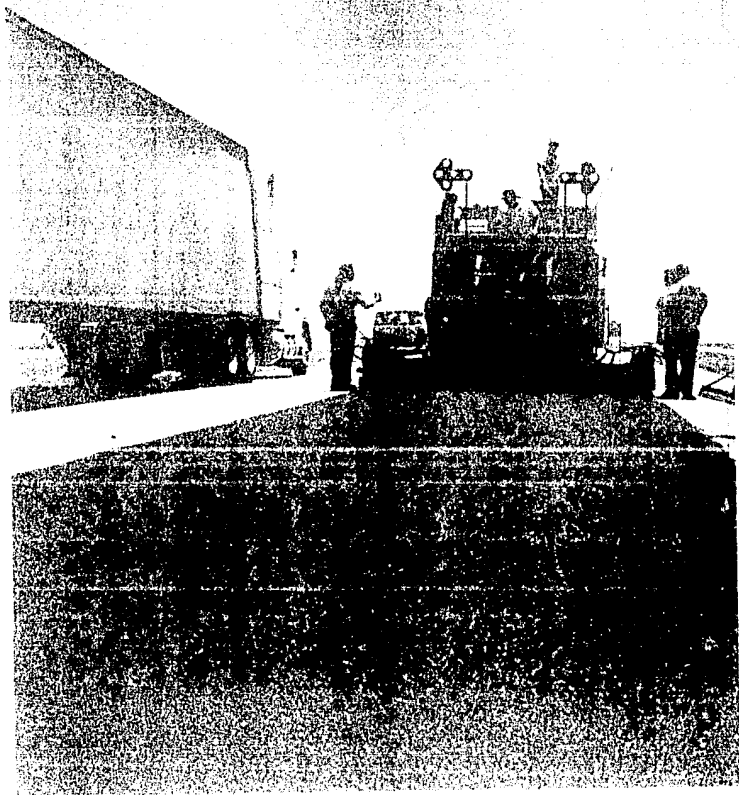


Por su parte, el operador debe cuidar la colocación de la rastra y la altura de la misma para dar el espesor requerido. Debe controlar además, la alimentación y salida del mezclador, esto es, tiempo de mezclado y llenado de la rastra. Debe cuidar que la mezcla sea estable, que la emulsión no haya roto aún, que sea la mezcla lo suficientemente fluida para que se extienda fácilmente, pero no tanto que se separen los componentes y clasifique el material; de su habilidad depende la calidad de las juntas y bordos.

Los peones deben auxiliar al operador en el acabado y en el movimiento de señales. Fig.3.6

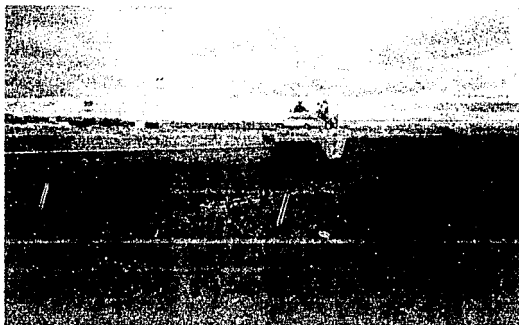
ACABADOS.

Un buen acabado a mano puede elevar considerablemente la calidad del trabajo. Generalmente estos trabajos se efectúan en lugares donde la máquina no puede tender, también en juntas longitudinales y transversales, o bien previo al paso de la máquina en forma de calafateo o nivelación. Para hacer esto se utilizan jaladores de hule o rasquetas, dando el acabado final, puliendo las superficies con las mismas o con un cepillo de raíz.



COMPACTACION.

Como ya se dijo anteriormente, la mezcla ya tendida (mortero), contiene vacíos. Por lo tanto, el mortero debe ser compactado una vez que haya alcanzado la consistencia necesaria. El mejor compactador para mortero es el neumático autopropulsado de 4 a 6 ton. Es indispensable que tenga un sistema de mojado de llantas en perfectas condiciones, de lo contrario se levantará el mortero.





3.6. CONTROL DE CALIDAD.

La calidad de los trabajos es responsabilidad del contratista y, por lo tanto, determinante para la obtención de nuevos contratos.

Quizá los aspectos más importantes a considerar para un buen control de calidad son los siguientes:

- a) Utilización de materiales que se ha demostrado cumplen con las especificaciones y que son compatibles entre sí.
- b) Mantener la máquina mezcladora y la rastra limpias, y en buen estado.
- c) Calibrar la máquina periódicamente.
- d) Antes de proceder al tendido, la superficie del pavimento deber estar limpia y libre de charcos, además de considerarse las condiciones del medio ambiente.
- e) Verificar que la dosificación de los materiales de la mezcla en la máquina sea la correcta.
- f) La velocidad de la máquina deberá ser tal que el nivel en la rastra sea constante.
- g) Cuidar que el espesor del tendido cumpla con lo requerido.
- h) Tomar muestras de la mezcla y ensayarlas en laboratorio para comprobar que se cumple con las especificaciones.
- j) cuidar la compactación.



4

APLICACION DE LECHADA ASFALTICA COMO SOLUCION VIABLE EN LAS REHABILITACIONES.

4.1. ASPECTOS GENERALES Y PARTICULARES DE OBRA.

4.1.1. VISITA A OBRA.

El objetivo de la visita a obra, es la de hacer una inspección visual de la zona, para recopilar la mayor información posible del sitio de trabajo y, una vez hecho ésto, se deberá elaborar un reporte, mismo que servirá de respaldo para la planeación de la obra.

Muchos son los aspectos que deberán conseguirse en esta visita a la obra, entre los más importantes destacan:

Obtener un conocimiento fidedigno de la geometría del aeropuerto: Longitud y ancho de la pista a reparar, así como su orientación, número de calles de rodaje y disposición de las mismas. Localizar la toma de agua si el aeropuerto cuenta con este servicio. Localizar las zonas disponibles para



establecer un centro de operaciones en donde estará concentrada toda la maquinaria y que será el punto de partida de la conjunción de desarrollos tales como carga de materiales, movimiento del equipo y traslado hacia la pista o áreas operativas.

Observar detalladamente la condición del pavimento a rehabilitar, localizar y analizar todas las fallas y, es muy importante, además, tomar fotografías.

También es muy importante recabar toda la información requerida, del volúmen y tipo de tráfico aéreo, así como de los itinerarios de vuelos para que, en base a este conocimiento, se pueda planear el horario de trabajo.

Localizar los posibles bancos de agregados en las cercanías de la obra; ver a que distancia se encuentran, la naturaleza de los mismos y su procedencia: Ya sea por trituración parcial o total. Una vez hecho ésto, se deberán tomar muestras representativas de dichos bancos para su análisis en laboratorio.

Observar las condiciones climatológicas en general: Temperatura, lluvia, humedad ambiental, etc.



4.1.2. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LA OBRA, EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LORETO, B.C.S.

La pista 16-34, tiene una longitud de 2200 mts, y un ancho de pista de 45 mts, con acotamientos en ambos lados de 7.5 mts. y cuenta con dos rodajes, Alfa y Bravo. Fig. 4.1

Las operaciones de pista no representaban problema alguno ya que solo había una operación alas 7:30 AM y otra a las 7:30 PM; con operaciones esporádicas de avionetas chicas. Practicamente se podía trabajar las 24 hrs del día. Sin embargo, se presentaron durante el día, temperaturas en el pavimento de 40 a 50 grados centígrados, lo cual era un factor inconveniente para el mezclado y tendido de la mezcla. El agua se obtuvo de un pozo, dentro del aeropuerto y no presentaba condiciones severas de dureza.

AGOSTO 23 1990/239

JPL 118.4
VOR/DME/LTO 113.2

LORETO, B.C.S.

