

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



EMULSIONES ASFALTICAS Y SU APLICACIÓN EN OBRAS CIVILES

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

RAUL ENRIQUE ATENCIA DAGA

Lima –Perú

2005

DEDICATORIA

A mis hijos NADIA, FONCHO y NICOLE, fuente constante de motivación.

A mi esposa ISABEL, quien con intuición y generosidad me impulsó y apoyó para mi superación Profesional.

A mis padres FELIX y MIRIAM porque ellos sembraron la semilla y fertilizaron de lo que hoy soy.

INDICE

Introducción.....		4
Resumen.....		5
Cap. 1.0	Generalidades y/o Antecedentes.....	6
1.1	Reseña Histórica.....	6
1.2	Tipos de Asfaltos utilizado en la actualidad.....	6
1.3	Historia de las Emulsiones Asfálticas.....	8
1.4	Empleo de las Emulsiones asfálticas.....	9
1.4.1	Tratamiento Asfáltico Antipolvo.....	9
1.4.2	Sello Negro o Riego de Niebla.....	10
1.4.3	Lechadas Asfálticas.....	11
1.5	Ventajas y Desventajas de Empleo de las Emulsiones Asfálticas.....	12
Cap. 2.0	Composición, Clasificación de las Emulsiones Asfálticas.....	14
2.1	Emulsiones Asfálticas.....	14
2.2	Composición de Emulsiones Asfálticas.....	15
2.2.1	Asfalto.....	15
2.2.2	Agua.....	16
2.2.3	Los Agentes Emulsivos.....	16
2.3	Clasificación de Emulsiones Asfálticas.....	17
2.3.1	Emulsiones Aniónicas.....	17
2.3.2	Emulsiones Catiónicas.....	17
2.4	Elaboración de Emulsiones Asfálticas.....	18
2.4.1	Plantas de Fabricación de Emulsión Asfáltica Fijo.....	19
2.4.2	Plantas de Emulsión Asfálticas Portátiles.....	21
2.5	Clases, Tipos y Grados de Emulsiones Asfálticas.....	21
Cap. 3.0	Selección del tipo y grado Apropiado de las Emulsiones Asfálticas.....	23
3.1	Selección del tipo Emulsión Asfálticas.....	23
3.2	Usos de las Emulsión Asfálticas Aniónicas.....	23
3.3	Usos de las Emulsión Asfálticas Catiónicas.....	25
Cap. 4.0	Técnicas de Empleo de las Emulsiones Asfálticas en Obras Civiles.....	27
4.1	Riegos.....	27
4.1.1	Riego de Liga.....	27
4.1.2	Sellado.....	30
4.1.3	Riego Antipolvo.....	33
4.2	Imprimación.....	33
4.3	Tratamientos.....	35
4.3.1	Tratamientos Superficiales simple (Chip Seal).....	35
4.3.2	Tratamiento Superficial doble (bicapa), Tratamiento Superficial triple (tricapa).....	37

4.4	Bacheo, Bases Estabilizada, Mortero Asfáltico y Micropavimento	39
4.4.1	Bacheo.....	39
4.4.2	Bases Estabilizados.....	42
4.4.3	Lechadas Asfálticas y Micropavimentos.....	46
4.5	Reciclado de Pavimento en frío.....	50
4.5.1	Reciclado en frío.....	50
4.5.2	Recuperación Full Depth.....	59
Cap. 5.0	Análisis Comparativos teórico en el empleo de la técnica del reciclado en frío (Full Depth) de Emulsiones Asfálticas y Emulsiones Modificadas con Polímeros.....	63
5.1	Empleo de las Emulsiones Asfálticas con Polímeros.....	63
5.2	Análisis comparativos teórico Emulsiones Asfálticas y Emulsiones Modificadas con Polímeros.....	66
Cap. 6.0	Utilización de las Emulsiones Asfálticas en diferentes obras ingenieriles en el Perú.	69
6.1	Empleo de las Emulsiones Asfálticas en diferente obras Ingenieriles.....	69
6.1.1	Aeropuerto de Piura.....	69
6.1.2	Aeropuerto de Tacna.....	70
6.1.3	Carretera Ilo-Moquegua.....	71
6.1.4	Empleos de las Emulsiones Asfálticas en diferente Obras.....	72
Cap. 7.0	Análisis de costos unitarios de las diferentes partidas del empleo de las Emulsiones Asfálticas.....	78
7.1	Análisis de Costos Unitarios de las diferentes partidas del empleo de las Emulsiones Asfálticas.....	78
	Conclusiones.....	83
	Bibliografía.....	85
	Anexos.....	86

INTRODUCCION

El Asfalto se utiliza como ligante en las técnicas de pavimentación desde épocas inmemorables, una de las preocupaciones ha sido tener asfaltos manejables a temperatura ambiente, las emulsiones asfálticas son una de las formas más modernas, ecológicas y versátiles de colocar asfalto en las carreteras.

Esta moderna tecnología ayuda a la conservación de energía y evita la contaminación ambiental que es uno de los problemas directos en la construcción de caminos con el empleo de asfaltos. El uso de emulsiones asfálticas, en lugar de los asfaltos rebajados "cut-backs", permite un considerable ahorro del combustible que se emplea como solvente para estos asfaltos rebajados diluidos.

El incesante incremento del parque automotor aumenta la necesidad de construir y/o ampliar la red vial, así como de mantenerla. Esto, a su vez, incrementa la demanda de materiales asfálticos, lo que incide paralelamente en la conservación de la energía y del medio ambiente.

El uso adecuado de emulsiones asfálticas redonda en pavimentos de alto desempeño y en aplicaciones económicas y versátiles para el mantenimiento de las vías.

Actualmente se formulan emulsiones adecuadas a cada tipo de árido, a condiciones climatológicas determinadas y a los diversos sistemas de aplicación, lo cual nos permite tener una variedad de emulsiones para los diferentes condiciones y usos en obras ingenieriles. Es deber del Ingeniero saber utilizar las emulsiones asfálticas en las diferentes condiciones ambientales y empleos de las mismas, pues el comportamiento de las emulsiones asfálticas es variable en las diferentes zonas del Perú.

RESUMEN

El presente informe de suficiencia aborda las diferentes formas de empleos de las Emulsiones Asfálticas en las obras ingenieriles. El uso adecuado de emulsiones asfálticas redundan en pavimentos de alto desempeño y en aplicaciones económicas y versátiles para el mantenimiento de las vías, Representa una valiosa alternativa ecológica para el grave problema de la contaminación ambiental, a un bajo costo que solo es posible a través de un material noble como lo es el asfalto, en su tercer estado de fluidificación: EMULSION ASFALTICA.

Actualmente los pavimentos flexibles en el Perú pasan por una etapa crítica de deterioro progresivo sin cumplir la vida útil para lo cual fue diseñada. No obstante nuevas y mejoradas tecnologías que van surgiendo relativas al uso de emulsiones asfálticas abre oportunidades y amplía el campo de las técnicas constructivas en frío. Debido a las enormes ventajas que tienen las emulsiones asfálticas de además de no requerirse de la aplicación de calor para aplicar el asfalto en fundido, se logra una mejor adhesión entre el asfalto y el substrato pétreo cuando se usan emulsiones catiónicas. Esto simplifica grandemente el equipo necesario utilizado para la aplicación del asfalto. Adicionalmente, la reparación de carreteras (bacheo), es también simplificada enormemente aún en condiciones climáticas adversas (lluvia, calor, etc.).

El empleo de las Emulsiones Asfálticas en obras de Ingeniería es amplio, podemos mencionar algunos tipos de trabajos que se pueden desarrollar: Juntas para pavimentos hidráulicos y para sistema Pavadoq Hex-Mach, como Impermeabilizantes, para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos en carreteras y aeropistas (Riegos de impregnación, Riegos de imprimación o penetración, Riegos negros con emulsión diluida, Riegos de liga, Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada)., Morteros asfálticos o slurry seal (sólo con emulsiones asfálticas), Micropavimentos, para Bases y Bacheo. En la mezcla asfáltica, para carreteras y aeropistas. Para el reciclado de Pavimentos Asfálticos en frío y la Recuperación Full-delphth.

1.0 GENERALIDADES Y/O ANTECEDENTES

1.1 Reseña Histórica

El asfalto es sin duda el ligante más utilizado en la construcción y conservación de caminos. Su estado, de sólido o semisólido a temperatura ambiente, obliga a calentarlo a temperaturas elevadas para alcanzar la fluidez necesaria que exige su aplicación, como también a de calentarse los componentes que con él hayan de mezclarse. Esto acarrea un costo en energía.

Durante muchos años además del calor, se han venido utilizando solventes del petróleo como elemento fluidificante, los cuales disuelven perfectamente el asfalto y sirven de vehículo para aplicarlo sin necesidad de calentar a temperaturas altas.

Como es lógico, la eficacia se conseguirá cuando estos solventes se evaporen, lo cual implica enviar a la atmósfera elementos contaminantes y costosos que deberían tener, destinos más nobles que ser vehículos de aplicación de asfalto.

Para solucionar este problema se pensó en la posibilidad de emplear el agua, el elemento más barato y menos contaminante de todos los conocidos. Su utilización pasaba por vencer la in-solubilidad del asfalto en ella, lo cual se resolvió con la técnica de las EMULSIONES ASFALTICAS.

La Emulsión Asfáltica es pues, sin duda, la forma más económica, menos contaminante, y de menor consumo energético que existe para aplicar un asfalto con fines viales.

La tendencia mundial por el ahorro de componentes energéticos, asociada a la lucha contra la contaminación ambiental, toma cada día más importante el desarrollo y la utilización de esta técnica.

El mínimo de consumo de energía necesario para su producción y utilización, el insignificante efecto contaminador, unido a la bondad de poder trabajarlas a temperaturas ambientales y con agregados húmedos, así como de su aplicación con equipos poco o nada sofisticados, han hecho que se empleen en todo tipo de servicios asfálticos. Asimismo han resuelto dificultades que los métodos convencionales no han podido, como por ejemplo: el sellado de fisuras y grietas o el recapeamiento con espesores mili-métricos.

1.2 Tipos de Asfaltos utilizados en la Actualidad

Se exponen los tipos más usados en pavimentos

Cemento Asfáltico

Son asfaltos refinados o una combinación de asfalto refinado y aceite fluidificante de consistencia apropiada para trabajos de pavimentación.

Estos pueden proceder de depósitos naturales, que son enormes lagos de asfalto mezclado con un material mineral, agua y otras impurezas. Una vez refinados se puede obtener hasta un 97% de bitúmen. Estos asfaltos refinados son muy duros y se les da la consistencia, mezclándolos con aceites o residuos provenientes de la destilación del petróleo de base asfáltica.

Los asfaltos mas usados en el Perú son los que provienen de la destilación del petróleo. Desde el punto de vista de la obtención de asfaltos, los petróleos se dividen en petróleos de base asfáltica, de base intermedia y de base parafínica. Los asfaltos para pavimentos se obtienen de los dos primeros tipos mediante destilación, quedando como residuos de este proceso. La mayor o menor dureza del asfalto depende de las condiciones de destilación, tales como presión, temperatura y tiempo.

Estos asfaltos reciben el nombre de "destilado directo" para diferenciarlos de aquellos obtenidos por oxidación, que toman el nombre de "oxidados", y que son empleados en impermeabilizaciones.

El residuo proveniente del petróleo de base parafínica está constituido por parafina semisólida y coke. El aspecto de este residuo es aceitoso o grasoso y no tiene propiedades cohesivas; al contacto con el aire se oxida lentamente dejando un residuo polvoroso o escamoso que no tiene ningún poder ligante.

Los cementos asfálticos se dividen en grados según su dureza o consistencia, que es medida mediante el ensayo de penetración medido en 1/10 mm, valor que es inverso a la dureza. De acuerdo a esto, los cementos asfálticos más comúnmente usados son los siguientes:

CAN-PEN 40- 50 (En mastic para sellado de juntas de pavimento de hormigón).

CAN-PEN 60 - 70 (En concreto asfáltico).

CAN-PEN 85:- 100 (En concreto asfáltico).

CAN-PEN 120- 150(Tratamientos superficiales).

Las dos cifras indican los límites máximos y mínimos de la penetración.

1.3 Historia de las Emulsiones Asfálticas

El empleo de las Emulsiones Asfálticas aparecieron en el comienzo del siglo XX, utilizando por primera vez como riego preventivos contra el polvo en Nueva York en el año 1905, con la utilización de Emulsiones Asfálticas Aniónicas y posteriormente se utiliza como reparación de caminos en el estado de Indiana en el año de 1914. En ese mismo año en Hamburgo, Alemania se construyo una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varios riegos empleando como ligantes una emulsión estabilizada con arcilla muy activa como emulsionante. La década de los 20 es cuando se generalizo su uso en obras viales.

En México se empezaron a emplear las emulsiones en la década de los años 30 con utilizando para las obras de las carreteras de San Martín Texmelucan a Tlaxcala (Camino Colonial), dela Ciudad de México a Pachuca, en la carretera Laredo Km. 65 y calles de la Ciudad de México como el Pasea de la Reforma, San Juan de Letran y la Avenida Juárez.

En el Perú se hicieron trabajos experimentales en el año de 1992 en el ámbito de la primera y segunda lechada Asfálticas usando emulsión de tipo catiónica súper estable. Las Principales obras realizadas con emulsión asfálticas en el Perú tenemos las Rehabilitación de la Carretera Panamericana Norte en el tramo Santa Ana Ovalo-Industrial Trujillo con el Bacheo Asfáltico Emulsionado Sellado de Fisuras y/o Grietas. Rehabilitación de la Panamericana Sur en el tramo Puente Atocongo Puente Villa con el tratamiento de fisuras y/o grietas capa nivelante. Rehabilitación de la Panamericana Sur entre el tramo 648 + 000 Km. – 715 + 000 Km. Con Bacheo Asfáltico Emulsionado. Rehabilitación del tramo Tacna – Camiara con tratamiento de fisuras. Rehabilitación de la carretera Central entre el puente Santa Anita y Puente Ricardo Palma con el sellado de fisuras y/o grietas. Rehabilitación de de la carretera Arequipa – Matarani con el Sellado de Fisuras y/o Grietas.

La tecnología de las emulsiones asfálticas ha ido cambiando según los nuevos retos y su optimización por lo cual podemos hacer una cronología en la historia de las emulsiones:

- 1.- Primera Generación 1920 Emulsiones Asfálticas Aniónicas
- 2.- Segunda Generación 1950 Emulsiones Asfálticas Catiónicas.
- 3.- Tercera Generación 1980 Emulsiones Asfálticas Modificadas
- 4.- Cuarta Generación 1990 Emulsiones de Asfalto Polímeros
- 5.- desde el año 2000 Emulsiones termoadherentes, especiales para imprimación y mezclas tibias.

1.4 Empleo de las Emulsiones Asfálticas

El asfalto es un importante material termoplástico que es ampliamente usado en la construcción y sus usos se hacen extensivos a las emulsiones asfálticas catiónicas, entre los que destacan:

- * Usos generales.
- * Juntas para pavimentos hidráulicos.
- * Adhesivos.
- * Selladores.
- * Impermeabilizantes.
- * Recubrimiento de tubería especial.
- * Para tratamientos superficiales, para pavimentos asfálticos, en carreteras y aeropistas:
 - Riegos de impregnación.
 - Riegos de imprimación o penetración.
 - Riegos negros con emulsión diluida.
 - Riegos de liga.
 - Riegos de sello con arena o gravilla seleccionada.
- * Morteros asfálticos o slurry seal (sólo con emulsiones asfálticas).
- * Bacheo.
- * En la masa o mezcla asfáltica, para carreteras y aeropistas.
- * Mezcla cerrada y mezcla abierta.
- * Grava - emulsión y arena – emulsión.
- * Penetración.
- * Impregnación.

De los más empleados en el Perú mencionaremos algunas alternativas de empleo:

1.4.1 Tratamiento Asfáltico Antipolvo

El deseo que anima a cada propietario de una vivienda es vivir en un sector urbanizado en el que la pavimentación de las calles juega un papel importante. Para los sectores de bajos ingresos, esta aspiración puede transformarse en realidad con la tecnología de las emulsiones asfálticas, a través de la construcción de pavimentos económicos.

Todas las ciudades del Perú y sus alrededores, poseen un elevado número de caminos, calles y pasajes sin pavimentar, constituidos generalmente de suelo natural granular o estabilizado a través del tiempo, por lo que un gran porcentaje de la población vive en condiciones ambientales desfavorables a causa del barro o polvo,

con el agravante que el polvo es uno de los principales componentes de las partículas en suspensión que componen el smog que afecta a la ciudad.

Por otra parte, las vías sin pavimentar requieren de un mantenimiento periódico, especialmente después de las lluvias, que en ningún caso solucionan los problemas descritos, transformándose a la larga en una mala inversión.

La búsqueda de una solución ecológica y económica, se traduce en la construcción de un tratamiento asfáltico simple con utilización de emulsión asfáltica especial y arena, cuya aplicación se efectúa sobre una base previamente perfilada y compactada.

La construcción de este tratamiento trae consigo beneficios, tales como la eliminación definitiva del polvo y barro, contribuyendo con ello a mejorar el estándar de vida de los habitantes, además de significar un ahorro público ya que posee un período de vida útil mínimo de 4 años .

En países de Latinoamérica como Chile, Brasil y otros, esta solución es promovida como alternativa para vías en tierra de sectores agrícola, frutícola, forestal, minero, y últimamente a través de proyectos de mejoramiento de calzadas efectuadas por entes municipales.

1.4.2 Sello Negro o Riego Niebla (FOG SEAL EN EE.UU.)

Es un tratamiento económico y ecológico que sirve para mantener en buen estado la superficie asfáltica de los pavimentos.

Con el transcurrir del tiempo y el deterioro de sus vías los países en desarrollo ven perjudicada gran parte de su infraestructura equivalente a miles de millones de dólares. Sino se da inicio a un programa serio de la conservación de sus carreteras perderán miles de millones más. Grandes extensiones de redes viales que han sido construidas a un costo elevado, no han recibido, ni reciben mantenimiento adecuado, lo cual origina el deterioro acelerado, ya que los pavimentos viejos se desintegran y los nuevos pasan por un período inicial del deterioro bastante largo durante el cual los efectos del descuido son apenas perceptibles.

La rehabilitación de estas vías deterioradas costaría de cuatro a cinco veces más de lo que habría costado el mantenimiento oportuno, y este es tan sólo una parte del costo; toda vez que el costo de operación de los vehículos supera rápidamente al de reparación de las vías, en la medida que estas pasen del buen estado al regular y de éste al mal estado. Conjuntamente estos costos evitables, se constituyen en un pesado lastre para el desarrollo socio-económico-cultural de un país.

La tarea que afrontan actualmente la mayoría de los países en desarrollo es “salvar” los pavimentos que originalmente han sido construidos con estructuras sumamente costosas y que se encuentran en un estado de grave deterioro; del mismo modo impedir que los pavimentos nuevos recientemente construidos corran con la misma suerte.

1.4.3 Lechadas Asfálticas

Es un micro concreto asfáltico que no consume energía en calentamientos ni contamina el medio ambiente.

Por cada dólar gastado hoy en la conservación y el mantenimiento de los pavimentos se ahorrará por lo menos ocho dólares en el próximo quinquenio. La lechada asfáltica es la solución más versátil y menos costosa para ello, se puede utilizar para el mantenimiento preventivo, la rehabilitación de carreteras y calles, el revestimiento de bermas, playas de estacionamiento, losas deportivas, canchas de tenis, etc.

Asimismo, las grietas de superficie causadas por el envejecimiento del asfalto pueden ser rellenadas con este producto si su profundidad no sobrepasa los 6 milímetros. No debe usarse para el tratamiento de grietas activas.

El revestimiento con lechadas debería ser usado cuando los pavimentos están comenzando a deshilacharse, se muestran señales de grietas de envejecimiento o si el agua comienza a penetrar la base. Esta tecnología no debe ser usada en las calles ni en las superficies sin base o en las cuales una falla de base ya ha ocurrido. Una buena base es especialmente importante cuando se usa el revestimiento con lechadas como la única superficie de asfalto.

Las lechadas asfálticas convencionales son micro-concretos asfálticos fabricados con agregados finos, relleno mineral y agua. El aglutinante es el ligante asfáltico emulsionado.

Cuando se agregan polímeros al ligante se necesita mejor calidad de agregados y se permite mayor tamaño de los mismos. Esta lechada de calidad superior, denominada micropavimento, puede rellenar irregularidades y facilitar la apertura al tráfico más rápidamente.