AEROPUERTO INTERNACIONAL

ELEV 3m 10 FT 25° 59' 26" N 111° 20' 52" W

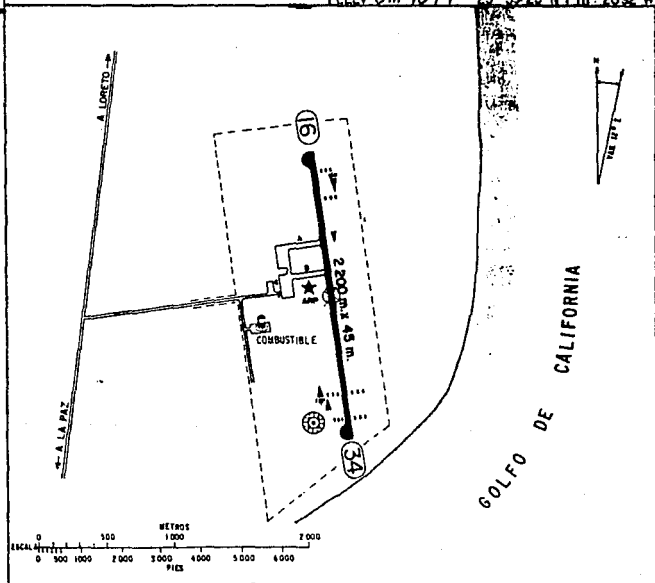


Fig. 4.1

ok



Condición del pavimento:

De la evaluación efectuada en el pavimento asfáltico de la pista 16-34 del Aeropuerto Internacional de Loreto, B.C.S., se observaron los siguientes aspectos:

* Envejecimiento de la capa de mortero existente, notándose los siguientes defectos:

- a) Desprendimiento del mortero en capas. (Figs. 4.2 y 4.3)
- b) Fisuras en las capas del mortero. (Fig. 4.3)
- c) Desgranamiento de los agregados. (Figs. 4.4 y 4.5)
- d) Grietas tipo piel de cocodrilo. (Fig. 4.6)
- e) Grietas longitudinales. (Fig. 4.7)
- f) Pulimiento del agregado. (Figs. 4.8 y 4.9)
- g) Reblandecimiento de la capa vieja de mortero (Fig. 4.10)



Fig. 4.2



Fig. 4.3

rl

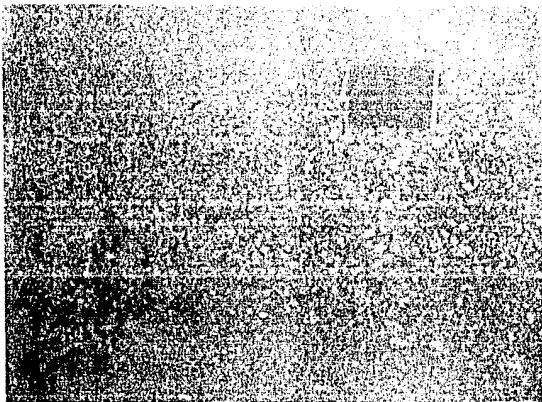


Fig. 4.4

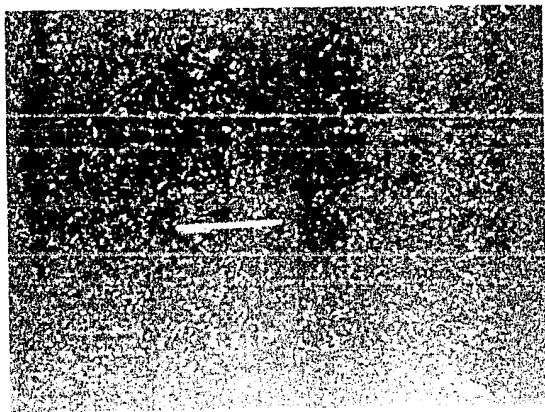


Fig. 4.5

60

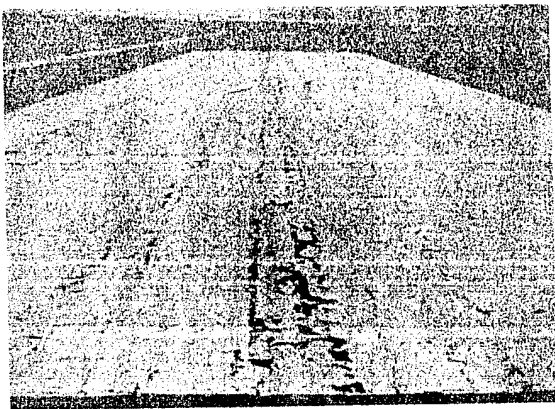


Fig.4.6

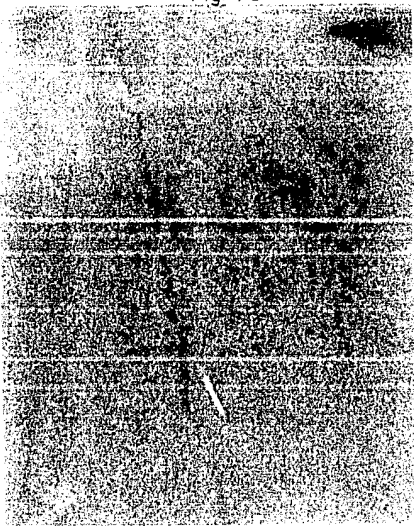


Fig.4.7

18

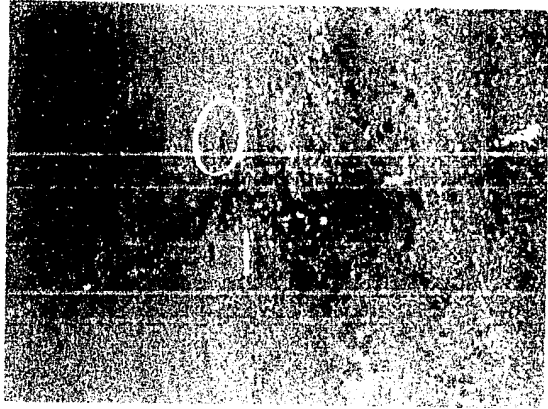


Fig. 48

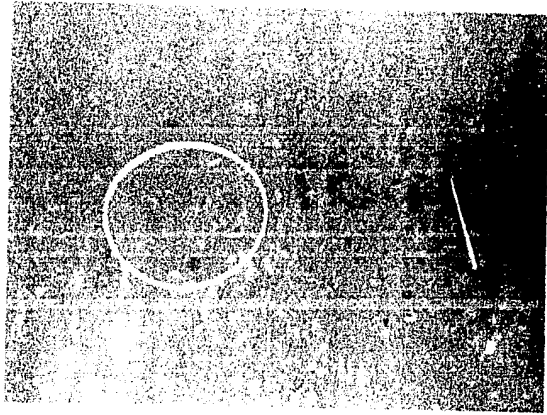


Fig. 49

26

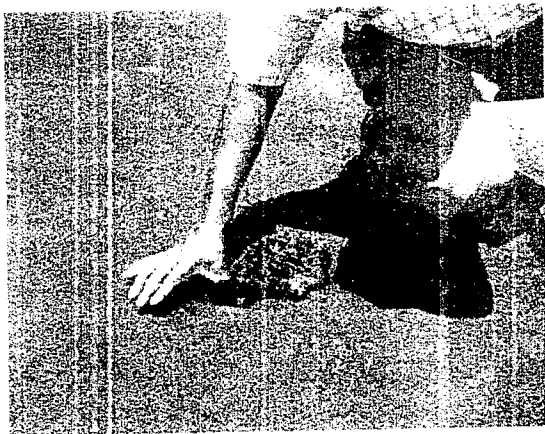


Fig 4.10 Reblandecimiento que sufre el mortero por las altas temperaturas.



4.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

4.2.1 SEGURIDAD AERONAUTICA.

Para proceder a efectuar los trabajos correctivos, se deberán seguir las normas de seguridad aeronáuticas.

Las reparaciones en las áreas de maniobras deberán efectuarse en los periodos de tiempo en que el tráfico aéreo en el aeropuerto sea nulo, cuando el pavimento a reparar sea el de una pista única; o en los periodos de tráfico mínimo, cuando el pavimento a reparar sea el de un rodaje, de una plataforma o de una pista auxiliar, y que el tráfico de los aviones pueda ser canalizado por otro elemento del aeropuerto. En muchos casos, será necesario, efectuar los trabajos durante la noche y habrá que proveer de un buen equipo de iluminación para su mejor realización.



4.2.2. ESPECIFICACIONES DE CONCURSO.

"La información aquí expuesta es por cortesía de Aeropuertos y Servicios Auxiliares." (ASA)

CONCURSO No. ASA-GC-54-90

Obra: Mortero asfáltico en pista y aplicación de riego de taponamiento en pavimentos de uso aeronautico y terrestre y obras complementarias, en el aeropuerto de Loreto, B.C.S.

A) ESPECIFICACIONES PARTICULARES.

Material Pétreo.

Deberá ser arena bien graduada (criterio SUCS) y cementante fino no plástico que cumpla con los siguientes requisitos:



Tamiz ASTM	Abertura de malla en milímetros.	% que pasa
3/8"	9.6	100
No. 4	4.75	90-100
No. 8	2.36	65-90
No. 16	1.18	45-70
No. 30	0.60	30-50
No. 50	0.30	18-30
No. 100	0.15	0-21
No. 200	0.075	7-15



- * Índice Plástico (IP) : 7% máximo.
- * Límite líquido (LL) : 30% máximo.
- * Contracción lineal (CL) : 2% máximo.
- * Equivalente de arena (EA) : 50% mínimo.
- * Desgaste por prueba de abrasión en húmedo: 10% máximo.
- * Desgaste por prueba de los Angeles: 35% máximo.

Material asfáltico:

- * Emulsión de rompimiento medio, controlado.
- * Tiempo de mezclado 2 min. y rompimiento entre 10 y 30 min.
- * Penetración del residuo de la destilación: entre 80 y 100 grados de penetración.



Mezcla asfáltica:

- * Pérdida por abrasión en ensayo por vía húmeda (prueba W.T.A.T.) 0.08 g/cm² máximo.
- * Resíduo asfáltico 8.5 a 10.5 % sobre el pétreo.
- * Agua de amasado 10.0 a 15.0 % sobre el pétreo.
- * Agua total: 10.0 a 20.0 % sobre el pétreo.

4.2.3. REHABILITACION DE LA PISTA 16-34 DEL AEROPUERTO DE LORETO.

El período de ejecución fue del 26 de junio al 8 de septiembre de 1990.

El tendido formal del mortero asfáltico se efectuó el día 4 de Agosto del mismo año.



A) MATERIALES.

La compañía contratista propuso el empleo de agregados pétreos procedentes del banco "Marja", ubicado en Tijuana, B.C.N., producto de trituración total; al cual se le agregó material procedente de dos bancos locales de arena de río, denominado "Los Burros" y "San Juan", con el objeto de elegir la mejor combinación. Las proporciones estudiadas y sus propiedades fueron las siguientes:

1) Mezcla "Marja" y los "Burros" (80-20)

- * LL = 15.3%
- * LP = 12.1%
- * CL = 2%
- * EA = 62.4%

2) Mezcla "María" v "San Juan" (80-20)

- * LL = 21.8%
- * LP = 17.0%
- * CL = 1.0%
- * EA = 81.3%

3) Mezcla "María" v "San Juan" (70-30)

- * LL = 21.2% * Absorción = 5.3%
- * LP = 17.5% * Densidad = 2.32%
- * CL = 0.0%
- * EA = 70.8%

Después de analizar las granulometrías de cada una de las mezclas se optó por seleccionar la última (3), agregando un 2% de cemento Portland.



GRANULOMETRIA MEZCLA "MARJA" y "SAN JUAN".

TAMIZ ASTM	Abertura de malla en milímetros	% PASA
3/8"	9.6	100
No.4	4.75	94
No.8	2.36	68
No.16	1.18	49
No.30	0.60	32
No.50	0.30	21
No.100	0.15	13
No.200	0.075	8.7

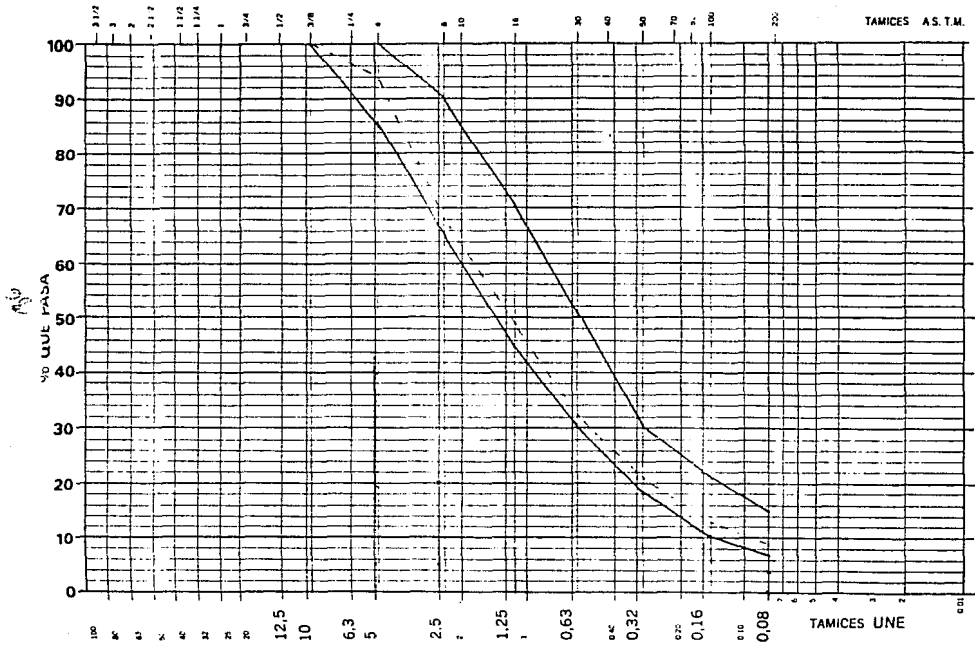


* Ver gráfica 4.11. El límite inferior corresponde a las partículas más gruesas y el superior a las partículas más finas. La curva central de la gráfica corresponde al agregado ensayado.

Por lo que respecta a la dosificación de la lechada, se llegó a definir el proporcionamiento de proyecto, estando desde luego, sujeto a los ajustes que en la práctica se requieren, y éste fue el siguiente:

- * Contenido de emulsión: 16.5-17.5 %
- * Aditivo: 2 %
- * Agua: 10-15 %

ANALISIS GRANULOMETRICO



B) CARACTERÍSTICAS DE LA REHABILITACION.

Como se mencionó anteriormente, el tendido formal del mortero se inició a partir del 4 de agosto, procediéndose a colocarlo en los 30 m centrales de la pista avanzando en 10 franjas longitudinales. El mortero se aplicó en dos capas, sirviendo la primera para rellenar grietas, corregir deterioros superficiales, e inclusive se utilizó el mortero para renivelar la carpeta, en diferentes zonas de la pista.

Previamente se ejecutaron trabajos de limpieza, eliminación del señalamiento de piso. (Fig. 4.15 y 4.16). Y calafateo de grietas. (Figs. 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20). Es muy importante mencionar que, dependiendo de las temperaturas que se presentaban durante el día, (que a veces alcanzaba el pavimento los 40 y 50 grados centígrados), se tenía que laborar durante la noche.

Adicionalmente se aplicó un riego de taponamiento, en algunas áreas de las franjas laterales no tratadas con mortero, utilizando para ello la misma emulsión diluida con agua, en proporción 80-20%, respectivamente. Fig. 4.24