Los revestimientos con lechadas no usan asfaltos fluidificados ni contienen solventes volátiles, por lo que no se malgasta energía en calentarlos ni se contamina. El revestimiento con este material es hecho a temperatura ambiente en todo el proceso. Es diseñado en un laboratorio, fabricado en una concreteira o en un camión-planta de lechadas según la envergadura de la obra, de manera que la proporción

entre asfalto y agregado se mantiene en el valor óptimo para asegurar que el agregado se cubra y se adhiera uniformemente.

Las lechadas asfálticas cuestan 25% menos que los tratamientos asfálticos superficiales convencionales (sellos monocapa) y representan un 60% del costo de una sobre-capa con mezcla asfáltica en caliente.

Además de ser muy rentables, estos revestimientos proporcionan una superficie con una microtextura con apariencia de lija que es muy resistente al patinaje. El contenido de asfalto, que es relativamente alto y con la menor cantidad de vacíos, resulta en una superficie más negra y más durable. Como resultado la señalización se destaca mejor. El contenido más alto de aglutinantes y el menor tamaño máximo de agregados también elimina las piedras grandes sueltas y producen una superficie más silenciosa.

1.5 Ventajas y Desventajas del Empleo de las Emulsiones Asfálticas

Ventajas del empleo de las emulsiones Asfálticas:

- Es un ligante asfáltico no contaminante ni peligroso, ya que contiene del 35 al 40% de agua como solvente.
- Su manejo es sencillo y seguro, gracias a su baja viscosidad a temperatura ambiente.
- Tiene un límite de almacenamiento y es muy amplio, ya que puede ser almacenado por semanas o meses, debido entre otras cosas a la igualdad de las densidades de sus componentes.
- El almacenaje se hace en frío, evitándose el riesgo de inflamación.
- Tiene una gran adhesión con cualquier agregado pétreo, a pesar de condiciones de humedad adversas debido a la enorme dispersión de las partículas de asfalto de tamaño muy pequeño y al uso de agentes emulsificantes de tipo catiónico.
- Se aplica en un lapso muy corto de tiempo, lo que permite la pronta funcionalidad de la obra en que se esté usando.
- La apertura del tráfico puede ser rápida.
- Presenta un bajo costo de la fase dispersante, que es el agua.
- Se emplean materiales pétreos locales, lo que elimina la transportación de este tipo de materiales por grandes distancias.
- El equipo de aplicación es mucho más sencillo debido a que todos sus componentes se aplican a temperatura ambiente.
- Las Emulsiones Asfálticas se Aplican a Temperatura Ambiente y en tiempos de invierno.

- Se puede aplicar en cualquier estación del año y en cualquier región (mínimo 4°C).
- Por su aplicación en frío, ayuda a no alterar el medio ambiente y queda suprimida la emisión de humos o gases.
- El empleo del agua como solvente no crea problema de su desperdicio, ya que es recuperable.
- puede penetrar hasta en los menores vacíos del agregado debido a la fluidez de la emulsión Asfáltica cubriendo cada partícula de piedra con una capa delgada de bitumen puro.
- Evita la oxidación del ligante por calentamiento.
- Los equipos de producción y estoqueado son de menores costos.
- Se evita riesgos de incendio y explosiones.
- No contamina el medio ambiente
- No necesita ser calentado por consiguiente ahorro de combustible,
- Diferentes tipos de Emulsiones con viscosidades variables debido a los diferentes concentraciones de Asfalto, lo que amplía su utilización en los diferentes condiciones que se usen estas.
- Si se utilizan Emulsiones Modificados con polímeros estos pueden ser inicialmente caros, pero si se hace un análisis costos beneficios en el tiempo resultan ser lo mas apropiado el empleo de estas emulsiones.

2.0 COMPOSICION, CLASIFICACION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

2.1 Emulsiones Asfálticas

Se definen las emulsiones asfálticas como las suspensiones de pequeñas partículas de un producto asfáltico en agua o en una solución acuosa, con un agente emulsionante de carácter aniónico o catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión.

Por lo regular el material Bituminoso utilizado por las Emulsiones Asfálticas es el Cemento Asfáltico; pero en algunos países se emplea una emulsión el Asfalto diluido (Cut-back), que ofrece ciertas ventajas adicionales.

Existen dos tipos de emulsiones según la concentración de cada una de estas fases: la emulsión directa donde la fase hidrocarbonada esta dispersa en la parte acuosa, y la inversa es en la que la fase acuosa esta dispersa en la parte hidrocarbonada. La que se emplean en la construcción de caminos son las emulsiones directas por su baja viscosidad a temperatura ambiente.

Se observa la suspensión de los glóbulos de asfalto (fase dispersa o discontinua) en el agua emulsificada (fase dispersante o continua). (fig. 1).

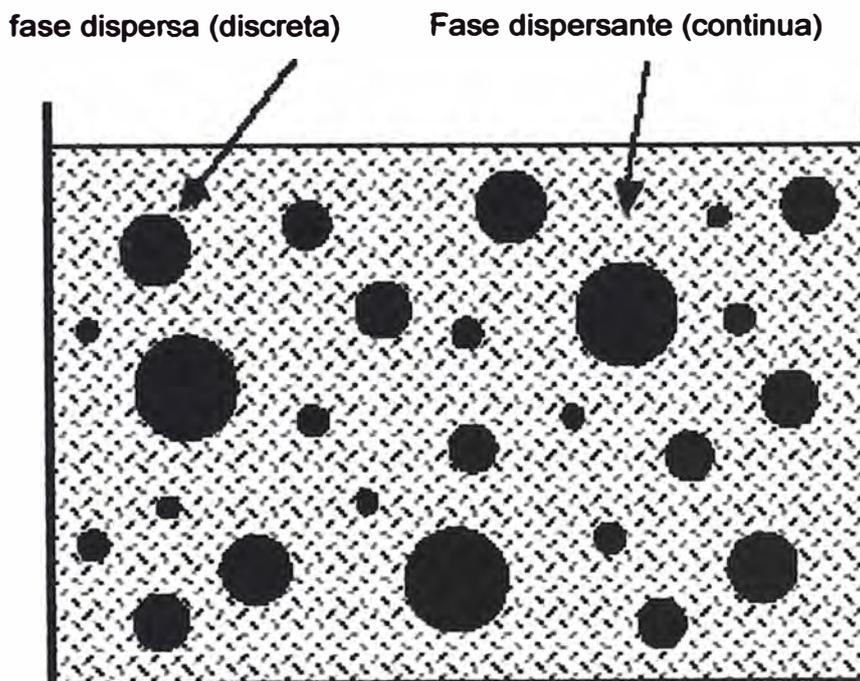


fig 1. Esquema de fases de las Emulsiones Asfálticas

2.2 Composición de las Emulsiones Asfálticas

La composición de las Emulsiones Asfálticas consta de tres partes:

- Asfalto
- Agua
- y un Agente Emulsivo (Agente emulsionante o emulsificador). También

pueden contener otros aditivos como estabilizadores, mejoradores de recubrimientos, mejoradores de adherencia ó agentes de control de rotura.

El Agua y el Asfalto se mezclan bajo condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipo altamente especializado y aditivos químicos.

El objetivo es lograr una dispersión (diseminación) estable del cemento Asfáltico en agua, lo suficientemente estable para ser bombeada almacenada durante un tiempo prolongado y mezclada.

La emulsión deberá romper rápidamente al entrar en contacto con el agregado en una mezcladora o tras ser colocado sobre una superficie. Después del curado, el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, durabilidad y resistencia al agua, propiedades del cemento Asfáltico del cual fue elaborado.

2.2.1.- Asfalto.

Las emulsiones Asfálticas se elaboran con cemento asfálticos cuyo rango de penetración es de 60 a 250 PEN, en algún caso las condiciones climatológicas pueden hacer variar el grado de dureza del cemento asfáltico a emplear, es esencial que exista compatibilidad entre el cemento asfáltico y el agente emulsivo para garantizar una emulsión estable.

El asfalto tiene dos componentes: Asfáltenos y Maltéenos, los primeros están constituidos por materiales duros y quebradizos y los segundos son sustancias solubles totalmente en N-pentano. La suspensión coloidal depende de la composición química y la relación en la que se encuentra uno con respecto al otro (asfáltenos y maltéenos). La propiedad coloidal del asfalto le da la condición de emulsión en la cual los maltéenos vendrían a ser la fase continua (dispersante) y los asfáltenos fase discontinua (dispersa). Los maltéenos proporcionan la adhesividad y ductibilidad al asfalto influyendo en las propiedades de flujo y viscosidad mientras los asfáltenos otorgan la propiedad de dureza.

2.2.2 Agua

El Agua es muy importante en la fabricación de las emulsiones Asfálticas los cuales pueden contener minerales u otros elementos que afecten la producción de Emulsión Asfálticas estables.

El agua natural puede ser inadecuada debido a las impurezas sea en solución o suspensión coloidal.

Las aguas con presencia de cationes de calcio y magnesio favorecen la formación de Emulsión cationica estable, pero es perjudicial para las emulsiones aniónicas, debido a que las sales de calcio y magnesio, insolubles en agua se vuelven solubles al reaccionar con emulsivos compuestos de sales de sodio y de potasio, generalmente usados en las emulsiones aniónicas. Por lo general en las emulsiones cationicas se adiciona cloruro de calcio (CaCl_2) con el objeto de aumentar la estabilidad durante el almacenamiento.

Del mismo modo aniones carbonatados y bicabomatos pueden facilitar la estabilización de Emulsiones Aniónicas debido a su efecto amortiguador, pero pueden desestabilizar las emulsiones cationicas al reaccionar con emulsivos compuestos de hidrocarburo deaminas solubles en agua generalmente utilizado en emulsiones cationicas.

Las aguas que contenga partículas no deben usarse para emulsiones cationicas, porque estas generalmente están cargadas negativamente y absorben rápidamente los agentes emulsivos desestabilizando la emulsión. Las aguas impuras pueden ocasionar una rotura prematura debido al desequilibrio de las componentes de la emulsión.

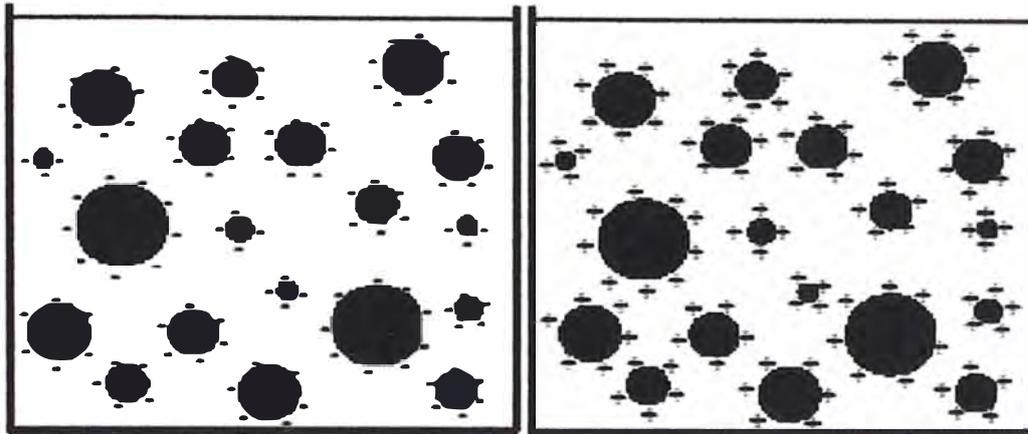
2.2.3. Los Agentes Emulsivos

Las características de las emulsiones dependen del producto empleado como emulsificante, conocido como surfactante (agente activador de la superficie) lo que determina el tipo de Emulsión. Los tipos de Emulsión son Cationica, aniónica o no-iónica (fig. 2)

Los emulsificantes son compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado (entre 100 y 300); tienen una parte hidrofóbica (generalmente es una cadena hidrocarbonada ya sea lineal o cíclica) que es soluble en el medio orgánico (en nuestro caso en el asfalto) y una parte hidrofílica (generalmente es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánico), soluble en el medio acuoso.

Emulsión Aniónica

Emulsión Cationica

**fig. 2 Representación de los Tipos de Emulsión Asfálticas**

Los emulsificantes están compuestos generalmente por un radical alquilo R el cual es hidrofóbico y un componente hidrofílico, que se encuentran saponificados y con el contacto con el agua se disocian, quedando con cargas negativas o positivas según el tipo de emulsificante. En la figura 2 se muestra una representación pictórica de la emulsión aniónica y la catiónica.

2.3 Clasificación de las Emulsiones Asfálticas

Se clasifican de acuerdo al agente emulsificante así tenemos emulsiones aniónicas, cationicas y no-iónica las dos primeras utilizadas en la construcción y mantenimientos de carreteras, en cambio la no-iónica puede ser utilizado como una emulsión de avanzada tecnología.

2.3.1. Emulsiones aniónicas

Las emulsiones aniónicas se garantiza su estabilidad con la presencia de un agente emulsionante aniónico donde predomina las cargas negativas en la superficie de los glóbulos asfalto, los factores influye en la ruptura de una emulsión aniónica son la evaporación de la fase acuosa, la difusión de esta y menor grados los factores físicos químicos y la absorción superficial de una parte del emulsificante en el material pétreo.

2.3.2. Emulsiones cationicas

Se emplea un agente cationico donde predomina las cargas positivas en la superficie de los glóbulos de asfalto. En el caso de las emulsiones cationicas, la absorción puede ser de la parte polar ácida y ácidos grasos que efectúan su reacción con el material, la cual destruye la película protectora, haciendo depositar el ligante sobre el agregado lo que origina su ruptura.

Esta absorción de la parte polar del emulsificante por los agregados es la que provoca la ruptura de la emulsión, haciendo que los glóbulos de asfalto se adhieran firmemente a las partículas de material pétreo, aun en presencia de humedad.

Esta particularidad de las emulsiones catónicas mejora la adherencia y permite una mejor distribución del asfalto dentro de la masa de la mezcla lo cual permite proseguir con los trabajos en regiones en climas húmedos o durante la temporadas de lluvias, la perfecta liga del asfalto con material pétreo, aun estando estos húmedos, garantizan la apretura del tránsito en un corto periodo de tiempo.

2.4 Elaboración de Emulsiones Asfálticas

El equipo de producción para la fabricación de emulsiones asfálticas es sencillo, lo que realmente es problema es la formulación de las emulsiones que deben adaptarse a los materiales pétreos y no estos a las emulsiones. Una fábrica puede ser pequeña y tener todos los adelantos necesarios en maquinarias y accesorios. Pueden construirse en locales rústicos adaptados únicamente para la producción.

Las emulsiones asfálticas tienen tamaño de alrededor de 0.0001micras a 0.001micras generalmente se utilizan analizadores del rango de partículas para garantizar la calidad de la emulsión. El tamaño de las gotitas de asfalto depende de la energía mecánica unitaria aplicada al molino. Para medir la cantidad de asfalto y disolución emulsificante que ingresan en el molino coloidal se utiliza sendas bombas. En el siguiente diagrama de flujo se muestra el proceso de fabricación

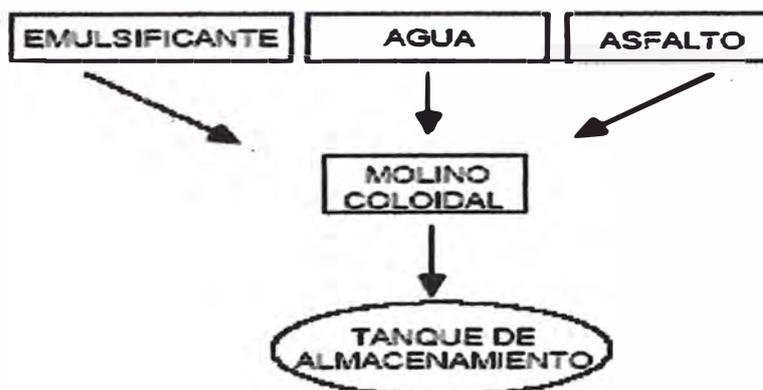


Fig. 3 Diagrama de flujo de Fabricación de las Emulsiones Asfálticas

La fabricación industrial de emulsiones utiliza el molino coloidal que proporciona capacidades de mezcla en forma cuidadosa, dispersiones de fineza y de estabilidad. La fabricación puede también estar por enriquecer gradualmente la fase de dispersión.

El molino coloidal sirve para dividir medir el asfalto en minúsculas gotitas consiste en un equipo mecánico de gran corte y velocidad. Algunos molinos tienen luces fijas y en otros se pueden regular dicha luz de esto depende el tamaño de las gotas de asfalto que están entre 1 a 10 micras (μ).

El tamaño de las partículas del asfalto tiene vital importancia en la elaboración de una emulsión estable, los siguientes valores son recomendados por institutos de asfalto de EEUU.

1.- menos de 0.001 mm. (1 μ)	28%
2.- 0.001 a 0.005 mm. (1 – 5 μ)	57%
3.- 0.005 a 0.01 mm. (5 – 10 μ)	17%

Estas gotas de asfalto son dispersadas por el emulsificadores (sulfactante), que origina un cambio en la tensión superficial de la interfase (área de contacto entre el asfalto y el agua), lo que permite que el asfalto permanezca en suspensión, igualmente como las partículas tienen carga eléctrica similar se repelan y esto ayuda que se mantenga en suspensión.

2.4.1 Plantas de Emulsión Asfálticas Fijas.

Las instalaciones de una planta para la fabricación de emulsiones deben incluir lo siguiente:

- Instalaciones para la recepción y almacenaje de la materia prima
- Fuentes de calor para mantener las materias primas a la temperatura de funcionamiento, a la tubería, a la planta de fabricación, las bombas y las emulsiones manufacturadas.
- Instalaciones de fabricación.
- Almacenaje del producto terminado.
- Instalaciones del cargamento de la emulsión a granel o tambor.
- Balanzas
- Controles de temperatura
- Controles de presión
- Laboratorio de inspección

Esquemas de Plantas Fijas



fig 4. Grafico de Plantas de Emulsiones Fijas



fig 5. Grafico de Plantas de Emulsiones Fijas

- Volúmenes de fabricación:
De 3m³ a 30 m³/hora
- Capacidad Instalada
De 30 a 120 HP
- Superficies involucradas:
De 200 a 1.000 m²

2.4.2 Plantas de Emulsión Asfálticas Portátiles.

Se Esquematiza una planta de Emulsión Asfáltica Portátil. (fig. 6)

- 01) Tanque premezcla fase acuosa 1,5 m³
- 02) Agitadores premezcla fase acuosa
- 03) Bomba fase acuosa
- 04) Bomba de asfalto
- 05) Molino coloidal
- 06) Tanque inspección emulsión
- 07) Bomba de emulsión
- 08) Bomba aceite fase acuosa y asfalto
- 09) Caldera o calentador eléctrico
- 10) Tablero eléctrico
- 11) Bomba Agua

Esquemas de Plantas Móviles



fig. 6 Planta Móviles

2.5 Clases y tipos de emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de emulsificante usado. En este caso podemos hablar de dos tipos, aniónicas y catiónicas:

Emulsiones Aniónicas:

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa.

Emulsiones Catiónicas:

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

De Rompimiento Rápido:

Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.

De Rompimiento Medio:

Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

De Rompimiento Lento:

Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

Para Impregnación:

Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.

Super Estables:

Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos.

3.0 SELECCIÓN DEL TIPO Y GRADO APROPIADO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

3.1 Selección del tipo Emulsión asfálticas

CARACTERISTICA	ROTURA RÁPIDA	ROTURA RÁPIDA (*)	ROTURA LENTA
ROTURA	ápídamente al ontacto con el agregado	mayor estabilidad al mezclado, rompe en pocos minutos	Máxima estabilidad en el mezclado rompe por evaporación
SE MEZCLA PERFECTAMENTE CON	Agregados finos	Agregados gruesos	Agregados finos densamente graduados
APLICACIONES	Riegos con arena o arenisca) tratamiento superficiales	Mezcla asfálticas	Mezclas riegos estabilización de suelos
ADHERENCIA	Se obtendrá mejores resultados a medida que los Glóbulos de asfalto de la emulsión y los agregados sean de signo diferente		

(*) Existe un tipo de emulsión de rotura media de tipo aniónica denominada de alta flotación (HFMS), la cual tiene un gran recubrimiento con el agregado y mejor comportamiento en condiciones extremas de temperatura: se ablandan menos en verano y no se endurecen mucho en invierno.

3.2 Usos de las emulsión asfálticas aniónicas rotura rápida RS (RR)

RS-1(RR-1).- su uso es para tratamiento superficiales y múltiples sellados con arena (sand seal)

RS- 2 (RR-2).- Su uso es para tratamientos superficiales (simples y múltiples), macadams por penetración, sellados con agregados grueso (ripio), sellado doble (sándwich seal), cape seal.

HFRS -2 (RR-2 AF).- Su uso es para tratamientos superficiales (simples y múltiples), sellados con arena (sand seal).

rotura media MS (MS)

MS-1 (RM – 1).- Mezcla en planta (en frío), mezclas a pie de obra (in-situ), sellado con arena (sand seal), riego pulverizado (fog seal) diluido en agua, tratamiento de fallas, riego de liga (tack coat).

MS-2 (RM-2) Mezcla en planta (en frío) de granulometría abierta, mezclas a pie de obra (in situ) de granulometría abierta, riego de imprimación (prime coat).

MS-2h (RM.2h) Mezcla en planta (en caliente), mezclas en planta (en frío) de granulometría abierta, mezclas a pie de obra (in situ) de granulometría abierta.

HFMS-1(RM-1 AF) Mezclas en planta (en frío), mezclas a pie de obra (in situ), sellado con arena (sand seal), riego pulverizado (fog seal) diluido en agua, tratamiento de fallas, riego de liga (tac coat), diluido en agua

HFMS-2 (RM-2 AF) Mezclas en planta (en frío) de granulometría abierta, mezclas a pie de obra (in situ) de granulometría abierta, riego de imprimación (prime coat)

HFMS-2h (RM-2h AF) Mezclas en planta (en caliente), mezclas en planta (en frío) de granulometría abierta, mezclas a pie de obra (in situ) de granulometría abierta

HFMS-2s (RM-2s AF) Mezclas en planta (en frío) de granulometría cerrada, mezclas en planta (en frío) de arena-emulsión, mezclada pie de obra (in situ) de agregados bien graduados (granulometría cerrada), mezclas a pie de obra (in situ) de suelo arenoso, lechada asfáltica (slurry seal), mezclas de mantenimiento de uso inmediato (bacheo). Mezclas de mantenimiento de acopio.

rotura lenta SS (RL)

SS-1 (RL-1).- Mezclas en planta (en frío) de granulometría cerrada, mezclas en planta (en frío) de arena emulsión, mezclas a pie de obra (in situ) de agregados bien graduados (granulometría cerrada), mezclas a pie de obra (in situ) de arena-emulsión, mezclas a pie de obra (in situ) de suelo arenoso, lechada asfáltica (slurry seal), riego pulverizado (fog seal) diluido en agua, riego de imprimación (prime coat), riego de liga (tack coat) diluido en agua, paliativo de plvo (dust palliative), protección con asfalto (mulch treatment), riego de sellado (seal coat), sellado de fisuras (crack filler)

SS-1 (RL-1h).- Mezclas en planta (en frío) de granulometría cerrada, mezclas en planta (en frío) de arena-emulsión mezclas a pie de obra (in situ) de agregados bien graduados (granulometría cerrada), mezclas a pie de obra (in situ) de arena emulsión, mezclas a pie de obra (in situ) de suelo arenoso, lechada asfáltica (slurry seal), riego pulverizado (fog seal) diluido en agua, riego de imprimación (prime coat) riego de liga (tack coat) diluido en agua, paliativo de polvo (dust palliative), protección con asfalto (mulch treatment) riego de sellado (seal coat) sellado de fisuras (crack filler).

3.3 Usos de la emulsión asfálticas cationicas

rotura rápida CRS (CRR)

CRS (CRR-1).- Tratamiento superficiales (simples y múltiples), macadams por penetración, sellados con arena (sand seal)

CRS-2 (CRR-2).- Tratamiento superficiales (simples y múltiples), macadams por penetración, sellados con agregados grueso (ripio) sellado doble, (sándwich), cape seal)

Rotura medla (CRM)

CMS-2 (CRM-2).- Mezclas en planta (en frío) de granulometría abierta, mezclas a pie de obra (in situ) de granulometría abierta, mezclas de mantenimiento de uso inmediato (bacheo)

CMS-2h (CRM-2).- Mezclas en planta (en frío) de granulometría abierta, mezclas a pie de obra (in situ) de granulometría abierta, mezclas de mantenimiento de uso inmediato (bacheo)

Rotura lenta CSS (CRL)

CSS-1 (CRL-1).- Mezcla en planta (en frío) de granulometría cerrada, mezclas en planta en planta (en frío) de arena- emulsión, mezcla a pie de obra (in situ) de agregados bien graduados (granulometría cerrada), mezclas a pie de obra (in situ) de suelo arenoso, lechada asfáltica (slurry seal), riego pulverizado (fog seal) diluido en agua, riego de imprimación (prime coat), riego de liga (tack coat) diluido en agua, paliativo de plvo (dust palliative), protección con asfalto (mulch treatment), riego de sellado (seal coat), sellado de fisuras (crack filler)

CSS-1h (CRL-1h).- Mezclas en planta (en frío) de granulometría cerrada, mezclas en planta (en frío) de arena-emulsión, mezclas a pie de obra (in situ) de agregados bien graduados (granulometría cerrada) mezclas a pie de obra (in situ) de arena emulsión, mezclas a pie de obra (in situ) de suelo arenoso, lechada asfáltica (slurry

seal), riego pulverizado (fog seal) diluido en agua, riego de imprimación (prime coat), riego de liga (tack coat) diluido en agua, paliativo de polvo (dust palliative), protección con asfalto (mud treatment), riego de sellado (seal coat) sellado de fisuras (crack filler).

4.0 TECNICAS DE EMPLEO DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS EN OBRAS CIVILES

4.1 Riegos

Riegos (liga, sellado, de negro, antipolvo)

El riego consiste en la distribución-rociado- uniforme de la emulsión asfáltica de manera tal que el mismo sea uniforme.

La forma más común de efectuar el riego de la emulsión asfáltica es utilizando un camión regador. Este regador debe estar provisto con una bomba para obtener un riego uniforme.

4.1.1 Riego de liga:

Es la aplicación de la emulsión asfáltica sobre un pavimento ya existente y se utiliza para obtener una buena adherencia con la nueva capa asfáltica a construir.

La emulsión comúnmente usada en nuestro país para este trabajo es la emulsión catiónica de corte rápido. En algunos casos se utilizan emulsiones medias.

El objetivo es lograr una capa fina y uniforme de emulsión la cual liberará el asfalto luego de romper.



Foto: Riego de Liga Manual sobre pavimento existente

Generalmente la nueva carpeta asfáltica se aplicará 30 minutos después de distribuida la emulsión.

Es importante determinar la cantidad de emulsión a aplicar de acuerdo al estado de la carpeta existente. Esta cantidad será la suficiente para lograr una adecuada adherencia entre las capas asfálticas evitando los excesos que podrían provocar exudación de asfalto.

Si el clima es frío o se espera lluvia no es aconsejable realizar un riego de liga. De ser posible se evitara el transito sobre la superficie regada, especialmente si la emulsión no rompió ya que podría ser peligroso. De no ser posible evitar el transito este debe circular a menos de 30 Km/hora.

Este proceso también es esencial como parte de un trabajo de bacheo. Una variante interesante y muy común en otros paises es la modificación de la emulsión con látex. Esto permite obtener una mejor adherencia entre las carpetas asfálticas, obtener una película asfáltica totalmente impermeable que tampoco permite el paso de cationes a través de ella.



Foto: Riego de Liga para posterior colocado de Mortero Asfáltico

Riego de Curado:

Este riego se aplica sobre una base estabilizado con cemento o cal para evitar una evaporación excesiva del agua y con esto facilitar el fraguado. Se recomienda la utilización de emulsiones de corte rápida para esta tarea.



Foto: Riego de curado en Base Estabilizada



Foto: textura después del riego de curado

4.1.2 Sellado:

Riego de Sellado (Seal Coat):

Es la aplicación rociada de una emulsión asfáltica a la superficie de un pavimento seguido de una ligera cobertura de agregado fino como arena limpia o material tamizado.

Se aplica a pavimentos de concretos asfálticos que presentan desprendimientos de agregados finos (Desprendimientos de severidad moderada), el seal coat también es usado como tratamiento previo para uniformizar la superficie de un pavimento antes de la construcción de un Cheap seal y para sellar grietas de baja severidad por fatiga del pavimento, mejora la apariencia, y enriquece superficie intemperizadas.

Es aplicada con regadores o escobas de goma, con la adición de arena angulosa. Dejar que cure completamente antes de liberar al tráfico. Se aplica comúnmente una emulsión asfáltica de curado rápido puede aplicar SS-1(RL-1), SS-1h(RL-1h), CSS-1(CRL-1), CSS-1h(CRL-1h). La razón de la aplicación varía de 0.70 a 0.90 lt/m², como agregado se usa arena limpia con aplicaciones que oscila entre 5.4 y 8.1 kg/m².



Foto: Acabado después de colocado Coat Seal

Riego Pulverizado o Sello Negro (Fog Seal):

Es una ligera aplicación de emulsión asfáltica (no se emplea agregado) a la superficie de un pavimento; de un tratamiento superficial, una mezcla abierta o una superficie de mezcla en caliente, intemperizada. Es usado principalmente para sellar superficies de pavimentos asfálticos que han comenzado a presentar defectos en la superficie clasificados como desprendimientos (raveling) de

severidad baja (sin pérdida del agregado) debido al endurecimiento del cemento asfáltico cercano a la superficie a raíz del envejecimiento y oxidación de este. Funciona parcialmente como sellador de fisuras, reduce el desprendimiento y enriquece superficie imtemperezadas.

Se utiliza generalmente una emulsión de fraguado lento, la emulsión es diluida hasta en proporciones de 1:5 pero en la mayoría de los casos se utiliza una disolución 1:1. Las cantidades aplicadas de Fog Seal varían de 0.45 a 0.70 lt/m² aunque la cantidad exacta es determinada a partir de la textura de la superficie y la sequedad y agrietamiento del pavimento. Se aplica con regadores, con o sin cubierta de arena. Diluir la emulsión en agua con la finalidad de lograr la cobertura sin agregar ligante en exceso. SS-1(RL-1), SS-1h(RL-1h), CSS-1(CRL-1), CSS-1h(CRL-1h).



Foto: Riego Fog Seal con camión imprimador.

Sellado de Fisuras, Grietas y Sellos de juntas de pavimentos del sistema Pavadoq Hex-Mach:

Es la aplicación de Emulsión Asfáltica Modificada con Polímeros sobre las fisuras o grietas del pavimento flexible o pavimentos de concreto hidráulico, también se utiliza para sellos de juntas entre las unidades de bloques de concreto para pavimentación utilizando del sistema Pavadoq Hex-mach, podemos diferenciar dos tipos de empleo de acuerdo al tamaño del sello de junta o fisura grieta, para fisura y sello de junta menor de 3 mm se procederá a la aplicación directa de la Emulsión

Asfáltica modificadas sobre estas previa limpieza de la zona donde se colocará el sello, en cambio para grietas o sellos de juntas mayor a 3 mm se realizará una mezcla con arena gruesa limpia zarandea con la malla Nº 8 , para este caso la proporción de mezcla será:

Para 1 m³ de Arena:

Emulsión Asfáltica modificada con polímero = 58 - 60 gl/m³

Agua = 48 - 50 gl/m³



Foto Sello de grietas con mortero asfáltico

Cabe mencionar que la Empresas Fabricantes en el Peru de emulsión Asfáltica modificada emplean como modificador el polímero S.B.R. En otros países el polímero utilizado como modificador de asfaltos es el SBS, ya que es el que mejor se adapta a las diferentes problemáticas o características de los procesos constructivos de los concretos asfálticos. La Dificultad que tienen en la fabricación de Emulsión Asfálticas modificadas con polímeros S.B.S. es la temperatura de mezcla, mientras que la emulsión asfáltica se fabrica a temperatura que oscila entre 75° C y 92°C la temperatura para entrar en fluencia el polímero S.B.S. oscila entre los 160 – 200°C. Por eso es utilizado generalmente para Asfaltos en calientes en el Perú. El látex de SBR debido a su forma física, tiene una ventaja única en el sistema de emulsión. Puede Ser co-molido con el asfalto, adicionando a la solución jabonosa o inclusive adicionado posteriormente a la emulsión ya terminada.

4.1.3 Riego Antipolvo:

Se realiza en caminos de tierra para fijar el material suelto de su superficie. El objetivo final es obtener una película delgada de asfalto a partir de riegos sucesivos efectuados con emulsión muy diluida.

En caminos de tierra, un automóvil produce 560 toneladas de polvo por Km. al año. Además, en estos caminos la tasa de accidentes es dos veces mayor que en otras calzadas.

Vemos que el polvo se debe a la presencia de material fino no cohesionado en la superficie del camino y a la velocidad de los automóviles. Generalmente es difícil controlar la velocidad de los vehículos y la utilización de lomas de burro puede ser incomodo. Por lo tanto resulta necesario cohesionar el material suelto.



Foto Riego Antipolvo con Emulsión Diluida en caminos rurales

Para ello se presenta la alternativa de regar con emulsión asfáltica diluida. Como a medida que el proceso avanza disminuye la frecuencia de riego, finalmente el proceso resulta más económico que regar todos los días –en verano 2 veces o más- únicamente con agua

Se utiliza generalmente una emulsión de fraguado lento, la emulsión es diluida hasta en proporciones de 1:5 pero en la mayoría de los casos se utiliza una disolución 1:2. Las cantidades aplicadas varían de 0.45 a 0.55 lt/m².

4.2 Imprimación

Se aplica sobre una superficie sin tratar sobre la que se ejecutará algún tratamiento o carpeta.



Foto: Imprimación Con Emulsión Asfáltica

Las funciones de este riego se pueden resumir en dos grupos:

Funciones temporales de construcción.

Operan entre la construcción de la base y la colocación de la carpeta asfáltica. En este periodo se requiere proteger la base de la lluvia y del tráfico. El riego de imprimación endurece la superficie, aglomera las partículas sueltas y por otro impermeabiliza las superficies. Con esto no solo protege a la base de la lluvia y el tránsito sino también reduce la emisión de polvo.

Función Operacional

Una vez aplicado el riego de imprimación esta trabaja proveyendo adherencia entre la base y la siguiente capa asfáltica. Actualmente esta función de los riegos de liga se encuentra bajo estudio en casi todo el mundo, especialmente cuando la capa asfáltica a colocar es mayor a 10 cm.

En el país, al igual que en el resto del mundo, el uso de las emulsiones asfálticas para esta tarea es relativamente nuevo.

En el país, los riegos de imprimación se efectuaron con diluidos de endurecimiento lento. En la actualidad se utiliza emulsión superestable diluida. Pero en otros países se utiliza emulsiones especialmente desarrolladas para este fin.

Además, de las ventajas económicas y ecológicas que otorga el uso de las emulsiones por sobre los diluidos se presentan otras de orden técnico como la posibilidad de trabajar sobre bases húmedas. Esta última situación es imposible para un diluido ya que no tiene afinidad por el agua.

Por otra parte el mecanismo de ruptura físico-química de las emulsiones asfálticas asegura que el residuo se deposite rápidamente. En cambio, el endurecimiento de

los diluidos depende únicamente de la evaporación del solvente y esta puede tardar meses. Si queda solvente atrapado bajo la nueva carpeta asfáltica puede disminuir la adherencia efectiva.

La experiencia muestra que los riegos de imprimación realizados en el país se han efectuado con la misma técnica operativa que la usada con los diluidos. Aunque es de esperar que con el tiempo se incorporen otras técnicas operativas de uso común en otros países.

La cantidad a ser usada depende de la naturaleza de la base granular y de las condiciones del tiempo. La granulometría del agregado, el tamaño de los vacíos, y la absorción del agregado todos los afectan. En general se utiliza de 0.45 a 1.35 litros/m² de emulsión: SS-1, SS-1h, CSS-1h. Si una vez rota la emulsiones encuentra un exceso de está en la superficie se puede regar un poco de polvo de arena para absorber el material sobrante. Generalmente, es recomendable utilizar una cantidad menor a la utilizada para los diluidos.



Foto: Imprimación con Emulsión Asfáltica

4.3 Tratamientos Superficiales

4.3.1 Tratamientos Superficial Simple (Chip Seal)

Un Tratamiento simple es particularmente adecuado para tráfico liviano y medio, y como un procedimiento de mantenimiento preventivo o provisional. Para vías de tráfico mas intensos se deberá considerar una emulsión modificada con polímeros y un agregado de alta calidad. Los tratamientos simples pueden ser aplicados después de un sellado de fisuras, lo cual va a resistir la acción abrasiva del tráfico.

Se pueden utilizar para corregir desprendimientos en la superficie y oxidación de viejos pavimentos., para proveer una superficie impermeable, resistente al

deslizamiento, sobre una estructura de pavimento existente. Se puede emplear como medida provisional a la espera de una aplicación de mezcla asfáltica.

Las principales funciones son:

- 1.- Renovar superficies viejas y oxidadas
- 2.- Impermeabilizar la superficie
- 3.- Revestimiento provisional hasta la pavimentación final
- 4.- Corregir un excesivo desgaste.

El proceso constructivo es el convencional;

Primero se aplica un rociado de emulsión asfáltica seguido de una delgada capa de agregado grueso (ripio) que se rodilla tan pronto como sea posible. El rango del tamaño del agregado debe estar entre $\frac{1}{4}$ " a $\frac{5}{8}$ " siendo el aconsejable el de $\frac{1}{4}$ ", observando cierta tolerancia en las cantidades que puedan estar fuera del rango. El tamaño del agregado está determinado por la cantidad de emulsión asfáltica que pueda ser aplicada por el camión rociador. El rango de aplicación de la emulsión es de 0.50 a 2.3 l/m². y los tipos de emulsión a usar son RS-1(RR-1), RS-2(RR-2), HFRS-2(RR-2AF), CRF-1(CRR-1) Y CRS-2(CRR-2).

El tratamiento simple otorga propiedades de resistencia de abrasión por efecto del tráfico, además de conseguir una impermeabilización del pavimento, lo que indirectamente contribuye al mantenimiento de su capacidad estructural al evitarla contaminación y deterioro de este.

El proceso constructivo de la ejecución de obra de un tratamiento superficial comprende:

- Preparación de la superficie, mejoramiento, bacheo, sellado de grietas
- Riego de liga o imprimación según se aplique sobre pavimento existente o base granular.
- Aplicación del ligante
- Extendido del agregado
- Compactación
- Apertura al tránsito con velocidad reducida
- Barrido del exceso de agregados

Proceso del Tratamiento Superficial de la Av Los Algarrobos- Piura



Foto Antes de Aplicación del Tratamiento



Foto Durante la Aplicación del Tratamiento



Foto Después del Tratamiento Superficial

4.3.2. Tratamiento Superficial doble (bicapa), Tratamiento Superficial triple (tricapa)

Los materiales pétreos deberán cumplir con las normas de calidad ya establecidas en el caso de los tratamientos de una sola capa. Los ligantes pueden ser del mismo tipo del caso anterior.

Las condiciones de la superficie por tratar deberán cumplir con lo establecido para el tratamiento de un solo riego, aunque regularmente estos tratamientos múltiples se

aplican principalmente sobre capas de base a las cuales se les esta proporcionando una capa de desgaste con cierta estructura.



Foto: Segundo Riego para colocacion de la segunda Capa del Tratamiento

La cantidad de asfalto total también se puede obtener sumando las cantidades del ligante para cada una de las capas de material pétreo, calculando bajo la suposición que fueran de un solo riego individual cada una.

Durante la aplicación del ligante, se deberá tener especial cuidado para evitar que se traslape con el riego anterior de un tramo contiguo.

Para la construcción de carpetas de dos o mas riegos, se procederá de acuerdo con las etapas siguientes:

- Se barre la base impregnada
- Sobre la base superficialmente seca, se dará un riego de ligante asfáltico del tipo y cantidad prefijada.
- Se acomoda o rastrilla el material y se compacta.
- Se hace el segundo riego de ligante sobre esta capa de material pétreo, y sobre esta se hace el segundo riego de material pétreo, siempre a las cantidades prevista.
- Se rastrilla y se compacta para acomodar el material pétreo.
- Transcurrido un tiempo no menor de tres días, durante el cual los tramos tratados deberán permanecer cerrados al tránsito, se recolecta y remueve el material pétreo que no haya sido removido.



foto: Tratamiento Superficial Bicapa

4.4 Bacheo, Bases Estabilizadas, Mortero Asfáltico y Micropavimentos.

4.4.1 Bacheo

Las tareas de bacheo son fundamentales para extender la vida útil del pavimento. Es necesario proceder inmediatamente al cierre de un bache para evitar que el daño prosiga con el resto de la carpeta y la base. Se puede efectuar un bacheo provisional o uno profundo y perdurable. Con el primero se busca detener inmediatamente el ingreso del agua para impedir la acción destructiva de esta hasta encarar una solución definitiva (el origen del bache). Con el bacheo profundo se realiza una tarea más completa incorporando el material de bacheo al pavimento.