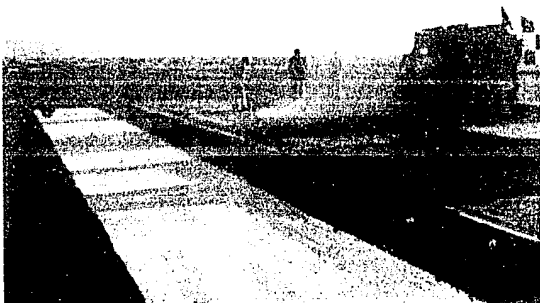


Fig 4.15

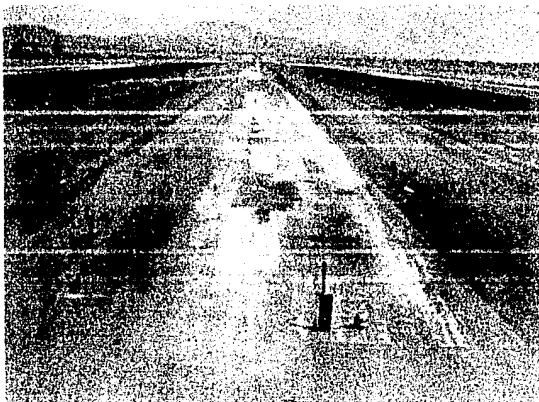


Fig 4.16

58



Fig.4.17



Fig.4.18

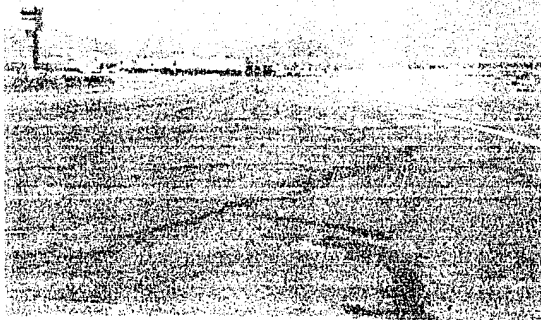


Fig 4.19

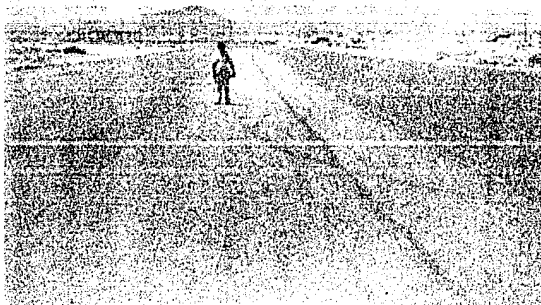


Fig. 4.20

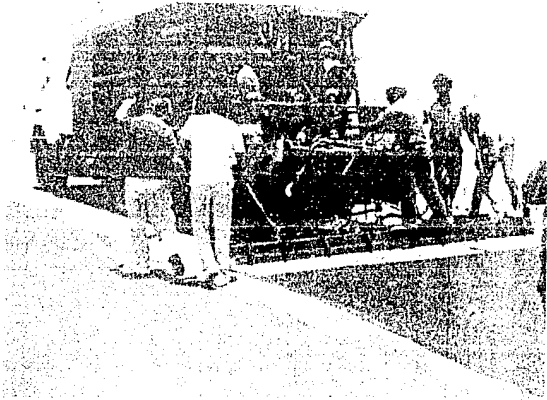


Fig 421

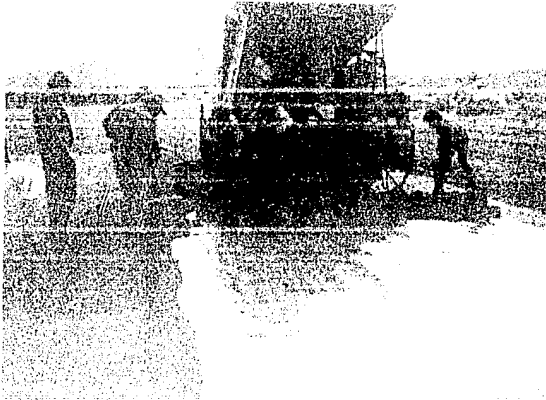


Fig 422

1b



Fig 423

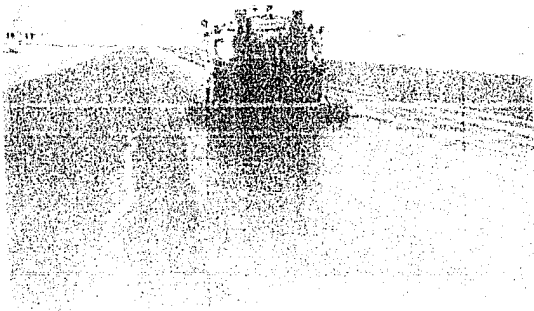


Fig.4.24



Control de calidad.

Durante la colocación del mortero se efectuó un control de la granulometría, reportándose en ocasiones la presencia de partículas mayores de 9.5 mm (3/8") y deficiencias de tamaños entre las mallas 100 y 200, del orden de 4 a 5% y de 2% a 3% respectivamente para cada caso. Se recomendó cribar por la malla de 9.5 mm y mezclar con mayor cuidado los agregados, con lo cual se eliminó el primer problema y en el segundo la dispersión máxima se redujo a 2% en la malla 100.

Con relación a la emulsión se controló el contenido de residuo asfáltico en el mortero, obteniéndose un valor medio de 8.67% con una desviación estandar de 0.8% , siendo el contenido de residuo asfáltico en la emulsión de 59%, en promedio.

Por otra parte, los ensayos de abrasión en húmedo demostraron que la dosificación propuesta de 17% de emulsión asfáltica, equivalente a 9.35% de contenido de asfalto residual, con 13 a 15% de agua de mezclado, produjo en los ensayos citados una abrasión de 0.07 a 0.03 gr/cm².

Figs. 4.25 y 4.26



Fig. 425



Fig. 426

113



Observaciones de la supervisión.

1.- Los agregados cumplieron prácticamente con los requerimientos granulométricos establecidos, detectándose solamente ligeras desviaciones que con el tiempo fueron corregidas.

2.- Se utilizó un producto asfáltico que también fue el adecuado, pudiendo identificarse como una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento (RL-2K).

3.- El mortero elaborado cumplió con las especificaciones, observándose inclusive una buena apariencia del trabajo ejecutado.

DISEÑO Y NORMATIVA.

5.1. DISEÑO DE LECHADAS ASFÁLTICAS.

El desarrollo de los procedimientos de diseño de lechadas asfálticas, es paralelo al de otros tipos de tratamientos, por ejemplo: Juicio y Error, relación de comportamiento en campo y laboratorio, etc.

En este tipo de mezclas, los métodos de diseño son muy variados y las pruebas hechas en cada uno, son puramente empíricas; hasta el momento, cada laboratorio tiene su propia interpretación.

En esencia, el diseño de lechadas asfálticas, sigue una secuencia común, como la que se muestra a continuación:

- Parte 1.- Consideraciones preliminares de diseño.
- Parte 2.- Determinación de la fórmula de trabajo.
- Parte 3.- Pruebas mecánicas de diseño.



5.1.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES DE DISEÑO.

1.- DESCRIPCION DEL PAVIMENTO POR TRATAR.

a) Condiciones de superficie: Macrotextura, Absorvencia, 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.

2.- DETERMINACION DEL OBJETO DEL TRATAMIENTO.

a) Evitar patinaje, macrotextura superficial.

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

c) Requerimientos 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 pulimiento.
- 3.- Granulometría, % de 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.



b) Selección de agregados y granulometría para alcanzar objetivos.

c) 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, tamizado.
- 4.- Penetración/temperatura, viscosidad.
- 5.- Clima, nublado, soleado, viento, nieve, sal, tiempo para abrir el tráfico.
- 6.- Fraguado rápido o lento.
- 7.- Compatibilidad/adhesión, características del y acción acelerante/retardante del filler, re-emulsificación.
- 8.- Economía, localización, abundancia, costo del flete.

d) Selección de la emulsión para lograr objetivos.



5.1.2. DETERMINACION DE FORMULA DE TRABAJO.

La dosificación de las lechadas asfálticas consiste, igual que en todas las mezclas, en la determinación de una fórmula de trabajo que establezca las proporciones adecuadas de pétreo, filler, ligante asfáltico y eventuales aditivos.

Esta fórmula debe asegurar un buen comportamiento en obra respecto a estabilidad, textura y durabilidad. En el caso de las lechadas asfálticas, no basta con determinar dicha fórmula, sino que es necesario, además, indicar la cantidad de agua idónea que facilite la puesta en obra y proporcione la consistencia adecuada para una buena trabajabilidad.

Otra consideración importante a tener en cuenta es la derivada del escasísimo espesor de capa que una lechada asfáltica proporciona. Por tanto, las condiciones superficiales del pavimento antiguo tienen una gran importancia a la hora de fijar la fórmula de trabajo.

Una primera aproximación a la cantidad necesaria de ligante puede establecerse sencillamente partiendo de la granulometría del pétreo. Sin embargo, cada país según su experiencia y resultados obtenidos ha establecido sus granulometrías tipo; esto hace que los resultados que se van a obtener en cada caso, solo sean buenos para el aplicador.



Determinada la granulometría del material, se calculará la cantidad de ligante "teórica" con la que se partirá para llegar a una mezcla óptima, misma que se obtendrá con los ensayos mecánicos.

El Ing. Gustavo Rivera E. propone dos métodos diferentes, en sus libros: "Slurry Seal" (Mortero - Asfáltico), y "Emulsiones Asfálticas".

Uno de ellos es el método de la Superficie específica (S.E.). Este método consiste en idealizar la forma del agregado pétreo en esferas perfectas, calculando así, mediante factores de conversión numérica, el área a cubrir por el asfalto. Obviamente mientras más fino sea el agregado, mayor será el volumen de asfalto requerido.

La fórmula es la siguiente:

$$S.E. = 1/100 (0.342G + 1.92g + 15.33K + 118F)$$

Donde:

S.E. = Superficie Específica.

G = % retenido entre mallas 3/8 y Num. 4

g = % retenido entre mallas Num. 4 y 50

K = % retenido entre mallas Num. 50 y 200.

F = % que pasa la malla Num. 200

Con el valor de S.E. se entra a un gráfico donde existen tres curvas, cuyos valores dependen del tipo de pétreo y propiedades previamente determinadas, que nos dan el % de residuo asfáltico teórico.