Las mezclas preparadas con emulsión presentan una serie de ventajas técnicas-económicas sobre otros materiales. De estos se destacan:

- * Se trabaja en frío con lo cual no se producen gastos en combustibles.
- * Se trabaja con material húmedo (situación imposible al trabajar en caliente o con diluidos).
- * La mezcla se pueden realizar en planta o en obra.
- * La mezcla se puede realizar en planta asfáltica (sin calentamiento con mezcladora).

* Se pueden preparar mezclas para usar en el día o semanas después.

Los posibles usos de estas mezclas son bases y capas de rodamiento en camino de bajo tránsito.

Bacheos, rehabilitaciones, reperfilados, etc.

Características del agregado y contenido de asfalto

En la bibliografía existente es posible encontrar trabajos realizados con tamaños máximos de 75 mm (3") y usualmente se recomienda un límite del 2% para el contenido de finos aunque también se menciona hasta un 10% que pasa malla 200 (0.075 mm.) pero utilizando mayor cantidad de asfalto.

El agregado mineral puede ser piedra partida, grava partida o no, escoria, arena, polvo mineral o combinación de estos para lograr algunas de las gradaciones adecuadas para el tipo de obra a realizarse.

En la bibliografía es posible encontrar las distintas gradaciones de agregado recomendadas. Aquí se muestran algunas con fines orientativos.

Tamaño de Malla, mm	Base	Mezclas Semi-Densas	Mezclas Densas	Mezclas Densas
38.1	100			
25.4	95-100			
19	---	90-100		90-10
12.7	25-60	75-95	100	-
9.5	---	60-80	90-100	56-80
4.75	0-10	40-60	55-85	35-65
2.36	0-5	25-45	32-67	23-49
1.18	-	14-30		
0.60	-	8-18		
0.30	-	5-10	7-23	5-19
0.15	-	3-8		
0.075	0-2	2-5	2-10	2-8
asfalto	2.7-4.0	3.8-4.6	4.2-6.0	4.2-6.0

Características de la Emulsión

La emulsión asfáltica a utilizar debe mezclarse con el agregado a utilizar sin romper hasta que se efectúe la compactación. La mezcla final debe presentarse trabajable el tiempo suficiente para su aplicación.

Las emulsiones que mejor se adaptan a este trabajo son las emulsiones catiónicas superestables CSS-1 (CRL-1), CSS-1h (CRL-1h).

Preparación de las mezclas

La mezcla puede prepararse en planta o en el lugar de aplicación. Si el agregado se presenta demasiado seco debería ser previamente humedecido hasta que contenga por lo menos un 1% de humedad, evitando el exceso para no permitir que la emulsión drene de la mezcla.

Las mezclas preparadas con emulsión superestables saldrán del mezclador de una consistencia tal que ni se presente demasiado seca para su posterior utilización ni con exceso de agua lo cual provocara el drenaje de emulsión.

La mezcla se aplica el mismo día en que se fabrica o, según el clima, hasta 3 o 4 días después de su elaboración.

Cuando la mezcla se efectúa con emulsiones para mezclas acopiadas debe salir del mezclador todavía de color marrón oscuro pero recubierta (se puede permitir que unas pocas de las partículas mayores se presenten descubiertas). El agua drenará de la mezcla cuando la emulsión rompa. Si también drena emulsión esta debe ser de color ligeramente marrón.

La mezcla se debe almacenar (periodo de curado) durante unas horas o días previo a su uso. Las mezclas preparadas para largos periodos de almacenamiento deben ser cubiertas.



Foto Bacheo de una Planta Industrial Con Emulsion Asphaltica



Foto: Imprimación Con Emulsión Asfáltica para Parches

4.4.2 Bases Estabilizadas

La estabilización de suelos con emulsiones asfálticas tiene una amplia aplicación en distinta tareas de la construcción vial. Entre las tareas mas usuales se encuentran la obtención de materiales de alta resistencia para bases utilizando la emulsión asfáltica sola o incorporando cemento a la mezcla y el estabilizado de caminos de bajo transito.

El objetivo del estabilizado de caminos es presentar una técnica constructiva de bajo costo y con buenas condiciones de servicio para mejorar la red vial en caminos y calles no pavimentadas y con ello una sustancial mejora en la calidad de vida de los habitantes de la zona tanto en sus aspectos sociales como en los económicos. Parte importante del bajo costo de esta técnica es que se utiliza el suelo del lugar. Es decir no es necesario proveerse de suelos seleccionados (ahorro en transporte). La técnica descrita más abajo es posible efectuarle con Equipos en la mayoría de los municipios del país.

Además, no se necesita personal altamente especializado con lo cual se transforma un una importante fuente de trabajo en la zona de la obra.

Los productos utilizados en la estabilización de suelos son variados tanto asfálticos como no asfálticos. Hay varios factores a favor del uso de las emulsiones asfálticas, frente a otros productos asfálticos:

- Es un producto apto desde el punto de vista ecológico ya que lo único que libera al medio es agua.
- Dado que las emulsiones se trabajan a temperatura ambiente, no requieren calentamiento para su manipulación ni para su empleo en obra disminuyendo así los riesgos de quemaduras en los operarios.
- Además, como el medio dispersante es agua las emulsiones no son inflamables ni emanan vapores de hidrocarburo hacia la atmósfera.

El objetivo del estabilizado es otorgarle al suelo resistencia mecánica y que ésta resistencia permanezca con el tiempo.

El estabilizado del suelo con emulsión asfáltica se puede realizar con o sin el agregado de otros materiales. Por ejemplo, en algunos casos se agrega arena constituyéndose en un estabilizado.

El estabilizado con emulsión asfáltica cumple con los tres requisitos fundamentales para lograr una solución técnica y económicamente viable.

BAJO COSTO INICIAL DE LA ESTRUCTURA

TRANSITABILIDAD BAJO CUALQUIER CONDICION CLIMÁTICA

CONSERVACIÓN SIMPLE Y DE BAJO COSTO

El hecho de aplicar esta técnica en caminos de bajo tránsito implica cambiar la metodología de trabajo pero no disminuir las exigencias de calidad de los materiales ni del proceso constructivo y del mantenimiento posterior.

Diseño de un estabilizado con emulsión asfáltica

En un estabilizado suelo-arena-emulsión cada componente cumple una determinada función. El suelo aporta cohesión a la mezcla, por eso es importante controlar los valores de plasticidad. La arena aporta sus propiedades friccionales carentes en el suelo. De aquí surge que la proporción óptima entre arena y suelo se logra cuando el suelo llena los espacios vacíos dejados por la arena. El asfalto, proveniente de la emulsión asfáltica, es el que hace la mezcla insensible al agua. Mediante ensayos sencillos no solo es posible dosificar correctamente un estabilizado de suelos sino también predecir sus características una vez realizado.

Procedimientos constructivos

El procedimiento constructivo depende principalmente del equipamiento disponible. A continuación se describe un procedimiento constructivo simple, con equipos disponibles en la mayoría de los municipios o comunas.

Mezcla

La mezcla de suelo con arenas naturales, se realiza en el camino. Se escarifica el suelo usando motoniveladoras con escarificadores y rastras de disco de uso agrícola. Este paso es fundamental para tener un material uniforme en el cual se agregará la emulsión. Luego de la incorporación de emulsión es necesario asegurarse el mezclado efectivo antes de que se produzca su rotura. Esto se logra con un contenido de humedad total superior a la de compactación. Este adicional de humedad requerido es menor cuanto mayor sea la energía de mezclado empleada. Por ello es aconsejable la utilización de mezcladores ambulo-operantes.



Foto: conformación de base estabilizada con emulsión Asfáltica



Foto: conformación de base estabilizada con emulsion

Compactación

Preferentemente se debe realizar con rodillos neumáticos a fin de sellar y alisar la superficie. Si no se dispone de estos se puede efectuar la compactación mediante pasadas sucesivas de camiones cargados.



Foto: Compactación de Base Estabilizada

Curado

En los estabilizados con emulsión asfáltica, debe evaporarse parte del agua de la mezcla. Esto da como resultado un aumento de la resistencia mecánica de la capa, debido al incremento de cohesión aportada por la fracción arcillosa del suelo. Si bien el tiempo necesario para lograr la mayor resistencia mecánica puede prolongarse por varios meses, la habilitación al tránsito se realiza una vez finalizado el proceso de compactación.

Construcciones en etapas.

- El procedimiento descrito no sólo mejora el tránsito de las calles y caminos sino que elimina una gran molestia como es la formación de polvo provocada por los vehículos que circulan en zonas no pavimentadas.

Además, si se desea, permite realizar en una segunda etapa una mejora de la superficie del camino. Esta consiste en efectuar, posteriormente al curado del estabilizado, un sellado con arena o una nueva superficie de rodadura. En el caso de la nueva superficie de rodadura las posibilidades son el tratamiento superficial, ya sea simple o múltiple, o la lechada asfáltica.

4.4.3 Lechadas Asfálticas y Micropavimentos

Las lechadas asfálticas y los micropavimentos (microsurfacing) son técnicas modernas de tratamientos superficiales. Ambas se pueden usar para procedimientos preventivos o correctivos de la superficie del pavimento. Para aplicarlas comúnmente se utilizan equipos autopulsados en los cuales se realiza

la mezcla de los componentes y su extendido aunque se pueden utilizar mezcladores comunes y extenderlas manualmente.



Lechadas Asfálticas

Es la combinación de un agregado denso con emulsión asfáltica, agua, filler mineral y aditivos (si son necesarios) la cual es aplicada en una fina capa para recubrir y proteger el pavimento. Es una mezcla rica en asfalto la cual se puede aplicar en ruta nacionales, provinciales, calles urbanas, aeropuertos, áreas de estacionamiento, caminos laterales, etc. Su espesor típico se encuentra entre 3 y 14 mm.

Esta técnica se puede realizar sobre pavimentos nuevos o ya existentes, sobre asfalto o concretos como así también sobre bases estabilizadas (por ejemplo suelo-arena-emulsión).

El principio de esta técnica consiste en obtener, por la combinación de todos los componentes, una mezcla con la consistencia de una lechada la cual es esparcida sobre el pavimento. Tan pronto como se realiza la mezcla un proceso químico comienza para culminar con el rompimiento de la emulsión y la cohesión de la mezcla.

La combinación de un agregado adecuado con emulsión asfáltica permite optimizar esta técnica. Es posible regular tanto el tiempo de mezcla, para adecuarlo al equipo mezclador, como el tiempo de apertura al tráfico según las condiciones climáticas y de tránsito.

La velocidad de este proceso depende de la química del agregado y del filler, la formulación de la emulsión, el tipo y la concentración del aditivo y de la temperatura.

La lechada asfáltica puede ser formulada para obtener una de las dos variedades: o una apertura al tránsito de 2-4 horas o una apertura al tránsito de menos de 1 hora.



Foto Textura del acabado de una Lechada Asfáltica

Un buen sistema de lechada permite obtener los valores adecuados en los ensayos de rueda cargada y abrasión húmeda que le aseguran la calidad de la obra. Además, con esta técnica es posible obtener la rugosidad deseada en el pavimento.



Foto: Proceso de colocado del Mortero Asfáltico manual

Micro pavimentos

Utilizando el mismo equipo pero con emulsiones modificadas con polímero se realiza un micro pavimento (microsurfacing) en el cual se combinan las características de la lechada asfáltica con las bondades del asfalto modificado con polímeros.

Tiene un bajo contenido de asfalto y puede ser aplicado en un mayor espesor o en varias capas permitiendo corregir serias deformaciones, ahuellamientos y pequeños baches de hasta 40 mm. Por esta razón el agregado debe ser más resistente a la compactación.

Puede ser aplicado sobre las mismas superficies que una lechada asfáltica y con los mismos principios, pudiéndose lograr, en las mejores condiciones, una apertura al tránsito de menos de una hora.

Materiales

Agregados: La Asociación Internacional de Lechadas Asfálticas (ISSA) describe 3 graduaciones de agregado como se muestra en la siguiente tabla

Grado	I	II	III
Abertura de Malla	Porcentaje Pasante		
9,5 mm 3/8	100	100	100
4.75 (N°4)	100	90-100	70-90
2.36 (N°8)	90-100	65-90	45-70
1.18 (N°16)	65-90	45-70	28-50
600pm (N°30)	40-65	30-50	19-34
30pm (N°50)	25-42	18-30	12-25
150pm (N°100)	15-30	10-21	7-18
75pm (N°200)	10-20	5-15	5-15
Contenido de asfalto en lechadas, %	10-16	7.5-13.5	6.5-12
Contenido de asfalto en micropavimentos, %		5.5-9.5	5.5-9.5

Filler Mineral: Generalmente se utiliza cal o cemento portland hasta en un 2% sin descartarse el uso de otros productos (por ejemplo fibras). El filler le otorga mayor

trabajabilidad a la mezcla y evita que los finos segreguen hacia la parte inferior de esta. El tipo y la cantidad de filler se determinan mediante ensayos de laboratorio.

Emulsión Asfáltica: Siempre es mas conveniente desarrollar una emulsión considerando el agregado a utilizar y las características de la obra (contenido de finos, clima, tráfico, tipo de mezclador, etc.). Las emulsiones generalmente son de corte lento pero también se pueden usar superestables o emulsiones más rápidas combinadas con un regulador de corte. En el caso de los micropavimentos estas incluyen el polímero modificador del asfalto. La cantidad de asfalto se determina mediante ensayos de laboratorio (Rueda cargada y abrasión húmeda).

Agua: El agua se agrega para darle a la mezcla la consistencia deseada generalmente un mínimo del 10% debiendo chequearse su compatibilidad con el resto de los componentes.



fig. Proceso de colocado del Micropavimento Asfáltico Mecanizado

4.5 RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN FRÍO

4.5.1 Reciclado en Frío

La reutilización de materiales en el campo de la Ingeniería Vial es sin duda, por los grandes volúmenes que intervienen, una forma de preservar los recursos naturales no renovables. El reciclado en frío en particular permite además reducir el gasto energético, disminuir los volúmenes de los basurales y minimizar la contaminación, generando procesos constructivos más amigables con el medio ambiente.

En el diseño de mezclas recicladas en frío se estudia el RAP, los materiales de aporte y se elaboran emulsiones ad hoc para lograr afinidad química, adecuada adherencia, etc.

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas de un pavimento existente, habitualmente el pavimento asfáltico es procesado hasta una profundidad de 50 a 100 mm (2-4"). El pavimento es pulverizado y el material recuperado se le incorpora emulsión asfáltica, también se puede eventualmente adicionar nuevos materiales pétreos, agua, mejoradores de adherencia, controladores de rotura, puzolanas y otros elementos de aporte; luego de la mezcla, se extiende y compacta construyendo así una base.

Todo el proceso de disgregación y estabilización se efectuara en el sitio y sobre carreteras que tengan un pavimento asfáltico fatigado con un perfil transversal y longitud muy deficiente, y que tengan una base con limitaciones estructurales.

Materiales

Agregados pétreos

Los agregados pétreos serán los resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor planteado y ajustado por el diseño cuando corresponda, los cuales deberán cumplir con la siguiente granulometría:

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
Normal	Alterno	
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	3/4"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No.4	30-60
2.00 mm	No 10	20-45
425 µm	No 40	10-30
75 µm	No.200	5-20

Emulsión Asfáltica

Para los reciclados en frío con emulsión asfáltica, ésta será de rompimiento lento, tipo CRL-1 cuyo residuo de destilación tenga una penetración 100-250, compatible con los agregados pétreos, la cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos. Si se requiere una emulsión de diferentes características, de efecto regenerante por ejemplo, ella deberá ser objeto de una especificación particular.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características para material de adición señaladas.

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el ligante tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad o con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica. Los más utilizados son el cemento Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes.

Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos estará libre de material orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y su contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, no deberá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). El contenido de sulfatos se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

Equipo

Fresadora

El equipo básico para la ejecución de los trabajos de reciclado es la fresadora, la cual permite la remoción del pavimento y eventualmente el cepillado, por lo que según el

tipo de trabajo a realizar deberá escoger el tipo de fresadora adecuada. Los principales trabajos realizados con este equipo son el recuperación de pavimentos y el de estabilizado de suelos.



Foto: Vista del tambor del Fresado

El equipo para los trabajos deberá contar con elementos para la explotación, cargues, transportes, trituración y clasificación de los eventuales agregados pétreos de adición para la corrección granulométrica; para la extracción de agua; para el almacenamiento, transporte y distribución del agua y del ligante asfáltico; para la disgregación del pavimento existente y la mezcla adecuada de todos los ingredientes; así como para la compactación y conformación de la capa reciclada.

La máquina recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado.

Ejecución de los trabajos

Explotación de materiales y elaboración de agregados

En caso de requerirse la adición de material pétreo, para su explotación y elaboración rige lo especificado en la granulometría antes mencionado.

Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Para el diseño de mezclas en frío con emulsiones asfálticas sean de granulometría cerrada o abierta no hay método universalmente aceptado, los métodos para mezclas cerradas son modificaciones del método de ensayo de Hveem (ASTM D 1560 y 1561 o AASHTO T 246 y T 247) o del método de ensayo Marshall (ASTM D 1559 o ASHTO T 245). Estos procedimientos debieran ser considerados provisionales habida cuenta de que nuevos procedimientos y equipos tales como los correspondientes al Strategic Highway Research Program (SHRP) serán aplicados en el futuro a los procedimientos de diseño de emulsiones asfálticas y agregados.

De acuerdo con el espesor de pavimento que deba involucrarse en los trabajos, según lo establezcan el diseño, se estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados y determinará el tipo y porcentaje de emulsión asfáltica y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base estabilizada con emulsión asfáltica elaborada con agregados pétreos y ligante asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de ligante, se establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

También se definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo de manera adecuada los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclado no afecte de manera adversa las estructuras, ni éstas produzcan daño a la máquina recicladora.

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, de manera de permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras deberán asegurarse adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclado.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclado ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Constructor deberá efectuar los bacheos en las zonas que sea necesario, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones deberán rellenarse con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material. Inmediatamente antes de proceder a la pulverización del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregado virgen

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del trabajo, el Constructor pulverizará la capa bituminosa existente, el material disgregado deberá cumplir con la gradación establecida, si no se cumple este requisito, se añadirá y mezclará la proporción requerida de agregado virgen.

Inmediatamente antes de las operaciones de fresado, la superficie de pavimento deberá encontrarse limpia si no lo estuviese deberá realizar las operaciones de barrido y/o soplado que se requieran para lograr tal condición.



Foto Maquina Fresadora en el proceso Constructivo del reciclado en frío

El fresado se efectuará sobre el área y espesor, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.

El material extraído como resultado del fresado, deberá ser transportado y acopiado en los lugares de almacenaje de la planta.

Durante el manipuleo del material fresado, deberá evitarse su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de sardineles y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento deberá removerse empleando otros métodos que den lugar a una superficie apropiada.

El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor que se requiera, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

En la eventualidad de que al término de una jornada de trabajo no se complete el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere cinco centímetros (5 cm), deberán ser suavizados de manera que no impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca a la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda.



Foto: Carpeta Asfáltica Fresada

La operación de disgregación deberá ser completada antes de proceder a la adición y mezcla de nuevos materiales.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y eliminado.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, deberá ser previamente compactada y conformada.

Incorporación de aditivos, agua y Emulsión Asfáltica y elaboración de la mezcla

La aplicación de los aditivos puzolánicos deberá comenzar inmediatamente después de la pulverización del pavimento y su eventual mezcla con el agregado virgen y antes de incorporar el agua y el ligante asfáltico. Todos los ingredientes deberán ser aplicados uniformemente sobre la superficie por tratar, a las tasas definidas al estudiar la fórmula de trabajo. Añadidos los ingredientes en el orden citado, se efectuará su mezcla íntima con el mismo equipo utilizado para la pulverización u otra máquina adecuada para este fin.

De acuerdo con las características del equipo de reciclado y del material del pavimento existente sometido al tratamiento, las operaciones de disgregación, adiciones y mezclas pueden ser ejecutadas con una sola pasada de la máquina recicladora.

Las operaciones de mezcla se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.