Para obtener la cantidad teórica de emulsión necesaria:

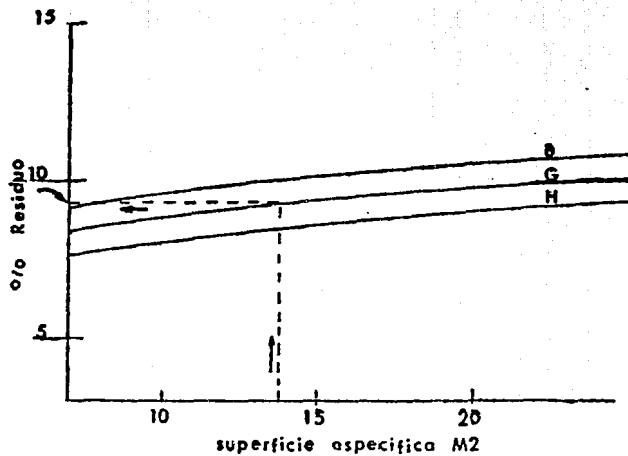
$$E = \frac{R}{Re}$$

Donde: R = % Residuo Asfáltico. (Por gráfica, Fig. 5.1).

E en %

Re = Residuo reportado de la emulsión.*

* Se refiere a la proporción existente, entre el asfalto residual y la fase acuosa, en la emulsión.



B= Materiales con bajo E.A. y absorción alta
 G= Materiales con propiedades medias.
 H= Materiales con alto E.A. y absorción baja

Fig.5.1



El otro método es el de "Residuo Asfáltico". El procedimiento comienza después de haber obtenido todos los datos del material pétreo y haber establecido la granulometría de trabajo.

Se calculará el residuo teórico que deba emplearse, mediante la siguiente fórmula:

$$R = 2(0.032a + 0.045b + KC + K1)$$

Donde:

R = Residuo asfáltico Teórico %

K = Constante que varía de acuerdo con el % que pasa la malla No. 200.

0.205%

0.186 a 10 %

0.1511 a 15%



K1 = Factor de corrección por absorción, que va de 0.7% a 2%

a = % retenido en la malla No. 10

b = % que pasa la No. 10, pero se retiene en la No. 20

c = % que pasa la No. 200

Para obtener la cantidad de emulsión necesaria:

$$E = \frac{R}{Re}$$

Donde: Re =residuo reportado de la emulsión.

E en %



EJEMPLO DE CALCULO:

Granulometría, mezcla: "Marja" y "San Juan"

$$a = 4\%$$

$$b = 36.33\%$$

$$c = 8.7\%$$

$$K = 0.18$$

$$K1 = 1.8$$

$$Re = 0.6(\text{Emulsión } 60-40)$$

$$R = 2 (0.032(4) + 0.045 (36.33 + (0.18) (8.7) + 1.8)$$

$$R = 10.26\%$$

Por lo tanto:

$$E = \frac{10.26}{0.6}$$

$$E = 17.10\%$$



Conclusiones:

Independientemente del método utilizado en el diseño de la lechada asfáltica por la compañía contratista (cada laboratorio tiene su sistema de proceder muy particular, secretos y patentes), vemos que el método empleado en el ejemplo, nos da una muy buena aproximación de la realidad, cumpliendo con especificaciones.

Conclusiones. (Continuación).

<u>Característica</u>	<u>Especificaciones ASA</u>	<u>Ejemplo de Cálculo.</u>
Residuo Asf.	8.5 a 10.5	10.26
<u>Característica</u>	<u>Diseño contratista.</u>	<u>Ejemplo de Cálculo.</u>
Contenido de Emulsión.	16.5 a 17.5%	17.10%



5.1.3. ENSAYOS MECANICOS.

Gran número de ingenieros sienten la necesidad de incluir en su estudio ensayos mecánicos para intentar justificar una fórmula de trabajo. Independientemente de la dudosa relación que siempre existe entre un ensayo de laboratorio y las condiciones reales de obra, no cabe duda que el sistema de ensayos mecánicos es el más utilizado para la dosificación de lechadas asfálticas.

En las lechadas asfálticas, debido al escaso espesor de la capa, la resistencia a la abrasión es una de las características esenciales, ya que la fórmula fundamental de resistir a la acción del tráfico consiste en evitar que éste pueda degradar lentamente la lechada eliminando partículas minerales de la misma. Por ello, la mayor parte de los procedimientos de laboratorio para dosificar lechadas asfálticas han consistido en la puesta a punto de métodos de abrasión por vía húmeda, bajo distintos tipos de acción abrasiva: rueda metálica, elemento de goma, etc.

Los métodos antes descritos (S.E. y del Residuo), en efecto, se basan en el ensayo de abrasión por vía húmeda para justificar la fórmula de trabajo y acercarse a la realidad, aunque, sin embargo, los valores obtenidos en los



ensayos sean puramente empíricos, ya en la práctica tienen cierta relación que garantiza la calidad del tratamiento con lechada asfáltica.

El procedimiento es el siguiente:

Se ensayan especímenes de mezcla de forma circular de dimensiones normalizadas.

La cantidad de agua necesaria para realizar la mezcla, (en ambos métodos), deberá determinarse por tanteos hasta hallar la más adecuada.

El porcentaje inicial, por lo regular, será aquel que al incorporarse en la arena y mezclarse sin emulsión, produzca una mezcla fácilmente trabajable y suelta, sin escurrimientos.

Otro método para lograr una consistencia adecuada de la mezcla es el puesto a punto por el Departamento de Transportes de Kansas, denominado "Cono de Consistencia".*

* Ver anexo



Posteriormente, cuando se incorpore la emulsión al material pétreo, ya incluidos el cemento o la cal, se harán los ajustes pertinentes.

Las cantidades de emulsión que se empleen en los especímenes de prueba son:

%E [(1-1.0); (1-0.5); (1.0); (1+0.5); (1+1.0)]

En todos los casos es recomendable mantener constante la cantidad de filler, en un porcentaje del 1.0% con respecto al material pétreo, sin embargo, una vez determinada la cantidad de emulsión óptima, se determinará el desgaste que puede tener variando el filler a 0.5 y 2.0% , con el objeto de garantizar el menor desgaste posible.

La International Slurry Seal Association (I.S.S.A.)

propone los siguientes ensayos de abrasión:



W.T.A.T. (Wheel Track Abrasion Testing).*

L.W.T. (Loaded Wheel Tester).*

* Ver anexo.

El procedimiento de la ISSA es el siguiente: .

1.- Pruebas físicas en los especímenes ya fraquados,

- a) Prueba húmeda de abrasión (WTAT). Medida de la resistencia a la abrasión mecánica, desprendimiento, adhesión del aglomerante interno.

Fig. 5.2

- b) Prueba de la rueda de carga (LWT). Simulación de tráfico. Medida de la erosión o desgaste bajo cargas de tráfico pesado. Fig. 5.3

2.- Selección del diseño óptimo:

- a) Establecer el límite máximo WTAT (0.08grs/cm²).

Contenido mínimo de asfalto.



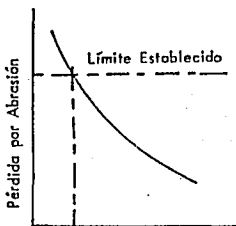
b) Establecer Límite máximo LWT (0.06 - 0.08grs/cm²).

Contenido máximo de asfalto. (Límite de Arena).

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.

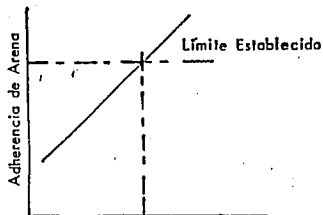
* Ver Fig. 5.4



Contenido de Asfalto

A Contenido Mínimo de Asfalto por la Prueba Humeda de Abrasión. WTAT

Fig. 5.2



Contenido de Asfalto

B Contenido Máximo de Asfalto por la Prueba de la Rueda de Catga. LWT

Fig. 5.3

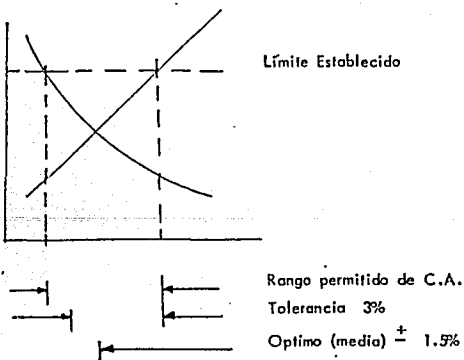


Fig. 5.4

DETERMINACION GRAFICA DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO



5.2. NORMATIVA EXISTENTE.

Relativamente el auge a nivel mundial de la utilización de lechada asfáltica como tratamiento superficial de pavimentos es muy reciente. Países como Estados Unidos, España y Alemania, llevan la vanguardia en el empleo, investigación, experimentación y control de este tipo de mezclas.

La normativa internacional sobre lechadas asfálticas no es muy uniforme. España, en este sentido, destaca por disponer de una normativa más actualizada que otros países, como, por ejemplo, Estados Unidos. Por otra parte, en la implementación de alta tecnología en la construcción de maquinaria para fabricación y tendido de lechada asfáltica, Estados Unidos y Alemania son los destacados.

Es muy importante mencionar, que las especificaciones mexicanas, publicadas en su momento por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Pùblicas (SAHOP), fueron en principio, una copia fiel de las estadounidenses publicadas por la "American Society of Testing Materials" (ASTM). En aquel entonces fueron suficientes para las necesidades que se tenían en el momento, pero, posteriormente, han sido modificadas en base a la recopilación de datos y de la experiencia.



En esencia estas nuevas especificaciones propuestas se parecen a las anteriores vigentes, pero las modificaciones marcan la diferencia entre la experiencia de la ingeniería mexicana y la estadounidense. Estas diferencias son muy significativas, ya que por las propias necesidades y recursos locales, se desarrollan técnicas propias, apoyadas en las condiciones de clima, materiales pétreos y asfaltos.

La normativa para lechada asfáltica utilizada por Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), está basada en las normas de calidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y en las especificaciones recomendadas por la ISSA. La única variante importante, es en cuanto a los límites especificados para el control de calidad de los materiales y de la mezcla terminada. Las especificaciones para mantenimiento y reparación de pavimentos de uso aeronáutico, son más estrictas, que las que se utilizan, por ejemplo, en pavimentos urbanos, carreteras y autopistas.



5.2.1. ESPECIFICACIONES:

- 1) AGREGADOS PETREOS.
- 2) EMULSIONES ASFALTICAS.

1. AGREGADOS PETREOS.

- a) Granulometría: En México no hay especificaciones oficiales por parte de la SCT. Las granulometrías propuestas son recomendadas por la ISSA y aprobadas por la ASTM.

Como ya se vio anteriormente, la ISSA sugiere tres tipos de granulometrías que dependen del objetivo del tratamiento. (Fig. 5.5).

En cambio, las especificaciones españolas cuentan con cinco tipos, destinados a usos diferentes. (Fig. 5.6).

En México, según normas SCT, la curva granulométrica deberá quedar comprendida dentro de la zona limitada por las dos curvas de la figura 5.7

Especificaciones de la International Slurry Seal Association (ISSA)



Tipo de lechada	I	II	III
Finalidad del tratamiento	Sellado de fisuras y sellados finos	Impermeabilización en general, superficies con texturas medias	Superficies con gran textura, aplicación en dos capas
Tamiz (mm)	Cernido	Ponderal acumulado (%)	
12.5			
9.5		100	100
4.75	100	90-100	70-90
2.36	90-100	65-90	45-70
1.18	65-90	45-70	28-50
0.6	40-60	30-50	19-34
0.3	25-42	18-30	12-25
0.15	15-30	10-21	7-18
0.075	10-20	5-15	5-15
Ligante residual / sobre árido	10-16	7.3-13-5	6.5-1.2
Dotación media de lechada	3-5.5	5-5.8	8 o más

Fig. 5.5

Especificaciones de lechadas asfálticas (PG-3/75)

HUSOS DE LECHADAS ASFALTICAS

CEDAZO Y TAMIZ UNE	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (%)				
	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5
12.5	100				
10	85-100	100	100		
5	60-85	70-90	85-100	100	100
2.5	40-60	45-70	65-90	95-100	95-100
1.25	28-45	28-50	45-70	65-90	85-98
0.53	19-34	19-34	30-50	40-60	55-90
0.32	12-25	12-25	18-30	24-42	35-55
0.18	7-18	7-18	10-20	15-30	20-35
0.080	4-8	5-15	5-15	10-20	15-25

TIPO, COMPOSICION Y NUMERO DE APLICACIONES DE LECHADA ASFALTICA

CARACTERISTICAS	TIPO DE LECHADA				
	LB 1	LB 2	LB 3	LB 4	LB 5
Tipo de árido	AL 1	AL 2	AL 3	AL 4	AL 5
Ligante residual % sobre árido	5.5-7.5	6.5-12.0	7.5-13.5	10.0-18.0	12.0-20.0
Agua de amasado % sobre árido	8-12	10-15	10-15	10-20	10-20
Agua total % sobre árido	10-20	10-20	10-20	10-30	15-40
Dotación media de lechada (kg/m ²)	15-25	10-15	7-12	2-6	2-5
Espesor mínimo (mm)	8	6	4	3	2
Principal aplicación	1ª. capa	1ª. capa o capa única	capa única	capa única o 2ª. capa	capa única o 2ª. capa
Textura del pavimento a recubrir	gruesa o permeable	gruesa o descarnada	media	finá o agrietada	agrietada o fla

Fig. 5.6

ZONA DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS
PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN
EN MORTEROS ASFALTICOS

ABERTURA EN MILIMETROS

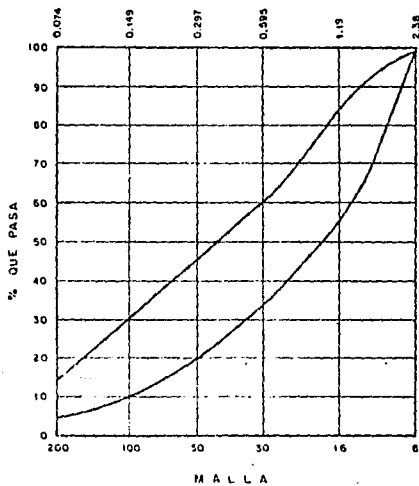


Fig.5.7



2. EMULSIONES ASFALTICAS.

Existe una gran variedad de especificaciones entre los países productores y aún entre algunos estados de un mismo país. Por ésto en México se han tratado de establecer normas de acuerdo a los ligantes asfálticos que surte PEMEX, y a las necesidades de los usuarios de las emulsiones.

Esto mismo se ha hecho en otros países, adaptando sus normas a sus requerimientos generales y regionales.

Las emulsiones, en México, se adaptan a los materiales y no como sucede por ejemplo, en Estados Unidos, que se buscan materiales adecuados a las emulsiones de línea que existen en el mercado.

Según la normativa SCT, las emulsiones asfálticas deberán satisfacer las características que se indican en las tablas de las figuras : 5.8, 5.9 y 5.10

Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CPFISC), propone algunas modificaciones según la Fig. 5.11

Emulsiones asfálticas aniónicas



CARACTERÍSTICAS	GRADO				
	ROMPIMIENTO RÁPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO	ROMPIMIENTO LENTO	
	RR-1	RR-2	RM-2	RL-1	RL-2
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO					
Viscosidad Saybolt-Furol a 25° C. segundos	20-100		100 Min.	20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol a 50° C. segundos		75-400			
Residuo de la destilación, por ciento en peso mínimo	57	62	62	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento, máximo	3	3	3	3	3
Demulsibilidad					
35 m3 de 0.02N CaCl2, por ciento mínimo	60	50			
50 m3 de 0.10N CaCl2, por ciento máximo			30		
Retenido en la Malla No. 20, por ciento máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Miscibilidad con cemento Portland, por ciento, máximo				2.0	2.0
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, 25°C, 100 g. 5 segundos, grados	100-200	100-200	100-200	100-200	40-80
Solubilidad en tetracloruro de carbono, por ciento, mínimo	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Ductibilidad, 25°C, cm., mínimo	40	40	40	40	40

Nota : La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30 %) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20° C) a diez grados centígrados (10° C), ni bajar más de treinta por ciento (30 %) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20° C) a cuarenta grados centígrados (40° C).