Foto: Colocación del Asfalto en frío

No se permitirán trabajos de reciclado en frío cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (4°C) o en instantes en que haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. Toda mezcla afectada por las aguas lluvias será corregida por el Constructor.

Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación en el instante y con el equipo y procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, hasta lograr los niveles de compactación exigidos.

Si se considera necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

Apertura al tránsito

Terminada la compactación, la capa podrá abrirse al tránsito, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las primeras cuarenta y ocho (48) horas.

Curado de la capa compactada

Las capas recicladas en frío requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material reciclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1%). Dicho período deberá ser, como mínimo, de diez (10) días en el caso de reciclados con emulsión asfáltica, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, los riegos de protección, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor no excederán de tres décimas de litro por metro cuadrado (0.3 l/m²).

4.5.2 Recuperación Full Depth

Cuando un Pavimento asfálticos tiene una insuficiente resistencia estructural, la recuperación full-depth con emulsión asfáltica puede ser la solución. El espesor de una recuperación full-depth depende del espesor del pavimento existente, de las condiciones del suelo de la subrasante y del tráfico futuro, típicamente, el espesor varía entre 150 y 250 mm. La mezcla asfáltica y la base granular existente y a veces el suelo de la subrasante son procesadora en el lugar, y tratados con una emulsión asfálticas para producir un nuevo pavimento con mayor capacidad portante. El proceso utiliza el 100% de los materiales recuperado y luego recicla completamente el pavimento.

La pulverización del pavimento asfáltico y la mezcla de la emulsión asfáltica normalmente se llevan a cabo con maquinas de recuperación móviles. Durante la pulverización se puede agregar nuevo agregado o RAP. La emulsión Asfáltica puede ser agregada por medio de un distribuidor de asfalto pero requerirá múltiples aplicaciones de emulsiones y mezclados. Típicamente, la emulsión se agrega por medio de un sistema dotado de un medidor en la maquina de recuperación resultando en un mejor control del contenido de asfáltico y en una mayor productividad.

Los procedimientos de compactación para materiales recuperados full depth son muy similares a aquellos correspondientes a mezclas convencionales con emulsión, al utilizarse compactadores neumáticos y de ruedas de acero. En general la profundidad de compactación debería estar limitada a 100mm por capa. Sin

embargo experiencias en E.E.U.U. se han podido colocar capas de 125 a 150 mm de espesor.

Cuando el procedimiento de compactación resulta en fisuración o severo desplazamiento de las mezclas, la compactación debería ser interrumpida hasta que el problema sea identificado y resuelto. En algunos casos el problema puede ser una sub rasante húmeda débil. Esta condición debe ser corregida mediante secado o estabilización con cemento o cal antes de aplicar la recuperación full depth.

Un paso importante en el proceso de recuperación full depth es el perfilado final de la superficie esta tarea típicamente se lleva a cabo con motoniveladora. El perfilado final es particularmente importante si la superficie final ha de ser un tratamiento de superficie con una emulsión asfáltica.

AL igual que otros tipos de pavimentos con emulsión asfáltica, la recuperación full depth requiere impermeabilización y una capa de rodamiento. Si bien generalmente se usan mezclas asfálticas en caliente, para tráficos de bajo volumen pueden ser suficientes tratamientos superficiales simple o dobles, lechadas asfálticas u otros tratamientos asfálticos de superficie. Igualmente mezclas con emulsión en frío de alta calidad tales como mezclas con emulsión asfálticas abiertas, se utilizan como carpeta de rodamiento.

Metodología de Trabajo

La metodología consiste en la recuperación total de la carpeta asfáltica y parte de la base los cuales son mezclados con emulsión asfáltica para construir una base estabilizada. Con este método constructivo los problemas de la base pueden ser corregidos.

El proceso constructivo se aprecia seis etapas marcadas, los cuales secuencialmente son: la pulverización de los materiales recuperados con el fresado o cepillado, luego sigue la etapa de la incorporación de la emulsión asfáltica y/o aditivos los cuales son mezclados para vías de poco longitud con la motoniveladora donde se es primero regado el material para después adicionar la emulsión asfáltica y se procede al mezclado de la misma. Una vez uniformizado el material se procede al extendido con la motoniveladora, para después extendido el material

proceder con la compactación de la base estabilizada una vez colocada la base se perfila la misma quedando lista para la colocación de una nueva superficie asfáltica en este caso se aplico un mortero asfáltico tipo II de 7mm y un mortero asfáltico tipo I de 3mm. Por las condiciones de la supervisión en el tipo de acabado empleado.



Foto: Estabilización y mezcla con emulsión Asfálticas

Ventajas del proceso de la recuperación del asfalto

- Se consolidan las bases débiles, inestables del camino
- Se eliminan el agrietamiento y el ahuellamiento
- Costos más bajos para la reconstrucción compararon a muchos otros procesos
- Alta calidad, materias primas del camino durable, mezcladas y formadas uniformemente
- Proceso de construcción rápido los carreteras se pueden reconstruir más rápidamente que la reconstrucción convencional, de tal modo reducción de inconveniencia al público que viaja en automóviles.
- No se pierde ningún asfalto - 100% se reutiliza eficientemente
- Se preservan los recursos naturales

- Una reconstrucción más rápida de las vías a rehabilitar
- La reconstrucción que habría podido llevar semanas la puede ser reconstruido en apenas algunos días o menos.
- Menos personas que circulan por las vías se retrasan o perjudican.
- En la mayoría de los casos, los trabajos de reciclado se encuentra abierto al tráfico no afectando a los residentes del lugar.
- Los negocios siguen abiertos y no se paraliza ningún tipo de comercio
- El costo de un reciclado en frío in situ con emulsión asfáltica es mas económico que los métodos tradicionales de la reconstrucción de pavimentos
- El reciclaje se construye bases más gruesas del asfalto, proporcionando los caminos con una base más fuerte y la renovación de su esperanza de vida a el de su construcción original.

5.0 ANALISIS COMPARATIVO TEORICO EN EL EMPLEO DE LA DE EMULSIONES ASFALTICA Y EMULSIONES MODIFICADAS CON POLIMEROS.

5.1 Empleo de las Emulsiones Asfálticas modificadas con Polímeros

La modificación de asfalto es una nueva técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías. Esta técnica consiste en la adición de polímeros a los Asfaltos y las Emulsiones Asfálticas con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito (peso vehicular).

Los objetivos que se persiguen con la modificación de las Emulsiones Asfálticas con polímeros, es contar con ligantes más viscosos a temperaturas elevadas para reducir las deformaciones permanentes (ahuellamiento), de las mezclas que componen las capas de rodamiento, aumentando la rigidez. Por otro lado disminuir el fisuramiento por efecto térmico a bajas temperaturas y por fatiga, aumentando su elasticidad. Finalmente contar con un ligante de mejores características adhesiva.

Internacionalmente, el polímero más utilizado en la industria vial como modificador de asfaltos es el SBS, ya que es el que mejor se adapta a las diferentes problemáticas o características de los procesos constructivos de los concretos asfálticos.

Por otra parte, es ampliamente conocida la aplicación del SBR en forma de látex para la modificación de emulsiones asfálticas.

En principio sabemos que las estructuras moleculares de ambos cauchos difieren notoriamente, traduciéndose esto en un modificador que si bien conferirá propiedades elásticas al asfalto, tendrá un comportamiento diferente respecto a los betunes polímeros modificados con SBS.

Propiedades y especificaciones de los asfaltos modificados con polímeros.**Propiedades**

Polimeros utilizados con asfaltos	
Tipo de modificador	Ejemplo
Elastómeros	Natural
	SBS
	SBR
	EPDM
	PBD
Plastómeros	EVA
	EMA
	PE
	PP
	Poliestireno

Los polímeros son sustancias de alto peso molecular formada por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas llamadas monómeros (compuestos químicos con moléculas simples). Se forman así moléculas gigantes que toman formas diversas: cadenas en forma de escalera, cadenas unidas o termofijas que no pueden ablandarse al ser calentadas, cadenas largas y sueltas, etc. Algunos modificadores poliméricos que han dado buenos resultados.

Homopolímeros: que tienen una sola unidad estructural (monómero).

Copolímeros: tienen varias unidades estructurales distintas. (Ejemplos: EVA, SBS)

Plastómeros: al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al cesar la sollicitación. Tienen deformaciones pseudoplásticas con poca elasticidad.

Dentro de estos tenemos:

- EVA: etileno-acetato de vinilo.
- EMA: Etileno-acrilato de metilo
- PE: (polietileno) tiene buena resistencia a la tracción y buena resistencia térmica, como también buen comportamiento a bajas temperaturas.
- PP: (Polipropileno).

- Poliestireno: no son casi usados.

Elastómeros: al estirarlos, a diferencia de los anteriores, estos vuelven a su posición original, es decir, son elásticos.

Dentro de estos tenemos:

- Natural: caucho natural, celulosa, glucosa, sacarosa, ceras y arcillas son ejemplos de polímeros orgánicos e inorgánicos naturales
- SBS:(estireno-butadieno-estireno) o caucho termoplástico. Este es el más utilizado de los polímeros para la modificación de los asfaltos, ya que este es el que mejor comportamiento tiene durante la vida útil de la mezcla asfáltica.
- SBR: Cauchos sintéticos del 25% de Estireno y 75% de butadieno; para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico
- EPDM: (polipropileno atáctico) es muy flexible y resistente al calor y a los agentes químicos.

Termoendurecibles: estos tienen muchos enlaces transversales que impiden que puedan volver a ablandarse al calentarse nuevamente. Son ejemplos de estos las resinas epóxicas; estas se usan en grandes porcentajes, mayores al 20%, son muy costosas y se utilizan para casos especiales (ejemplo: playa de camiones)

Los asfaltos modificados con polímeros están constituidos por dos fases, una formada por pequeñas partículas de polímero hinchado y la otra por asfalto. En las composiciones de baja concentración de polímeros existe una matriz continua de asfalto en la que se encuentra disperso el polímero; pero si se aumenta la proporción de polímero en el asfalto se produce una inversión de fases, estando la fase continua constituida por el polímero hinchado y la fase discontinua corresponde al asfalto que se encuentra disperso en ella.

Esta micromorfología bifásica y las interacciones existentes entre las moléculas del polímero y los componentes del asfalto parecen ser la causa del cambio de propiedades que experimentan los asfaltos modificados con polímeros.

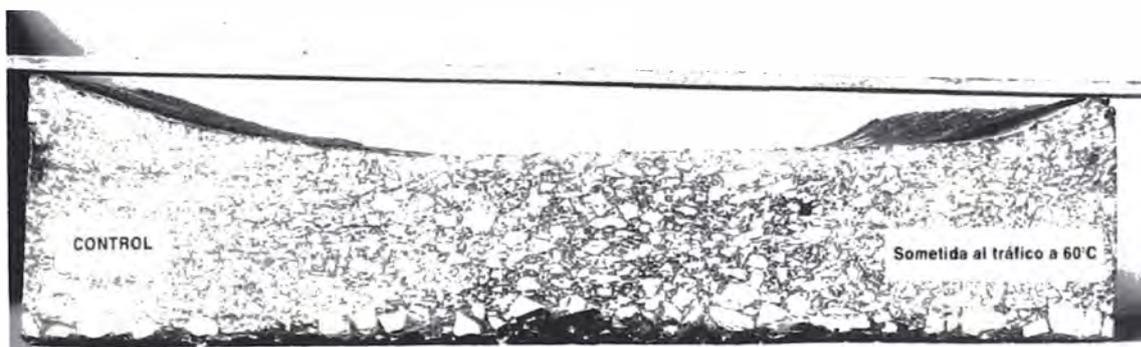
El efecto principal de añadir polímeros a los asfaltos es el cambio en la relación viscosidad-temperatura (sobre todo en el rango de temperaturas de servicio de las mezclas asfálticas) permitiendo mejorar de esta manera el comportamiento del asfalto tanto a bajas como a altas temperaturas.

Se emplean emulsiones asfálticas modificadas con polímero para pavimentos en frío para aplicaciones tales como tratamientos superficiales, micropavimentos y mortero asfáltico. Varios polímeros, tales como el SBS el EVA y el SBR pueden ser usado en la fabricación de emulsiones asfálticas modificadas con polímeros. Sin Embargo el látex de SBR debido a su forma física, tiene una ventaja única en el sistema de emulsión. Puede Ser co-molido con el asfalto, adicionando a la solución jabonosa o inclusive adicionado posteriormente a la emulsión ya terminada. En otras aplicaciones.

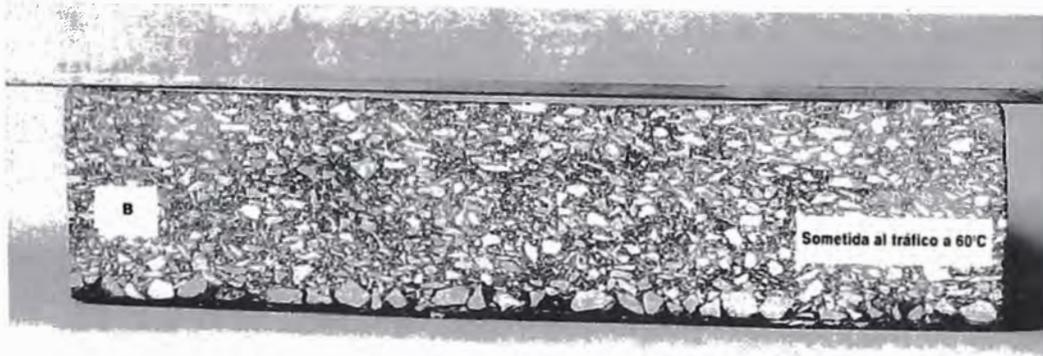
El objetivo de la adición de polímeros puede ser generar una mezcla flexible con el fin de reducir la posibilidad de rotura por fatiga. En estos casos, se necesitarán asfaltos modificados con polímeros, preferentemente de naturaleza elástica, para que la mezcla sea capaz de absorber las tensiones sin que se produzca la rotura.

5.2 Análisis comparativos teórico Emulsiones Asfálticas y Emulsiones Modificadas con Polímeros.

Para la aplicaciones en las cuales se deban soportar tráfico intenso la mezcla bituminosa debe ser resistente al ahuellamiento. Al mismo tiempo, el material debe poder ser mezclado, extendido y compactado a temperaturas normales y no se debe volver frágil cuando la temperatura del pavimento descienda.



Muestra de mezcla asfáltica convencional.



Muestra de mezcla asfáltica modificada con polímeros.

Como puede observarse existe una gran diferencia entre los resultados obtenidos sobre una muestra convencional y otra modificada con polímeros, la mezcla modificada puede hacer frente al ahuellamiento con una marcada diferencia sobre la otra muestra.

A manera de conclusión se pueden enumerar una serie de ventajas y desventajas de las Emulsiones modificados con polímeros.

Ventajas

1. Disminuye la susceptibilidad térmica
 - Se obtienen mezclas más rígidas a altas temperaturas de servicio reduciendo el ahuellamiento.
 - Se obtienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.
1. Disminuye la exudación de la emulsión asfáltica: por la mayor viscosidad de la mezcla, su menor tendencia a fluir y su mayor elasticidad.
2. Mayor elasticidad: debido a los polímeros de cadenas largas.
3. Mayor adherencia: debido a los polímeros de cadenas cortas.
4. Mayor cohesión: el polímero refuerza la cohesión de la mezcla.
5. Mejora la trabajabilidad y la compactación: por la acción lubricante del polímero o de los aditivos incorporados para el mezclado.

6. **Mejor impermeabilización:** en los sellados, pues absorbe mejor los esfuerzos tangenciales, evitando la propagación de las fisuras.
7. **Mayor resistencia al envejecimiento:** mantiene las propiedades del ligante, pues los sitios más activos del asfalto son ocupados por el polímero.
8. **Mayor durabilidad:** los ensayos de envejecimiento acelerado en laboratorio, demuestran su excelente resistencia al cambio de sus propiedades características.
9. **Mejora la vida útil de las mezclas:** menos trabajos de conservación.
10. **Mayor resistencia al derrame de combustibles.**
11. **Reduce el costo de mantenimiento.**
12. **Disminuye el nivel de ruidos:** sobre todo en mezclas abiertas.
13. **Mayor resistencia a la flexión en la cara inferior de las capas de mezclas asfálticas.**
14. **Permite un mejor sellado de las fisuras.**
15. **Buenas condiciones de almacenamiento a temperaturas moderadas.**
16. **No requieren equipos especiales.**

Desventajas

1. **Alto costo del polímero.**
2. **Dificultades del mezclado:** no todos los polímeros son compatibles con el asfalto base (existen aditivos correctores).
3. **Deben extremarse los cuidados en el momento de la elaboración de la mezcla.**
4. **Evidente que la mayor desventaja de estos es el alto costo inicial del asfalto modificado, sin embargo, si hacemos un análisis del costo a largo plazo (es decir, la vida útil de la vía); podemos concluir que el elevado costo inicial queda sobradamente compensado por la reducción del mantenimiento futuro y el alargamiento de la vida de servicio del pavimento.**

6.0 UTILIZACION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS EN DIFERENTES OBRAS INGENIERILES EN EL PERU

6.1 Empleo de las Emulsiones Asfálticas en diferente obras Ingenieriles.

6.1.1 Aeropuerto de Piura

Antecedentes

La Empresa Troncos Construcciones SA. Se encargo de los trabajos de mantenimiento y refacción del Aeropuerto de Piura el pavimento se encontraba con fisuras y grietas en la carpeta de rodadura una área aproximada de 5%.

Fecha: febrero del 2,005

Alternativa Empleada *:

Para este caso se determino para dar solución con sellado de fisuras y grietas a la carpeta de Rodadura y para luego colocar un mortero asfáltico tipo II.

Ubicación: Aeropuerto De Piura

Características del material: . Arena de Cantera Cerro Mocho Zarandeado.



Foto Pista de Aterrizaje se utilizo Mortero Asfaltico tipo II

* El Diseño se encuentra como anexo

6.1.2 Aeropuerto de Tacna

Antecedentes

La Empresa Corpac S.A.C. Se encargo de los trabajos del Sello de grietas y colocación del mortero Asfaltico del Aeropuerto de Tacna que se encontraba con fisuras y grietas en la carpeta de rodadura.

Fecha : Junio del 2,004

Alternativa Empleada *

Para este caso se determino para dar solución y mantenimiento a la carpeta de Rodadura primero con el sellado de grietas para luego emplear del mortero asfáltico tipo II. Para la coloración del sello en las grietas se utilizo arena zarandeada de cantera tamizado por la malla N° 8. previa limpieza de las grietas se procedio a colocar liga a las grietas y rellenar con mortero asfaltico. Una vez concluido se coloco el mortero Asfaltico de 1.2 mm de espesor del tipo II.

Ubicación: Aeropuerto De Tacna

Características del material: Arena de Cantera Zarandeado.



Foto Sello con emulsión previo al mortero aplicado (Slurry Seal tipo II)

* El Diseño se encuentra como anexo

6.1.3 Carretera Ilo-Moquegua

La Empresa TyT Contratista Generales S.A.C. Se encargo de los trabajos de mantenimiento del tramo Ilo-Moquegua

El estado de la carpeta se encontraba con fisuras superficiales y en proceso de oxidación. Se realizo previamente el sellado y posterior colocación del mortero Asfáltico del tramo Ilo Moquegua como parte del mantenimiento de vías del tramo antes señalado.

Fecha : Setiembre del 2,004

Alternativa Empleada *:

Para este caso se determino realizar el sellado de fisuras con emulsión modificada para dar solución al problema y mantenimiento a la carpeta de Rodadura el empleo del mortero asfáltico tipo II.

Ubicación: Tramo Ilo Moquegua

Características del material:. Arena de Cantera Zarandeado.



Foto colocación de Mortero Asfáltico mecanizado (Slurry Seal tipo II)

* El Diseño se encuentra como anexo

6.1.4 Empleos de la Emulsión Asfálticas en Diferentes Obras

Mantenimiento Preventivo de 800 mt de vía lado derecho de la Autopista Ramiro Priale:

La Empresa Emape se encargo de los trabajos de mantenimiento de las vías que administra, es así que encargo al empresa Emulsiones Especiales SAC. el mantenimiento de un tramo de la carretera Ramiro Priale alt. Km 4 que se encontraba con fisuras superficiales en la carpeta de rodadura.

Fecha : Mayo del 2,005

Alternativa Empleada *:

Para este caso se determino para dar solución y mantenimiento la colocación de un tratamiento Superficial (Monocapa).

Ubicación: Autopista Ramiro Priale Alt. Km. 4

Características del material:. Agregado de Cantera Zarandeado quebrada Blanca Santa Clara.



Foto: Colocación del ligante

* El Diseño se encuentra como anexo



Foto: Colocación del Agregado



Foto: Acomodo del agregado manual



Foto: Compactación del tratamiento superficial

Reciclado de Pavimento en frío tramo de prueba en Av. Nicolas de Pierola Huachipa La Municipalidad de Ate Vitarte encargo de los trabajos de reciclaje en frío como prueba para realización de futuros trabajos similares, es así que encargo al empresa Emulsiones Especiales SAC. el reciclaje en frío de un tramo de la Av. Nicolás de Pierola alt. Huachipa que se encontraba con fisuras superficiales en la carpeta de rodadura.

Fecha : Julio del 2,005

Alternativa Empleada *:

Para este caso se determino el fresado de 2" y colocación de Asfalto en frío de 2" y una carpeta de mortero asfáltico tipo II.

Ubicación: Av. Nicolas de Pierola Alt. Huachipa

Características del material:. Extraído del fresado del mismo lugar (RAP).

* El Diseño se encuentra como anexo



Foto : Remoción del Pavimento

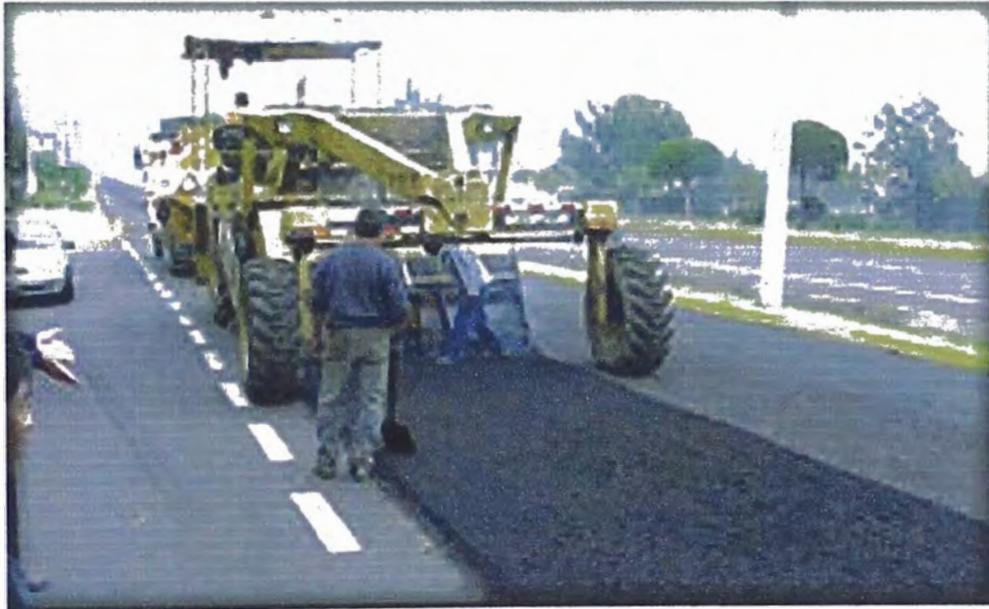


Foto: Estabilización y mezcla con emulsión Asfálticas



Foto: Compactación inicial



Foto: perfilado y compactación final



Foto: Superficie Curada

7.0 Análisis de costos unitarios de las diferentes partidas del empleo de las Emulsiones Asfálticas.

7.1 Análisis de Costos Unitarios de las diferentes partidas del empleo de las Emulsiones Asfálticas.

Se presentan Análisis De Costos Unitarios de Partidas que involucran la utilización de Emulsiones Asfálticas.

Partida REVESTIMIENTO DE 2" UTILIZANDO MEZCLA DE CEMENTO ASFALTICO (EN CALIENTE)							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m3			222.37
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
PEON FAJAS			hh	3.0000	0.1600	8.97	1.44
PEON TOLVA			hh	2.0000	0.1067	8.97	0.96
PEON DESPACHO			hh	2.0000	0.1067	8.97	0.96
							3.36
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"			m3		0.4800	39.50	18.96
ARENA GRUESA			m3		0.7200	18.00	12.96
CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 Y 85/100			gal		27.0000	6.50	175.50
							207.42
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5.0000	3.36	0.17
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 yd3			hm	1.0000	0.0533	109.14	5.82
PLANTA ASFALTO EN CALIENTE 60-115 ton/h			hm	1.0000	0.0533	105.00	5.60
							11.59

Partida COLOCACION DE CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,400.0000	EQ. 2,400.0000	Costo unitario directo por : m2			1.54
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	1.0000	0.0033	12.50	0.04
OPERARIO			hh	2.0000	0.0067	11.09	0.07
PEON			hh	4.0000	0.0133	8.97	0.12
							0.23
Equipos							
TRANSPORTE DE ASFALTO			m3		0.0625	12.00	0.75
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 ton			hm	1.0000	0.0033	56.50	0.19
RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10 ton			hm	1.0000	0.0033	37.29	0.12
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'			hm	1.0000	0.0033	75.13	0.25
							1.31

Partida SELLADO CON ASFALTO LIQUIDO RC-250							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 3,500.0000	EQ. 3,500.0000	Costo unitario directo por : m2			2.89
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	1.0000	0.0023	12.50	0.03
OPERARIO			hh	2.0000	0.0046	11.09	0.05
PEON			hh	10.0000	0.0229	8.97	0.21
							0.29
Materiales							
ARENA GRUESA			m3		0.0155	18.00	0.28
ASFALTO RC-250			gal		0.4000	4.50	1.80
							2.08

Equipos

RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 ton	hm	1.0000	0.0023	56.50	0.13
RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10 ton	hm	1.0000	0.0023	37.29	0.09
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	1.0000	0.0023	24.50	0.06
CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0023	104.85	0.24
					0.52

Partida **SELLADO CON EMULSION ASFALTICA**

C Rendimiento m2/DIA MO. 3,500.0000 EQ. 3,500.0000 Costo unitario directo por : m2 **2.37**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0023	12.50	0.03
OPERARIO	hh	2.0000	0.0046	11.09	0.05
PEON	hh	10.0000	0.0229	8.97	0.21
					0.29
Materiales					
ARENA GRUESA	m3		0.0155	18.00	0.28
EMULSION ASFALTICO CSS-1 (CRL-1)	gal		0.2500	5.13	1.28
					1.56
Equipos					
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 ton	hm	1.0000	0.0023	56.50	0.13
RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10 ton	hm	1.0000	0.0023	37.29	0.09
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	1.0000	0.0023	24.50	0.06
CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0023	104.85	0.24
					0.52

Partida **IMPRIMACION ASFALTICA CON RC-250 +20% KEROSENE**

Rendimiento m2/DIA MO. 3,000.0000 EQ. 3,000.0000 Costo unitario directo por : m2 **2.60**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0027	12.50	0.03
OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	9.95	0.03
PEON	hh	6.0000	0.0160	8.97	0.14
					0.20
Materiales					
ASFALTO RC-250	gal		0.3200	4.50	1.44
KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0800	7.50	0.60
					2.04
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.20	0.01
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	1.0000	0.0027	24.50	0.07
CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0027	104.85	0.28
					0.36

Partida **IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA CSS-1 (CRL-1)**

Rendimiento m2/DIA MO. 3,000.0000 EQ. 3,000.0000 Costo unitario directo por : m2 **1.93**

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0027	12.50	0.03
OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	9.95	0.03
PEON	hh	6.0000	0.0160	8.97	0.14
					0.20
Materiales					
EMULSION ASFALTICO CSS-1 (CRL-1)	gal		0.2667	5.13	1.37
					1.37
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.20	0.01
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	1.0000	0.0027	24.50	0.07
CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0027	104.85	0.28
					0.36

Partida		RIEGO DE LIGA UTILIZANDO ASFALTO LIQUIDO RC-250				
Rendimiento m2/DIA	MO. 3,000.0000	EQ. 3,000.0000	Costo unitario directo por : m2		1.39	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0027	12.50	0.03	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	9.95	0.03	
PEON	hh	6.0000	0.0160	8.97	0.14	
					0.20	
Materiales						
ASFALTO RC-250	gal		0.2000	4.50	0.90	
					0.90	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.20	0.01	
CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0027	104.85	0.28	
					0.29	

Partida		RIEGO DE LIGA UTILIZANDO EMULSION ASFALTICA CSS-1(CRL-1)				
Rendimiento m2/DIA	MO. 3,000.0000	EQ. 3,000.0000	Costo unitario directo por : m2		0.90	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0027	12.50	0.03	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	9.95	0.03	
PEON	hh	6.0000	0.0160	8.97	0.14	
					0.20	
Materiales						
SOLUCION DE EMULSION ASFALTICA CSS-1 (CRL-1) MEZCLADA CON AGUA EN PARTES IGUALES	gal		0.1333	3.05	0.41	
					0.41	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.20	0.01	
CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0027	104.85	0.28	
					0.29	

Partida		PREPARACION MEZCLA DE 2" CON EMULSION ASFALTICA CSS-1(CRL-1) PREPARADA EN PLANTA (EN FRIO) 2400 m2/día				
Rendimiento m3/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m3		213.64	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
PEON FAJAS	hh	3.0000	0.1600	8.97	1.44	
PEON TOLVA	hh	2.0000	0.1067	8.97	0.96	
PEON DESPACHO	hh	2.0000	0.1067	8.97	0.96	
					3.36	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.4800	39.50	18.96	
ARENA GRUESA	m3		0.7200	18.00	12.96	
EMULSION ASFALTICO CSS-1 (CRL-1)	gal		33.0000	5.13	169.29	
					201.21	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.36	0.17	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP 2.5 yd3	hm	1.0000	0.0533	109.14	5.82	
PLANTA ASFALTO EN FRIO MOTOR EQUIPO 50 HP 60-115 T	hm	1.0000	0.0533	57.70	3.08	
					9.07	

Partida PREPARACION MEZCLA DE 2° CON EMULSION ASFALTICA CSS-1(CRL-1) PREPARADA IN SITU						
Rendimiento m3/DIA	MO.	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : m3	206.24
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	1.0000	0.0533	12.50	0.67	
OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	11.09	0.59	
OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	9.95	0.53	
PEON	hh	5.0000	0.2667	8.97	2.39	
					4.18	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.4800	39.50	18.96	
ARENA GRUESA	m3		0.7200	18.00	12.96	
EMULSION ASFALTICO CSS-1 (CRL-1)	gal		33.0000	5.13	169.29	
					201.21	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.18	0.21	
MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 p3	hm	1.0000	0.0533	12.00	0.64	
					0.85	

De estos Análisis de Precios Unitarios podemos apreciar las diferencias de costos En la utilización de las Emulsiones Asfálticas Vs. Lo materiales convencionales, es así que tenemos:

Sellado con Asfalto Liquido RC-250	\$/.	2.89/m2
Sellado con Emulsión Asfáltica	\$/.	2.37/m2
Ahorro	\$/.	0.52/m2
Imprimación Asfáltica con RC-250+ 25% Kerosene	\$/.	2.60/m2
Imprimación con Emulsión Asfáltica CSS-1 (CRL-1)	\$/.	1.93/m2
Ahorro	\$/.	0.67/m2
Riego de Liga utilizando Asfalto Liquido RC-250	\$/.	1.39/m2
Riego de Liga utilizando Emulsión Asfáltica CSS-1 (CRL-1)	\$/.	0.90/m2
Ahorro	\$/.	0.49/m2

Mezcla Asfáltica de Cemento Asfáltico	S/. 222.37/m3
En Caliente (1m3=16m2)	S/. 13.90/m2
Colocación de Carpeta Asfáltica	S/ 1.54/m2
Total	S/ 15.44/m2

Preparación mezcla de 2" con Emulsión Asfáltica CSS-1 (CRL-1) Preparada En Planta (1m3=16m2)	S/. 213.64/m3
Colocación de Carpeta Asfáltica	S/ 1.54/m2
Total	S/ 14.89/m2

Preparación mezcla de 2" con Emulsión Asfáltica CSS-1 (CRL-1) Preparada In Situ (1m3=16m2)	S/. 206.24/m3
Colocación de Carpeta Asfáltica	S/ 1.54/m2
Total	S/ 14.43/m2

Ahorro con respecto Mezcla Asfáltica En Caliente Vs Mezcla con Emulsión Asfáltica Prepara en Planta **S/. 0.55/m2**

Ahorro con respecto Mezcla Asfáltica En Caliente Vs Mezcla con Emulsión Asfáltica Prepara In Situ **S/. 1.01/m2**

Podemos decir que existe un ahorro en el empleo con Emulsión Asfáltica, esto se debe por ser un material que emplea como solvente el agua y no necesita calentar para su empleo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) El reciclaje en frío es una de las técnicas más rápidas de la reconstrucción en carreteras permitiendo la rápida apertura al tráfico. El costo-eficiencia es bajo, el empleo de esta técnica es un ahorro fuerte al utilizar el material existente del pavimento. Cuando las carreteras de asfalto se han deteriorado al punto que necesitan ser reconstruidas, se debe considerar la utilización del reciclaje en frío para construir una base más fuerte del camino, reduce al mínimo el tráfico vehicular, y ayuda a conservar nuestros recursos naturales valiosos por ser un proceso ecológico.

2) En el presente trabajo se hace una revisión del tema de las emulsiones asfálticas, haciendo énfasis en la importancia que éstas tienen en la moderna tecnología del proceso de asfaltado de carreteras. Aquí se muestra la importancia de este tema desde un punto de vista tecnológico, resaltando las variables importantes en la fabricación de las emulsiones asfálticas y su utilización en diferentes tipos de obras ingenieriles.

3) Las Emulsiones Asfálticas tienen un sin número de ventajas sobre el asfalto caliente o el rebajado, por lo que es importante extender el empleo de este tipo de tecnología en el Perú debido a la magnitud de su red carretera.

4) La utilización de esta tecnología no únicamente proporciona un ahorro en el proceso de asfaltado de las carreteras, sino que también mejora la adhesión del asfalto con el material pétreo, con un consecuente incremento en el tiempo de vida de la carpeta asfáltica y una mayor seguridad para el usuario de las mismas.

5) Los Tratamientos Superficiales representan la solución ideal para la primera capa de rodamiento sobre soportes flexibles, asegurando textura e impermeabilidad. Además brindan solución en autopista de alta velocidad, para generar cambios bruscos de textura superficial.

6) La estabilizaciones de suelo vía emulsión o emulsión cemento resultan excelentes soluciones para caminos secundarios y terciarios. Los cuales también son utilizada como capas estructurales en carretera de bajo y mediano tránsito.

- 7) Las mezclas en frío en general deberían, en un futuro, ampliar su campo de aplicación para ser utilizada con tráfico pesado; para esto se debe potenciar la comprensión del comportamiento mecánico y mejorar los métodos actuales de dosificación, para establecer condiciones más reales de densidades en el camino.
- 8) Si el depósito se usó para almacenar emulsiones aniónicas y se vana almacenar emulsiones catiónicas, es necesario neutralizar la acción de aquella lavando el tanque, primero con agua y posteriormente con ácido clorhídrico diluido al uno por ciento.
- 9) Por el contrario, si el depósito se usó para almacenar emulsiones catiónicas y se quiere almacenar emulsiones aniónicas, se tendrá que lavar con agua y neutralizarlo con sosa cáustica al 0.3 por ciento.
- 10) Para descargar más emulsión sobre la ya almacenada, es necesario que el tubo de descarga llegue al fondo para no romper la nata de la superficie, de otra forma, se corre el riesgo de obstruir las bombas.
- 11) Cuando los tanques de almacenamiento sean los que usa una compañía constructora, los depósitos se protegerán con mechones alrededor, lo que será suficiente para que no baje la temperatura. Si los tanques están enterrados, no hay necesidad de tomar otra medida para evitar la congelación.
- 12) Antes de recibir una emulsión en obra, se recomienda comprobar su calidad y el tipo de emulsión de que se trate, haciendo las pruebas de identificación que se recomiendan en cada caso.
- 13) Una emulsión que cumple con las especificaciones de calidad, puede estar almacenada durante más de un año, si se recircula sistemáticamente para mantenerla homogénea.
- 14) Los tanques de almacenamiento deberán tener un sistema de recirculación, con el objeto de evitar el asentamiento del asfalto contenido en la emulsión.
- 15) La temperatura ambiente al aplicarse la emulsión, deberá ser de 4 °C mínimos y en ascenso y nunca debe de hacerse cuando baje la temperatura durante la noche.
- 16) La emulsión, una vez que es desestabilizada (o sea que ya se produjo el rompimiento), no debe de re-emulsificarse aún en presencia de agua y del paso de los vehículos; por este motivo es muy importante que el emulsificante sea el adecuado.

BIBLIOGRAFIA

- Emulsiones Asfálticas, Gustavo Rivera Escalante, 4ta Edición Editorial Alfaomega, 1998
- The Asphat Institute, Manual Básico de Emulsiones Asfálticas Manual Serie N° 19, 1997.
- Emulsiones Asfálticas, Rogelio Rodríguez Talavera, Víctor Manuel Castaño Meneses, Publicación de la Asociación Mexicana del Asfalto RC.
- Basic Asphalt Recycling Manual. Asphalt Recycling And Reclaiming Association ARRA, 2001
- Formación de Red Polimérica en el Residuo de Emulsión Recuperado por medio de secado con aire forzado, Kochi Takamura, BASF Corporation, Charlotte, NC 28273 USA, Walter Heckmann, BASF AG, Ludwigshafen, Germany, 2001
- Soluciones Reales , Rápidas y económicas para pavimentación Asfálticas, XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 1999.
- Reclamados de Pavimentos, IV Congreso de Obras de Infraestructura Vial 02, 03 Setiembre 2,005, Edwin O. Vences Martinez, Jorge Timana Rojas.
- Sistema Pavadoq Hexa-Mach, IV Congreso de Obras de Infraestructura Vial 02, 03 Setiembre 2,005, Ing. Samuel Mora Quiñones.
- Técnicas de riego y Mezclas en Frío con emulsión Asfálticas, Jornada Técnica Bs.As. Julio 2,005, Ing. Mario R. Jair..
- Tecnología del Reciclado en Frío Experiencia en Obras, Jornada Técnica Bs.As. Julio 2,005, Ing. Eduardo Bustos.

PAGINAS WEB CONSULTADOS

- [www.emulsionesasfalticas .com](http://www.emulsionesasfalticas.com)
- www.redynet.com.ar/qb/ASFALTOS
- [www.portaldelaindustria.com/ buscador/E/emulsionesasfalticas](http://www.portaldelaindustria.com/buscador/E/emulsionesasfalticas)
- www.e-asphalt.com/solga
- www.slurry.com/cont_slurryseal.shtml

ANEXOS

GLOSARIO DE TERMINOS

- **Acopio.-** Acumulación planificada de materiales destinados a la construcción de una obra.
- **Agregado Pétreo.-** Arido compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.
- **Ahuellamiento (pavimento flexible).-** Depresión longitudinal del pavimento que coincide con la zona donde pasan con mayor frecuencia las ruedas de los vehículos (huella).
- **Alabeo.-** Deformación de curvatura de una losa de hormigón, producida por gradientes de temperatura.
- **Arcilla.-** Suelo de granos finos (compuesto por partículas menores a 5 micrones), que posee alta plasticidad dentro de ciertos límites de contenido de humedad y que, secado al aire, adquiere una resistencia importante.
- **Arena.-** Material resultante de la desintegración, molienda o trituración de la roca, cuyas partículas pasan por el tamiz de 5 mm y son retenidas por el de 0,08 mm.
- **Arido.-** Material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.
- **Asentamiento de Suelos.-** Descenso vertical de la superficie del terreno o del terraplén, debido a la consolidación o fallas del suelo.
- **Asentamiento del Hormigón.-** Descenso del cono que experimenta una muestra de hormigón fresco ensayada de acuerdo con Método normalizado y que se utiliza como indicador de la docilidad.
- **Asfalto Cortado.-** Cemento asfáltico fluidificado con disolventes de petróleo. Su volatilidad depende del tipo de disolvente utilizado.
- **Asfalto Modificado.-** Material que se obtiene al modificar un cemento asfáltico con un polímero, resultando un ligante de características reológicas mejoradas.
- **Autopista.-** Carretera especialmente proyectada para que circulen exclusivamente vehículos motorizados destinados al transporte de personas y/o mercancías, y que tiene todos sus accesos y salidas controladas, los propietarios colindantes no tienen acceso directo a la calzada, todas las intersecciones son a desnivel, y las calzadas para cada sentido de circulación son separadas o cuentan con elementos separadores que impiden la interacción entre vehículos que circulan en sentidos opuestos. Para los efectos de la señalización y seguridad vial debe asociarse a una velocidad de diseño de 120 km/h.
- **Bache.-** Hoyos de diversos tamaños que se producen en la superficie de rodadura por desintegración local.
- **Badén.-** Cruce empedrado que se hace en un camino para dar paso a un corto caudal de agua.
- **Base Granular o Base no Ligada.** Base conformada exclusivamente por una mezcla de suelos, que habitualmente cumplen con ciertos requisitos en cuanto a granulometría, límites de Atterberg, capacidad de soporte y otros.
- **Bombeo (diseño).-** Pendiente transversal de la superficie de rodadura en las tangentes de una obra vial, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.
- **Calamina.-** Ondulaciones de la superficie del camino que tienen su origen en un movimiento plástico de los suelos que la conforman, causadas por las ruedas de los vehículos. El fenómeno puede deberse a varias razones pero, con mayor frecuencia, se produce en capas conformadas por partículas de tamaño relativamente grande ligadas con un suelo fino y sin o con pocos tamaños

intermedios, es decir, suelos que tienen una granulometría discontinua.