Fig. 5.8

Emulsiones asfálticas catiónicas



CARACTERÍSTICAS	GRADO					
	ROMPIMIENTO RAPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO		ROMPIMIENTO LENTO	
	RR-2K	RR-3K	RM-2K	RM-3K	RL-2K	RL-3K
PRUEBAS AL MATERIAL ASFALTICO						
Viscosidad Saybolt-Furol 25° C, segundos					20-100	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol, 50° C, segundos	20-100	100-400	50-500	50-500		
Residuo de la destilación, por ciento en peso, mínimo	60	65	60	65	57	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en por ciento, máximo	5	5	5	5	5	5
Retenido en la malla No. 20, por ciento, máximo	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cubrimiento del agregado (en condiciones de trabajo).						
Prueba de resistencia al agua :						
Agregado seco, por ciento de cubrimiento, mínimo			80	80		
Agregado húmedo, por ciento de cubrimiento, mínimo			60	60		
Miscibilidad con cemento Portland por ciento, máximo					2	2
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva		
pH máximo					6.7	6.7
Disolvente en volumen, por ciento máximo	3	3	20	12		

Fig. 5.9

CARACTERISTICAS	GRADO					
	ROMPIMIENTO RAPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO		ROMPIMIENTO LENTO	
	RR-2K	RR-3K	FM-2K	FM-3K	FL-2K	FL-3K
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION						
Penetración, 25°C , 100 g. 5 segundos. grados	100-250	100-250	100-250	100-250	100-200	100-200
Solubilidad en tetractoruro de carbono por ciento, mínimo.	97	97	97	97	97	97
Ductibilidad, 25°C, cm. mínimo	40	40	40	40	40	40

Nota : La viscosidad de las emulsiones no debe aumentar más de treinta por ciento (30 %) al bajar su temperatura de veinte grados centígrados (20° C) a diez grados centígrados (10° C). ni bajar más de treinta por ciento (30 %) al subir su temperatura de veinte grados centígrados (20° C) a cuarenta grados centígrados (40° C)

Fig. 5.10

TIPO DE EMULSIONES



CARACTERÍSTICAS	ROMPIMIENTO RAPIDO		ROMPIMIENTO MEDIO		ROMPIMIENTO LENTO		SUPER - ESTABLES		ANIONICAS
	RR-K1 (1)	RR-K1 (2)	FM-K3	FM-K5	FL-K3	FL-K4	SS-K3	SS-K4	SS-A
Viscosidad Saybolt-Furol 25° C en seg.	30-80	60-150	60-150	15-60					
Viscosidad Saybolt-Furol 50° C en seg.					60-150	15-60	15-30	15-30	10-30
Residuo por destilación en por ciento mínimo	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	60.0	60.0	58.0
Asentamiento en 5 días diferencia en por ciento mínimo (Sedimentación)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Retenido en la malla No. 20 en por ciento máximo	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Miscibilidad con cemento hidráulico Tipo Portland en por ciento máximo	—	—	—	—	—	—	—	—	2.0
Carga de la partícula	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
pH máximo	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	13.0
Disolvente en volumen por ciento máximo	4	6	6	—	6	—	—	—	—
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN:									
Penetración 25° C; 100 grs., 5 seg.	70-100	70-120	70-120	70-120	70-120	70-100	60-100	60-100	60-100
Solubilidad en tetracloruro de carbono en por ciento mínimo	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0
Ductibilidad 25° C en centímetros mínimo	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0

Especificaciones que Propone C.P.F.I.S.C.

Fig. 5.11



5.2.2.RECOMENDACIONES DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DEL SLURRY SEAL (ISSA).

AGREGADOS Y FILLER MINERAL.

AASHTO T2	ASTM D75	Muestreo de los materiales.
AASHTO T27	ASTM C136	Análisis granulométrico de los agregados pétreos.
AASHTO T11	ASTM C117	Material fino que pasa la malla No.200.
AASHTO 176	ASTM D2419	Valor del equivalente de arena.
AASHTO T84	ASTM C128	Gravedad específica y absorción de los agregados finos.
AASHTO T19	ASTM C29	Peso específico de los agregados pétreos.
AASHTO T96	ASTM C131	Resistencia a la abrasión con la prueba de desgaste de Los Angeles.
AASHTO T127	ASTM C183	Prueba del cemento hidráulico.



AASTHO T37	ASTM D546	Tamizado y análisis del filler mineral.
AASTHO T104	ASTM C88	Prueba de solidez del agregado pétreo utilizando Sulfato de Sodio Sulfato de Magnesio.
	ASTM D242	Filler mineral para mezclas asfálticas.

EMULSIONES ASFALTICAS.

AASTHO T44	ASTM D140	Muestreo de los productos asfálticos.
AASTHO T59	ASTM D244	Análisis de emulsión asfáltica.
AASTHO M140	ASTM D977	Especificaciones para emulsiones asfálticas.
AASTHO M208	ASTM D2397	Especificaciones para emulsiones catiónicas.
	ISSA T102	Prueba de la mezcla, sedimentación y resistencia al agua, para identificar "sedimentaciones rápidas" en las emulsiones asfálticas.



SLURRY SEAL

ISSA T101	Guía para analizar lechadas asfálticas por medio de la prueba de extracción.
ISSA T106	Medida de la consistencia de la lechada.
ISSA T109	Método de prueba para medir el exceso de asfalto en mezclas asfálticas utilizando el Loaded Wheel tester.
ISSA T111	Guía general del procedimiento de diseño de lechadas asfálticas.
ISSA T112	Método para determinar la cantidad de lechada aplicada y forma de medir la macrotextura de un pavimento.
ISSA T114	Prueba de abrasión en inmersión.
ISSA T115	Determinación de la afinidad de la lechada.



ASTM D3910

**Diseño, pruebas y construcción de
lechada asfáltica.**

ASTM D2172

**Extracción cuantitativa del asfalto
para mezclas asfálticas.**



CONCLUSIONES.

La lechada asfáltica como tratamiento de mantenimiento y rehabilitación superficial de pavimentos es muy eficaz, cuando no, en casos de falla estructural. En estos casos deberán tomarse otras medidas para su reparación que, también pudieran utilizar técnicas en frío.

Una alta permeabilidad del pavimento, pudiera provocar daños severos en la estructura del pavimento. Para esto es necesario una buena técnica de sellado de la superficie. Sin embargo tratándose de pavimentos de uso aeronáutico, el sellado debe ser tal que no existan desprendimientos significativos de material (como en el caso del sello convencional utilizado en carreteras, que inclusive ha sido la causa de numerosos parabrisas estrellados). Por esta razón se descarta este último como técnica alternativa en el sellado de aeropistas, siendo la lechada asfáltica la mejor opción.

En general, las obras que se ejecutan en pistas de aeropuertos presentan un problema de interferencia con la operatividad del aeropuerto, sobre todo en los casos en que solamente existe una pista. En estos casos, la ejecución de la obra debe planificarse de modo tal que su repercusión sea mínima.



Cada aeropuerto tiene su propia problemática. En la república mexicana existe una diversidad de condiciones climáticas y de posibles bancos de agregados. En algunas ocasiones ha sido necesario trasladar los materiales de lugares distantes para poderse adecuar a las condiciones de calidad y requerimientos locales de la obra. Sin embargo también pudieran utilizarse en estos casos, aditivos especiales o inclusive lechadas asfálticas modificadas o especiales para mejorar alguna característica deseada. Sin embargo esto aún no se encuentra normalizado en México.

Por otra parte, como ya se mencionó antes, el intenso tráfico aéreo es lo que condiciona la estrategia de trabajo, como en el aeropuerto de la Cd. de México.

El caso del aeropuerto de Loreto es muy particular. En él no fue el tráfico aéreo lo que condicionó la estrategia de trabajo, sino las altas temperaturas que se presentaban durante el día y el frío intenso durante la noche. Estos cambios de temperatura implican un ajuste perfecto de los mecanismos de rotura de la lechada asfáltica.



Todo éste tipo de situaciones establecen un criterio en la forma de pensar y de actuar. La pregunta obligada es:

¿ Realmente la normativa existente es tan universal como para aplicarse a cualquier caso ?, o es la experiencia de los trabajos la que marca un camino a proceder. Quizá sean las dos cosas, pero de lo que sí es seguro, es de que la empresa aplicadora debe estar ampliamente capacitada para éste tipo de trabajos.

México es un país en vías de desarrollo, que cuenta con un gran número de aeropuertos y carreteras a las que tiene conservar; pero que no cuenta con un potencial económico para solventar dichas inversiones. La lechada asfáltica no es un tratamiento que conservará eternamente los pavimentos, pero sí alargará la vida útil de los mismos. Por ésto, y todo lo demás, la lechada asfáltica viene siendo una gran solución.



A N E X O



1. PENETRACION DEL ASFALTO.

Es muy importante tener una idea de las propiedades reológicas de los asfáltos a temperatura ambiente, pues sólo así puede saberse en la mayor parte de los casos cuál será su comportamiento una vez aplicado. La prueba generalmente empleada para la determinación de las propiedades de influencia de los asfáltos de viscosidad muy elevada es el de penetración. Consiste en permitir la penetración en el asfalto, durante un tiempo fijo y determinadas condiciones de temperatura y carga, de una aguja de dimensiones especificadas. La profundidad de penetración, expresada en décimas de milímetro, es lo que se designa como la penetración del asfalto. Es una medida de la resistencia del asfalto a la deformación y, por consiguiente, depende tanto de la viscosidad como de la posible elasticidad del asfalto.