- **Calicata.-** Exploración que se hace en cimentaciones de edificios, muros, caminos, etc., para determinar, identificar y clasificar los materiales constituyentes de los suelos de fundación, a través de estratigrafía y ensayos.
- **Capa Asfáltica de Protección.-** Tratamiento asfáltico que se le hace a la superficie de un camino para crear una superficie de rodadura económica, prevenir la penetración de aguas o minimizar la pérdida de agregados de una capa asfáltica.
- **Capa Asfáltica Estructural.-** Mezcla conformada por agregados pétreos ligados con un producto asfáltico y que cumple con los requisitos para soportar las sollicitaciones que genera el tránsito.
Capa de Rodadura.- Capa superficial de un camino que recibe directamente la acción del tránsito. Debe ser resistente al deslizamiento, a la abrasión y a la desintegración por efectos ambientales.
- **Capa Asfáltica.-** Capa compuesta de una mezcla de agregados pétreos ligados con asfalto y apoyada sobre capas de sustentación.
- **CBR.-** El índice CBR (Razón de Soporte de California) es la relación, expresada en porcentaje, entre la presión necesaria para hacer penetrar un pistón de 50 mm de diámetro en una masa de suelo compactada en un molde cilíndrico de acero, a una velocidad de 1,27 mm/min, para producir deformaciones de hasta 12,7 mm (1/2") y la que se requiere para producir las mismas deformaciones en un material chancado normalizado, al cual se le asigna un valor de 100%.
- **Cemento Asfáltico.-** Material obtenido por refinación de residuos de petróleo y que debe satisfacer los requerimientos establecidos para su uso en la construcción de pavimentos.
- **Cepillado (pavimento).-** Ranurado superficial de la superficie cuyo objetivo es reducir irregularidades. Se debe ejecutar con una máquina especialmente diseñada para suavizar y dar una textura adecuada a la superficie.
- **Cohesión (suelo).-** Fuerza de unión entre las partículas de un suelo, cuya magnitud depende de la naturaleza y estructura del mismo. En los suelos cohesivos la estructura depende del contenido de minerales arcillosos presentes y de las fuerzas que actúan entre ellos.
- **Compacidad de un Suelo.-** Grado de compactación o densidad natural de un suelo no cohesivo, que depende del acomodo alcanzado por las partículas de éste.
- **Compactación (suelo).-** Operación mecanizada para reducir el índice de huecos de un suelo y alcanzar con ello la densidad deseada.
- **Compactación (hormigón).-** Operación mecanizada para dar al hormigón la homogeneidad y densidad convenientes.
- **Compactación (asfalto).-** Operación mecanizada para lograr en una capa de mezcla asfáltica la densidad deseada.
- **Comportamiento Estructural.-** Variación de la respuesta estructural de un pavimento con el tiempo.
- **Compresibilidad de un Suelo.-** Deformación que experimenta un suelo producto de la relación variable que experimentan las fases de que está compuesto. Esta deformación no siempre es proporcional al esfuerzo aplicado, cambiando con el tiempo y con el medio.
- **Compresión.-** Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen.
- **Consistencia de un suelo.-** Grado de adherencia entre las partículas del suelo y su resistencia a fuerzas que tienden a deformarlo o romperlo. Se describe por

medio de términos como: blanda, media, firme, muy firme y dura.

- **Consolidación.-** Reducción de los índices de vacíos de un suelo, a consecuencia de la expulsión del agua y aire intersticiales, mediante la aplicación de cargas durante un lapso determinado.
- **Cordón (suelos).-** Acopio de material granular, dispuesto longitudinalmente en la faja de un camino, de sección aproximadamente trapezoidal y cuyas dimensiones dependen del espesor compactado exigido a la capa a extender.
- **Chancado .-** Partícula pétreo que tiene dos o más caras fracturadas y que por ello posee al menos una arista. No se consideran como chancado aquellas partículas que aún teniendo dos o más caras fracturadas, presenten cantos redondeados.
- **Deflexión (auscultaciones).-** Deformación elástica (recuperable) que sufren los pavimentos al ser solicitados por las cargas que impone el tránsito. La deflexión que presenta un pavimento en un determinado momento es un buen indicador para estimar su vida útil remanente. Se mide tanto en centésimas de milímetro como en micrones (mm).
- **Deflexión (suelos).-** El descenso vertical de una superficie debido a la aplicación de una carga sobre ella.
- **Densidad (hormigones).-** Cuociente entre la masa del hormigón y su volumen, a una temperatura determinada. Se expresa normalmente en kg/m³.
- **Densidad (pétreos).-** Cuociente entre la masa y el volumen de un material pétreo a una temperatura determinada. Se expresa normalmente en kg/m³.
- **Densidad (suelos).-** Cuociente entre la masa de un suelo y su volumen a una temperatura determinada. Se expresa normalmente en kg/m³.
- **Descimbre.-** Desencofrado o desmolde. Operación destinada a retirar los moldes y demás piezas de un encofrado o de una cimbra (Encofrado: Molde formado con tableros de madera o chapas de metal, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta después).
- **Detector Hi-Lo.-** Regla rodante destinada a medir las irregularidades superficiales de un pavimento. Consta de una viga metálica indeformable que se traslada sobre tres ruedas; la rueda detectora dispuesta al centro de la viga se desplaza verticalmente por las irregularidades de la superficie, las que son amplificadas en una escala graduada en milímetros.
- **Dosímetro.-** Aparato o dispositivo que mide dosis de radiactividad, que se usa cuando se emplean métodos nucleares para determinar humedad y densidad.
- **Dren.-** Excavación en forma de zanja, rellena con material filtrante, que recoge y evacua las aguas cualquiera sea su procedencia y que puedan afectar al pavimento y zonas contiguas.
- **Eje Equivalente (Factor de).-** Razón entre el número de ejes de cierto peso que causan una determinada pérdida de serviciabilidad y el número de ejes de 80 kN que causan la misma pérdida de serviciabilidad.
- **Elastómero.-** Material natural o artificial que, como el caucho, tiene gran elasticidad. Se utiliza para mejorar las características reológicas de los asfaltos.
- **Empréstito.-** Volumen de material que se excava para suplir la deficiencia o insuficiencia del suministrado por los cortes.
- **Emulsión Asfáltica.-** Dispersión por medios mecánicos de asfalto en agua, a la cual se incorpora un emulsificador (producto necesario para la preparación de una emulsión y para mantener estable la dispersión).
- **Entumecimiento de un suelo.-** Aumento del volumen de los suelos con la humedad. También se le llama expansión y le ocurre a las arenas y, en modo muy especial, a las arcillas.
- **Escalonamiento de Juntas y Grietas (pavimento).-** Diferencia de nivel que se

produce entre dos losas separadas por una junta o grieta. Se mide en mm y se determina a 300 y 750 mm del borde exterior del pavimento.

- **Estabilización de Suelos.-** Mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo mediante procedimientos mecánicos y/o físico – químicos.
- **Estabilizador de Suelos.-** Producto químico, natural o sintético que, por su acción y/o combinación con el suelo, mejora una o más de sus propiedades de desempeño.
- **Estrato.-** Masa de suelo en forma de capa de espesor más o menos uniforme.
- **Exudación (asfalto).-** Afloramiento superficial del exceso de ligante de un tratamiento o mezcla asfáltica.
- **Exudación (hormigón).-** Fenómeno que se produce durante la colocación del hormigón por sedimentación de las partículas sólidas debido a la acción de la fuerza de gravedad y de la vibración, desplazando el agua hacia la superficie.
- **Fisura (asfaltos).-** Quiebre o rotura que afecta a las capas estructurales del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es igual o menor que 3 mm.
- **Fisura (hormigones).-** Quiebre o rotura que afecta a las losas del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es igual o menor que 3 mm.
- **Fraguado (Hormigón).-** Proceso exotérmico en el cual la pasta acuosa de un conglomerante adquiere trabazón, consistencia y endurecimiento, merced a las modificaciones físico-químicas que tienen lugar entre el conglomerado y el agua.
- **Geotextil.-** Tela de fibras de poliéster, polipropileno o de una combinación de ambos, que cumple con una serie de requisitos y que se utiliza principalmente, según sus propiedades, para reforzar suelos de baja capacidad de soporte, como filtro para drenaje y en la construcción de muros de sostenimiento de tierras.
- **Granulometría de un Arido.-** Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido, determinada de acuerdo con Método normalizado Agregados Pétreos: Método para tamizar y determinar la granulometría.
- **Grieta (asfaltos).-** Quiebre o rotura que afecta a las capas estructurales del pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es mayor que 3 mm.
- **Grieta (hormigones).-** Quiebre o rotura que afecta al pavimento, de variados orígenes, y cuyo ancho superficial es mayor que 3 mm.
- **Grieta de Borde.-** Grieta predominantemente paralela al eje de la calzada y localizada en la inmediaciones del borde externo del pavimento. A veces presenta ramificaciones de grietas transversales hacia la berma.
- **Grieta de Reflexión.-** Grieta de una capa asfáltica, colocada sobre un pavimento de hormigón o base rígida, que coincide con las juntas y grietas del hormigón o la base. Se presenta generalmente en repavimentaciones asfálticas sobre pavimentos de hormigón agrietados, a los cuales no se les aplicó previamente un sello de juntas y grietas.
- **Grieta Longitudinal.-** Grieta predominantemente paralela al eje de la calzada, que a veces coincide con la junta longitudinal entre dos pistas pavimentadas.
- **Grieta Piel de Cocodrilo.-** Ver Grietas por Fatigamiento.
- **Grietas por Fatigamiento (pavimento asfáltico).-** Falla que se conoce también como "piel de cocodrilo". Serie de fisuras o grietas conectadas entre sí que forman trozos de ángulos agudos, normalmente de dimensiones inferiores a 300 mm.
- **Hidroplaneo.-** Pérdida de fricción entre el neumático y el pavimento causada por una película de agua que se forma bajo el neumático, que evita que entre en contacto con el pavimento.
- **Hormigón Endurecido.-** Para los efectos de muestreo debe considerarse como

endurecido el hormigón que no cumple con la definición de hormigón fresco.

- **Hormigón Fresco.-** Aquel que ha terminado su proceso de mezclado y aún no ha sido colocado, sin sobrepasar un tiempo de dos horas para los cementos de grado corriente y una hora para los cementos de alta resistencia. El tiempo señalado se mide desde el comienzo del amasado.
- **Huecos.-** Espacios vacíos entre las partículas de un pétreo.
- **Humedad.-** Cuociente entre la masa de agua presente en un suelo y su masa seca. Se expresa en porcentaje.
- **Imprimación Reforzada.-** Imprimación convencional sobre una superficie de material granular, seguida de un riego de ligante y posterior aplicación de una capa de arena uniformemente distribuida .
- **Imprimación.-** Operación consistente en extender asfalto en estado líquido sobre una capa de base granular para sellar e impermeabilizar su superficie, cohesionar las partículas superficiales de la base y facilitar la adherencia entre ésta y cualquier tratamiento o pavimento asfáltico que se vaya a realizar sobre su superficie.
- **Índice de Serviciabilidad.-** Es un número, en una escala de 0 a 5, que indica la condición de un pavimento en un determinado momento, para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios.
- **IRI.-** Sigla que corresponde al Índice de Rugosidad Internacional. (Ver Rugosidad)
- **Junta de Construcción.-** Juntas en los pavimentos de hormigón de tipo transversal, cuando la faena de hormigonado se interrumpe por fuerza mayor; o de tipo longitudinal, que son aquellas que separan las distintas fajas del camino, son paralelas al eje y tienen un perfil machihembrado especial para la transmisión de cargas verticales de una faja a otra.
- **Junta de Contracción.-** Corte realizado en una losa para controlar la retracción del hormigón hidráulico por cambios de temperatura u otras causas.
- **Lechada Asfáltica.-** Mezcla de emulsión asfáltica de quiebre lento, áridos finos, filler y agua en la cantidad necesaria para obtener una consistencia de pasta.
- **Ligante Asfáltico.-** Cemento basado en asfalto producido a partir de residuos de petróleo, ya sea con o sin adición de modificadores orgánicos no particulados.
- **Limo.-** Suelo de grano fino con poca o ninguna plasticidad que en estado seco tiene apenas la cohesión necesaria para formar terrones fácilmente friables. El tamaño de sus partículas está comprendido entre 0,005 mm y 0,08 mm.
- **Macrotextura (Pavimento).-** Las microtexturas y macrotexturas son irregularidades superficiales deseables por contribuir a la resistencia al deslizamiento y a la prevención de accidentes. Las microtexturas corresponden a longitudes de onda λ entre 0 y 0,5 mm y amplitud A entre 0,01 y 0,5 mm. Las macrotexturas corresponden a longitudes de onda λ entre 0,5 y 50 mm y amplitud A entre 0,01 y 20 mm.
- **Matapolvo.-** Tratamiento que se le da a una capa de rodadura no ligada, con el propósito de estabilizarla y evitar que el tránsito de vehículos desprenda partículas finas.
- **Material Inadecuado.-** Suelo no apto para servir los propósitos de un camino. En general, este término se utiliza para designar los suelos de fundación de terraplenes que no cumplen con los requisitos especificados.
- **Membrana de Curado (Hormigón).-** Compuesto líquido formador de membrana o lámina impermeable que se aplica sobre la superficie de un hormigón luego de su colocación, con el objetivo de evitar la pérdida de humedad.
- **Mezcla Abierta.-** Aglomerado de un ligante y áridos de granulometría abierta o discontinua (aquella en la que aparecen las partículas, en su mayoría, distribuidas

entre dos tamaños extremos, con una proporción relativamente baja en los demás tamaños), o sea aquellos que carecen o tienen muy poco polvo mineral, y en los cuales los vacíos en los áridos una vez compactados son relativamente altos.

- **Mezcla Cerrada.-** Aglomerado de un ligante con áridos de granulometría cerrada, que son aquellos uniformemente graduados desde el tamaño máximo hasta el polvo mineral, con un bajo contenido de vacíos una vez compactados.
- **Mezcla Drenante.-** Capa asfáltica de rodadura dosificada de manera de lograr un gran número de huecos interconectados, que permitan absorber el agua de las lluvias y evacuarla hacia fuera de la calzada. Eliminan el agua superficial.
- **Mezcla en Caliente.-** Mezcla asfáltica fabricada, extendida y compactada en caliente.
- **Mezcla en Frío.-** Mezcla asfáltica que puede fabricarse, extenderse y compactarse a la temperatura ambiente.
- **Mezcla en Sitio.-** Mezcla asfáltica confeccionada en el mismo lugar donde ha de emplearse.
- **Microtextura.-** Ver macrotextura.
- **Monografía.-** (en caminos). Descripción esquemática gráfica de una determinada característica de la obra, indicando la ubicación (kilometraje). Se utiliza para indicar avance físico de la obra, controles realizados, etc.
- **Mortero.-** Mezcla de cemento, arena y agua en proporciones definidas. Puede llevar incorporado un determinado aditivo.
- **Napa Freática.-** Capa de agua libre subterránea presente en un determinado suelo.
- **Nido de Piedra.-** Acumulación o concentración de agregado pétreo grueso (piedras) no rodeado por suelos finos, en zonas localizadas de extensión variable.
- **Nivel de Servicio.-** Es el grado de comodidad y seguridad que experimentan los usuarios al circular por un pavimento a la velocidad de diseño.
- **Número Estructural.-** Número que evalúa la calidad del paquete estructural de un pavimento. Se determina como la suma ponderada de los espesores por los coeficientes estructurales, determinados experimentalmente. Los coeficientes estructurales son correlacionables con los módulos de las capas estructurales.
- **Obra Básica.-** La sección de una carretera comprendida entre la subrasante y el terreno natural, que se prepara como fundación del pavimento. Comprende los movimientos de tierras, las alcantarillas y las obras de drenaje que evitan que las aguas afecten las obras de tierra.
- **Operaciones de Restauración.-** Intervenciones destinadas a recuperar un pavimento deteriorado, en una parte o la totalidad del camino, a su condición inicial y, a veces, reforzarlo sin alterar la estructura subyacente, con el objetivo de evitar su destrucción, preservar la calidad de rodadura y asegurar la integridad estructural. Típicamente en esta categoría se encuentran la restauración de pavimentos, los reemplazos de puentes y otras estructuras, etc.
- **Pavimento Asfáltico.-** Pavimento flexible compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base granular y una subbase.
- **Pavimento Flexible.-** Ver Pavimento Asfáltico.
- **Pavimento Rígido.-** Estructura conformada por losas de hormigón de cemento hidráulico.
- **Pavimento.-** Estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y eventualmente tratados, que se colocan sobre la subrasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada y segura bajo diferentes condiciones ambientales y que soporta las solicitaciones que impone el

tránsito.

- **Pedraplén.-** Relleno conformado por suelos gruesos con alto contenido de bolones y escaso contenido de finos y que se construye en forma similar a un terraplén.
- **Peralte.-** Inclinación dada al perfil transversal de un camino en los tramos de curvatura horizontal, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento.
- **Perfilómetro.-** Equipo que permite determinar la irregularidad superficial de los pavimentos, es decir el nivel de confort que experimenta el usuario al transitarlos. Para ello cuenta con 13 cámaras láser que trabajan sincronizadamente, y permiten determinar con un alto grado de precisión el parámetro IRI (Índice de Rugosidad Internacional), que determina este importante nivel de confortabilidad del conductor. Además de lo anterior, las cámaras láser detectan otros parámetros relativos a la funcionalidad de los pavimentos, que ayudan a evaluar la condición superficial de estos y su evolución en el tiempo.
- **Permeabilidad de un Suelo.-** Propiedad de los suelos o capas granulares de un pavimento de permitir el paso del agua a través de ellas. Se mide mediante ensayo y se expresa como coeficiente de permeabilidad. Es un indicador de la capacidad drenante del suelo o capa granular.
- **Pétreo.-** Ver Agregado Pétreo.
- **Pitch Asfáltico.-** Residuo que se obtiene de la destilación del petróleo y del cual se producen los diferentes tipos de asfalto.
- **Poros.-** Espacios vacíos interiores de una partícula de pétreo.
- **Porosidad.-** Cociente entre el volumen de vacíos y el volumen total de suelo. Se expresa en porcentaje.
- **Pozo.-** Excavación realizada para recibir y absorber agua drenada.
- **Probeta de Hormigón.-** Muestra de hormigón endurecido de dimensiones predeterminadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.
- **Rasante.-** Plano que define la superficie de una carretera.
- **Reflectancia.-** Propiedad de un material de reflejar.
- **Reflexión.-** Proceso mediante el cual la energía radiante es devuelta por un material u objeto.
- **Repavimentación (Recapado).-** Técnica de restauración que consiste en reemplazar o sobreponer una capa de pavimento, sin alterar significativamente la geometría ni las condiciones estructurales del camino.
- **Reposición de Pavimentos.-** Se refiere a cualquiera de las técnicas destinadas a reforzar estructuralmente un pavimento de manera que esté en condiciones de soportar el tránsito previsto.
- **Resistencia al Deslizamiento (coeficiente de fricción).-** La fuerza que se desarrolla en la superficie de contacto entre neumático y pavimento y que resiste el deslizamiento cuando el vehículo frena.
- **Resistencia Mecánica (hormigón).-** Resistencia a la ruptura de probetas de hormigón endurecido.
- **Restauración de Pavimentos.-** Técnicas destinadas al mantenimiento de los pavimentos, es decir, a devolverles su condición original. Aún cuando no están orientadas específicamente a aumentar la capacidad estructural, muchas de ellas alargan la vida útil del pavimento. Estas técnicas integran las denominadas operaciones de restauración.
- **Retroreflectancia.-** Propiedad de un material o elemento por la cual, cuando es directamente irradiado, refleja los rayos preferentemente en una dirección similar y

contraria a la del rayo incidente. Esta propiedad se mantiene para una amplia gama de direcciones de los rayos incidentes.