El valor de la penetración varía con el peso que actúa sobre la aguja, con la temperatura a que se realiza la prueba y con el tiempo que dura, por lo que al indicar la penetración de un asfalto es necesario precisar siempre las condiciones del ensaye. generalmente se especifica un peso sobre la aguja de 100 gr, una temperatura en el asfalto de 25 grados centígrados y un tiempo de penetración de 5 segundos.



2. GRANULOMETRIA.

El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños las partículas que lo componen.

A partir de la distribución de las partículas en un suelo, es posible formarse una idea de las propiedades del mismo.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), divide a los materiales de acuerdo a su granulometría y plasticidad. Este sistema de clasificación de suelos es muy útil para saber el uso que se puede dar a los materiales pétreos.

3. LIMITE LIQUIDO.

Para determinar el límite líquido de un suelo, se emplea el procedimiento de Casagrande, según el cual se define como límite líquido al contenido de agua de la fracción de suelo que pasa la malla No. 40 (0.425mm.), cuando al ser colocada en la copa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los brodes inferiores se ponen en contacto en un longitud de 13 mm., despues de golpear la copa 25 veces,



dejándola caer contra una superficie dura de características especiales, desde un altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

El límite líquido se determina gráficamente mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que representan los contenidos de agua correspondientes a diversos números de golpes, para los cuales la ranura se cierra la longitud especificada.

4. INDICE PLASTICO.

El índice plástico se define como laa diferencia aritmética entre los límites líquido y plástico; se calcula mediante la siguiente fórmula :

$$IP = LL - LP$$



límite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa por la malla No. 40 (0.425 mm.) para que pueda formar con ella cilindros de 3mm. de diámetro sin que se rompan o desmoronen.

5.CONTRACCION LINEAL.

La contracción lineal de un suelo es la reducción que sufre un espécimen de suelo de una forma prismática rectangular, en la mayor de sus dimensiones, cuando su humedad disminuye.

El espécimen es elaborado con la fracción de suelo que pasa la malla No. 40 (0.425 mm.). El resultado se expresa en porcentaje de la longitud final con respecto a la longitud inicial del espécimen.

La contracción lineal nos da la idea de la plasticidad que pueda tener un material.



6. EQUIVALENTE DE ARENA.

Esta prueba nos indica que cantidad de material indeseable está presente en el agregado pétreo, observando la rapidez con que tal material se

decanta en una solución estandar acuosa de cloruro de calcio, glicerina y formaldehído. Si se utilizan agregados que contengan grandes cantidades de arcillas, se requerirán innecesariamente mayores proporciones de emulsión y aditivo, se afrontarán problemas para poder lograr un completo fraguado y se tendrá debilitamiento en la resistencia a los esfuerzos mecánicos impuestos por el tráfico.

7. DESGASTE DE LOS ANGELES.

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



8. DESPRENDIMIENTO POR FRICCION.

Esta prueba se realiza para evaluar la afinidad del agregado pétreo con el ligante asfáltico.

En la prueba se coloca la mezcla en un frasco y se agita, al finalizar el agitado se saca la mezcla del frasco y se observa el porcentaje de desprendimiento de asfalto que sufrió el material pétreo.

9. CUBRIMIENTO DE ASFALTO. (METODO INGLES)

Para realizar esta prueba se esparce en el fondo una charola producto asfáltico, de tal manera que se tenga una película de 1.5 mm, la cual se cubre con un tirante de agua de 2.5 cm a la temperatura de aplicación del asfalto, y la charola se coloca sobre un recipiente mayor que contenga agua a la misma temperatura. Se toman 6 partículas de material con dimensiones entre 1/2 pulg. y 3/4 pulg., se sumergen en la charola y se mantienen presionadas en el asfalto durante 10 min, Al cabo de los cuales se sacan y se observa en cada una de ellas el porcentaje de cubrimiento que tienen; se reporta el promedio de cubrimiento de las 6 partículas.



10. ENSAYO DE ABRASION POR VIA HUMEDA.

El ensayo de abrasión por vía húmeda o "Wheel Track Abrasión Testing" (W.A.T.T.), consiste en someter a unas probetas circulares de lechada, de 27 cm de diámetro y 5 mm de espesor, curadas previamente a 60 grados centígrados hasta peso constante y sumergidas en agua, a la acción abrasiva de una goma que actúa sobre ellas mediante un movimiento de giro sobre dos ejes paralelos. El ensayo dura cinco minutos y la probeta se encuentra sumergida en

un baño de agua a 25 grados centígrados. La pérdida en peso define su resistencia a la abrasión, referida a una superficie unitaria.

11. ENSAYO DE ARENA ADHERIDA.

El ensayo denominado "Loaded Wheel Tester." (L.W.T.), consiste, en síntesis, en una rueda de caucho blando de una pulgada de anchura y tres de diámetro que, bajo cargas que pueden ser variables y a razón de 44 ciclos/min, circula sobre una probeta de lechada de 5 cm de anchura y 35 cm de longitud.



La máquina L.W.T. permite medir el ligante exudado después de someter a las probetas de lechada a un proceso de compactación de 1000 ciclos, pesando la arena absorbida por el asfalto excedente en superficie.

12. PRUEBA CONSISTENCIA.

Método del Departamento de Transportes de Kansas. (Cono de Consistencia).

Se trata de un cono metálico, de 1.5" de diámetro superior, 3.9" de diámetro inferior y 2.9" de altura. La escala de fluencia está constituida por siete círculos concéntricos dibujados en un papel, de los que el más pequeño tiene el diámetro de cono, incrementándose el radio de los restantes en 1 cm,

sucesivamente. Tras centrar el cono, se llena con la mezcla que se está estudiando y se levanta aquél ocupando la lechada tanta más superficie cuando más fluida sea. Se considera que el porcentaje óptimo de agua es aquél mediante el cual se consigue una fluencia de lechada entre 2.0 y 3.0 cm.



BIBLIOGRAFIA.

" FERNANDEZ DEL CAMPO JUAN ANTONIO."
Pavimentos Bituminosos en Frío." Editores Técnicos
Asociados, S.A., Barcelona, España.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
Subsecretaría de Infraestructura." **Materiales Asfálticos**
Utilizados en Pavimentación." Dirección General de
Servicios Técnicos. México, 1987.

INSTITUTO BRASILEÑO DEL PETROLEO. Comisión del
Asfalto. "Informaciones Básicas sobre Materiales
Asfálticos."

SINDICATO NACIONAL DE INDUSTRIAS QUIMICAS.
Agrupación Nacional ALEMAS. (Alquitranes, Emulsiones,
Asfaltos impermeabilizantes)." **Recomendaciones sobre**
Especificaciones y Normalización de Productos
Bituminosos para su Empleo en Carreteras y
Aeropuertos." ALEMAS, Madrid 1975.



BARBER-GREENE COMPANY. "Bituminous Construction Handbook." Aurora, Illinois. U.S.A.

**LOPEZ COELLO MARIO., JASKILLE AMIN P.,
STRASSBURGER F. PEDRO. "Slurry Seal." CONRASA.**

**PROBISA. "Empleo de Lechadas Asfálticas en Pistas de
Aeropuertos". Boletín Informativo No. 38**

**RODARTE LAZO FERNANDO F. "Conservación de
Aeropuertos." Sistema Aeronáutico Terrestre. Secretaría
de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de
Infraestructura. Dirección General de Aeropuertos.
México, 1986. Segunda edición.**

**RIVERA E. GUSTAVO. "Emulsiones Asfálticas."
Representaciones y Servicios Técnicos de Ingeniería,
S.A., México, 1981. Segunda edición.**

**RIVERA E. GUSTAVO. "Slurry Seal." Mortero Asfáltico.
México, 1990.**



ISSA. "Recommended Performance Guidelines for Emulsified Asphalt Slurry Seal Surfaces." Boletín Informativo. Washington, D.C., U.S.A., 1986.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. "Normas para Contrucción e Instalaciones, Carreteras y Aeropistas." Pavimentos. 3.01.03, 4.01.03. México, 1983.

JUAREZ BADILLO - RICO RODRIGUEZ. "Mecánica de Suelos" Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Tomo 1. LIMUSA. Tercera Edición.