- **Riego Asfáltico.-** Aplicación delgada y uniforme de ligante asfáltico sobre bases granulares, capas asfálticas o pavimentos existentes .
- **Riego de Liga.-** Aplicación de un ligante asfáltico en estado líquido sobre la superficie de una capa de mezcla asfáltica, a fin de producir su adherencia con la capa inmediatamente superior.
- **Rugosidad (pavimento).-** Irregularidad superficial de una capa de rodadura. Es el parámetro de estado más característico de la condición funcional de ésta y el que incide directamente en los costos de operación de los vehículos. Se mide a través del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).
- **Sedimentación.-** Formación de sedimentos a partir de partículas suspendidas en el agua.
- **Serviciabilidad.-** La capacidad que tiene en un determinado momento el pavimento para servir al tránsito que lo utilizará.
- **Sonda.-** Equipo para perforar y extraer muestras.
- **Sondaje.-** Operación de perforación del suelo para obtener muestras representativas de los distintos estratos. En los proyectos viales este tipo de exploración se utiliza en el estudio de fundaciones de estructuras y en el estudio de estratos de compresibilidad importante, situados bajo el nivel de la napa freática. Los suelos finos exentos de grava pueden ser bien estudiados mediante sondajes.
- **Subbase Granular.-** Capa constituida por un material de calidad y espesor determinados y que se coloca entre la subrasante y la base.
- **Subrasante.-** Plano superior del movimiento de tierras, que se ajusta a requerimientos específicos de geometría y que ha sido conformada para resistir los efectos del medio ambiente y las sollicitaciones que genera el tránsito. Sobre la subrasante se construye el pavimento y la bermas.
- **Suelo de Fundación.-** Ver Subrasante.
- **Superpave.-** Pavimento asfáltico diseñado según los procedimientos y ensayos originados en el programa de investigación denominado SHRP.
- **Talud.-** Tangente del ángulo que forma el paramento de un corte con respecto a la vertical.
- **Terraplén.-** Obra construida empleando suelos apropiados, debidamente compactados, para establecer la fundación de un pavimento.
- **Testigo.-** Muestra cilíndrica aserrada, extraída de pavimentos de hormigón o de asfalto terminados y/o de elementos de hormigón estructural, cuyo propósito es verificar que los diferentes parámetros de diseño (densidad, espesor, resistencia, etc.) cumplan con las especificaciones de la obra.
- **Testiguera.-** Aparato para extraer testigos.
- **Textura (pavimentos).-** El aspecto o característica de la superficie del pavimento que depende del tamaño, forma, disposición y distribución del árido y del agente ligante. Una mezcla densa que da una superficie suave tendrá una textura fina; una superficie abierta tendrá una textura gruesa. Las irregularidades de la superficie, tales como baches, escalonamientos de juntas y otras, no definen la textura, la que se encuentra relacionada con irregularidades de longitudes de onda inferiores que 50 mm.
- **Tránsito Medio Diario Anual (TMDA).-** Valor promedio aritmético de los volúmenes diarios de flujo vehicular para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía.
- **Tratamiento Superficial Asfáltico.-** Una o más aplicaciones alternadas de ligante

asfáltico y agregado pétreo sobre una base granular. Un tratamiento superficial doble o triple consiste de dos o tres tratamientos aplicados consecutivamente, uno sobre otro.

- **Turba.-** Suelos sedimentarios, compuestos principalmente por materia orgánica, parcialmente descompuesta, que se ha acumulado bajo condiciones de excesiva humedad.
- **Viscosidad.-** Se denomina coeficiente de viscosidad a la razón entre el esfuerzo de corte aplicado y la tasa de corte; es una medida de la resistencia del líquido a fluir y, comúnmente, se denomina viscosidad. En el Sistema Internacional, la unidad de viscosidad es el pascal segundo (Pa s); en el sistema CGS, la unidad de viscosidad es el poise (dinas/cm²) y equivale a 0,1 Pa s. Frecuentemente, se usa como unidad de viscosidad el centipoise, que equivale a un milipascal segundo (1 m Pa s).

Especificaciones de emulsiones asfálticas

- Se informa sobre el uso recomendado para cada tipo de emulsión

USOS RECOMENDADOS	BOTURA RAPIDA			BOTURA MEDIA		BOTURA LENTA	BOTURA SUPER-ESTABLE	EMULSIÓN
	CRR-0	CRR-1	CRR-2	CRM-1	CRM-2	CRL	CRS	CI
Riegos de liga, de curado, en negro	A	P						
Tratamientos superficiales	P	A	A	P				
Mezclas abiertas				A	A			
Mezclas para bacheo					A			
Mezclas densas						A	P	
Riegos paliativos de polvo						P	A	
Lechadas asfálticas convencionales						P	A	
Estabilización de suelos, Grava emulsión						P	A	
Riegos de imprimación								A

Referencias: **A:** Aconsejable **P:** Posible

Dosificación Teórica de un TS

- Método de la regla del décimo:

- Para un árido D/d se calcula la media dimensión:

$$M = (D+d)/2$$

- Dotación de árido A (l/m^2):

- $A = 0,9 * M$ si $M > 10mm$

- $A = 3 + 0,7 * M$ si $M \leq 10mm$

- Dotación de ligante residual L (kg/m^2):

- $L = 0,1 * A$

Dosificación práctica de gravillas

- Debe basarse en la dotación (A) que cierra el mosaico, calculada 'manualmente'
- Ajustes:
 - Capas "normales": calcular una dotación de 0,9-1,0 A
 - Capas para preengravillado: emplear una dotación de 0,8-0,9 A
 - Última capa: calcular una dotación de 1,1-1,3 A (mín 6 l/m²)

Dosificación práctica de ligante

- Se determina la cantidad total teórica de ligante residual necesario mediante la regla del décimo.
- Se corrige la dosificación en base a:
 - Tráfico y trazado
 - Permeabilidad y rugosidad del soporte
 - Presencia de ligante en el soporte
 - Climatología: temperaturas máximas y mínimas, precipitaciones y soleamiento
 - Tamaño, limpieza y forma del árido
 - Época de ejecución
- Se distribuye el conjunto en función del tipo de riego:
 - Doble: 40/60
 - Doble sandwich: 50/50
 - Triple: 40/30/30

DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO ENSAYO DE LA RUEDA CARGADA - LWT

ISSA TB - 109

DISEÑO DE MEZCLAS

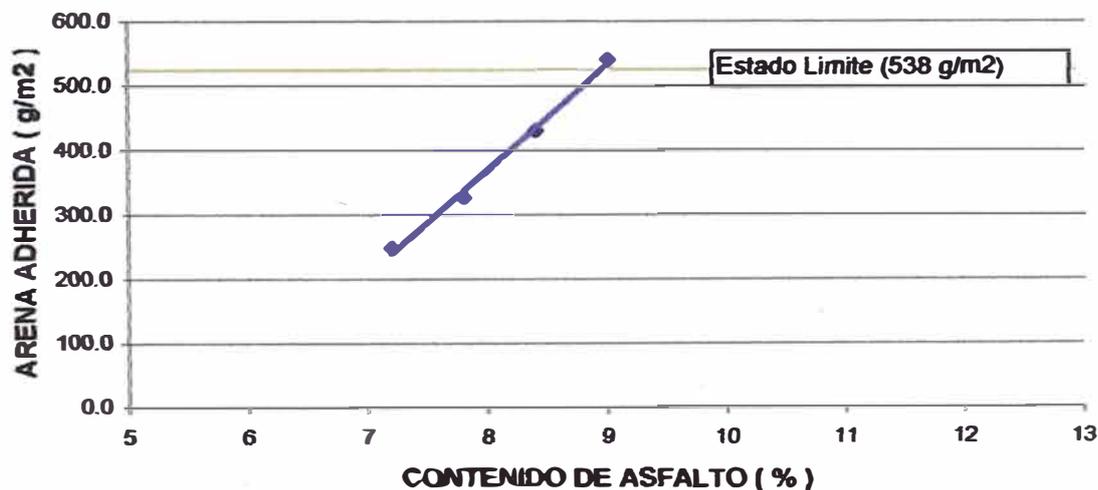
CLIENTE : EMAPE S.A.	NIG. RESPONSABLE : IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE VIAS	ING. LABORATORIO : JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN : LIMA	TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA

DISEÑO : MORTERO ASFALTICO TIPO II
MATERIAL : ZARANDEADO
FECHA : 19/05/05

MEZCLA N°	AR (%)	EMULSION (%)	PESO INICIAL W 1000	PESO FINAL W 100	DIFERENCIA PESO (g)	ARENA ADHERIDA (g / m ²)
1	7.2	12.00	328.30	331.80	3.50	248.6
2	7.8	13.00	275.30	279.90	4.60	326.8
3	8.4	14.00	273.30	279.35	6.05	429.8
4	9.0	15.00	238.70	246.30	7.60	539.9

GRAFICO DE CALCULO PARA EL MAXIMO CONTENIDO DE ASFALTO



DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO

ENSAYO DE ABRASION BAJO AGUA - WTAT

ISSA TB - 100

DISEÑO DE MEZCLAS

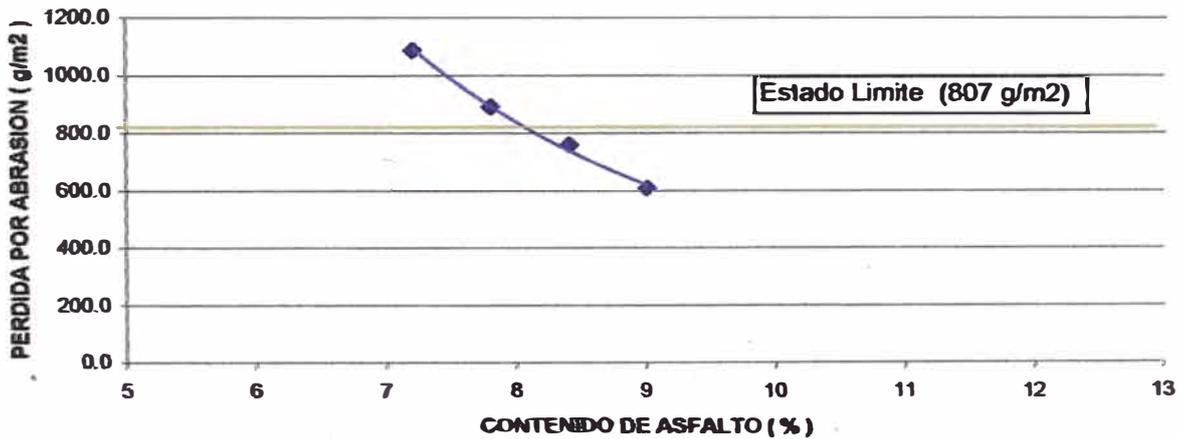
CLIENTE : EMAPE OBRA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE VIAS UBICACIÓN : LIMA	ING. RESPONSABLE : IVAN CHAVEZ ROLDAN ING. LABORATORIO : JULIO VALLEJOS PALOMINO TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA
---	--

DATOS DE LA MUESTRA

DISEÑO	: MORTERO ASFALTICO TIPO II
MATERIAL	: ZARANDEADO
FECHA	: 19/05/05

MEZCLA Nº	FILLER (%)	AGUA (%)	EMULSION (%)	AR (%)	PESO SECO (g)		PERDIDA DE PESO	
					ANTES	DESPUES	(g)	(g/m ²)
1	0.50	11.00	12.00	7.2	489.20	456.20	33.00	1085.7
2	0.50	10.00	13.00	7.8	469.20	442.10	27.10	891.6
3	0.50	9.00	14.00	8.4	865.60	842.50	23.10	760.0
4	0.50	8.50	15.00	9.0	939.10	920.60	18.50	608.7

GRAFICO DE CALCULO PARA EL MENOR CONTENIDO DE ASFALTO



DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

DISEÑO DE MEZCLAS

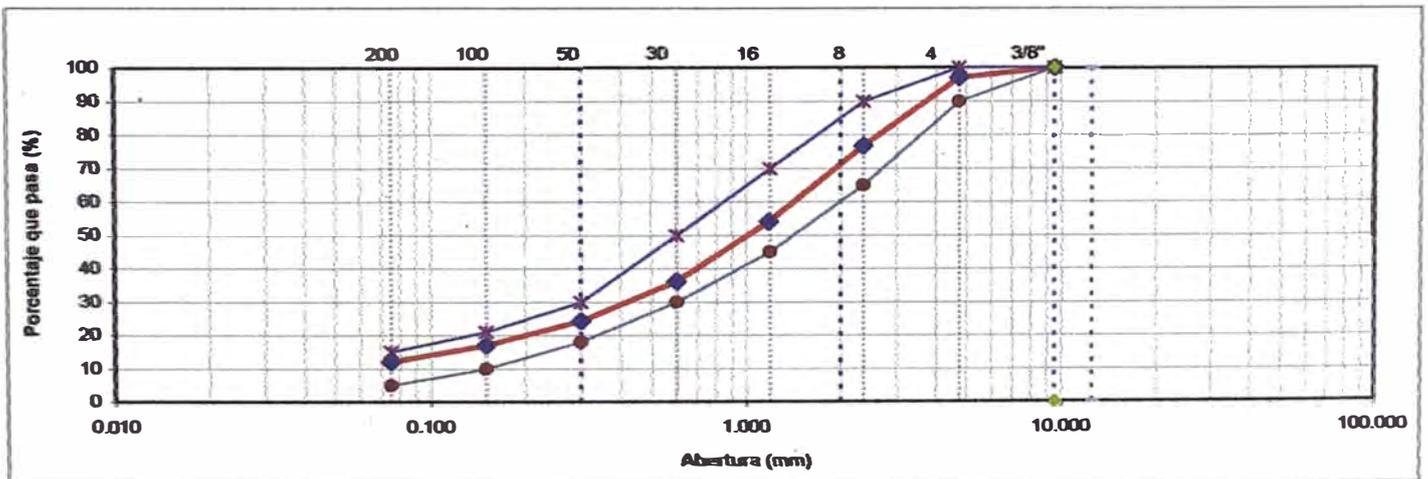
CLIENTE	: EMAPE S.A.	ING. RESPONSABLE	: IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA	: TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE VIAS	ING. LABORATORIO	: JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN	: LIMA	TECNICO	: ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA

DISEÑO	: MORTERO ASFALTICO TIPO II	FECHA	: 11/05/2005
MATERIAL	: COMBINACION	Peso inicial	: 1215.4 g
CANTERA	: QUEBRADA BLANCA - SANTA CLARA	Peso lavado	: 1107.2 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PERO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION TIPO II	OBSERVACIONES
1 1/4"	31.250	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	LA GRANULOMETRIA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA I.S.S.A. LOS PORCENTAJES DE DISEÑO SON: 14% DE EMULSION, 9% DE AGUA POTABLE Y 0,5% DE CEMENTO PORTHLAND TIPO I.
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
Nº 4	4.750	33.60	3.0	3.0	97.0	90 100	FORMULA DE TRABAJO DISEÑO : MORTERO TIPO II PVS : 1574,5 kg/m ³ ARENA : 1574,5 kg/m ³ EMULSION : 58,2 g/m ³ AGUA : 36,7 g/m ³ FILLER : 0,2 blz/m ³
Nº 8	2.360	223.80	20.2	23.2	76.8	65 90	
Nº 16	1.180	251.30	22.7	45.9	54.1	45 70	
Nº 30	0.600	197.30	17.8	63.8	36.2	30 50	
Nº 50	0.300	131.70	11.9	75.7	24.3	18 30	
Nº 100	0.150	81.60	7.4	83.0	17.0	10 21	
Nº 200	0.075	54.40	4.9	87.9	12.1	5 15	
< Nº 200	FONDO	133.50	12.1	100.0	0.0		
		1107.20	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



**LABORATORIO
EMULSIONES ESPECIALES S.A.C.**

CONTROL DE CALIDAD

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (CSS-1h)

CLIENTE : EMAPE S.A.	FECHA DE FABRICACION : 17/07/05
OBRA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE VIAS	FECHA DE EMBARQUE : 19/07/05
USO DE LA EMULSION : MORTERO ASFALTICO TIPO II	VOL. PRODUCIDO : 2000gal

A. Diseño de la Emulsión

PEN 60/70	60.00%
Emulsificante	1.30%
Polímero	0.00%
HCl, aprox	0.25%
Agua	40.0%
PH de la solución jabonosa	2.1
CaCl2	0.10%

B. Resultados del Control de Calidad:

Prueba	Resultado	Especificación	Método
1. Asfalto residual, % Por Evaporación	60.5	57.0 Min	ASTM D-244
2. Estabilidad al almacenamiento, 24h, %	0.5	1.0 Max	ASTM D-244
3. Prueba de carga de partícula	(+)	Positivo	ASTM D-244
4. Viscosidad, Saybol Furol @ 25 °C, seg.	27	20-100	ASTM D-244
5. Prueba de la malla N° 20, %	0.04	0.1 Max	ASTM D-244
6. Sedimentación a 5 días, %	3.3	5.0 Max	ASTM D-244

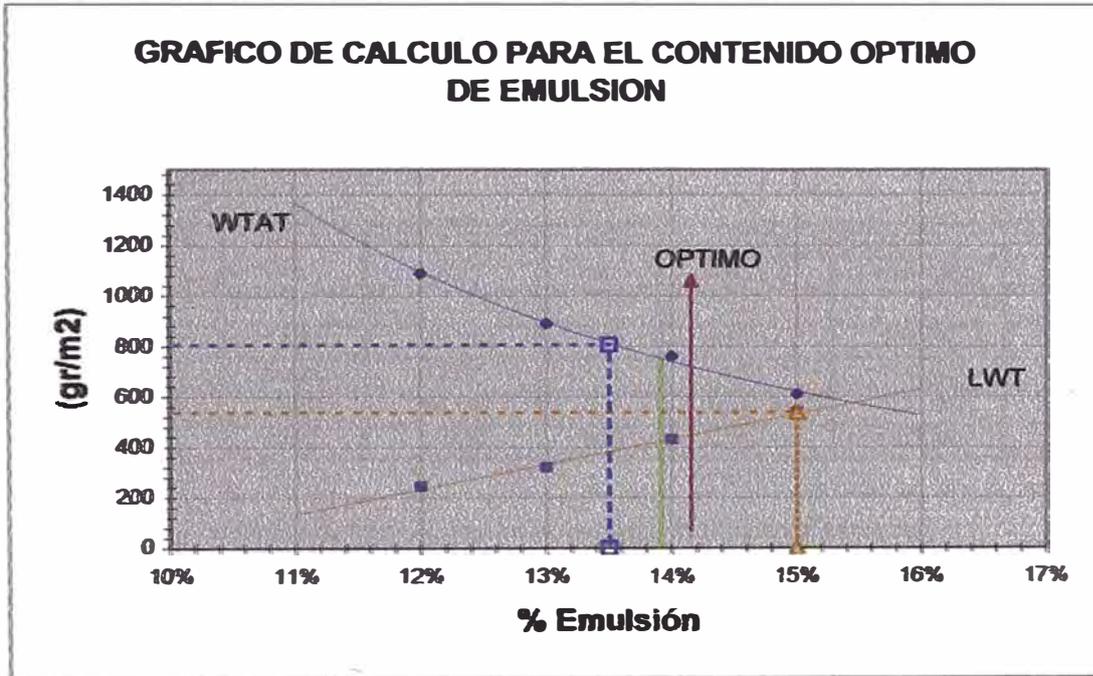
Pruebas en el Residuo por Evaporación

7. Penetración, 25 °C/100 g. 5 s. 0.1mm	52	40-90	ASTM D-5
8. Solubilidad en Tricloroetileno, %	99.25	97.50%	ASTM D-2042
9. Punto de Ablandamiento, anillo y bola, °C	-	57Min	ASTM D-36
10. Recuperación Elástica por Torsión, %	-	12Min	NLT - 329
11. Índice de Penetración	-	1.00Min	
Nota : Cálculo del Índice de Penetración (IP) Ta : Temperatura del punto de ablandamiento (°C)			
IP = (1925 - (500*log(Pt)) - 20*Ta)/(50*log(Pt) - Ta - 120) Pt : Penetración a 25°C (* 0.1 mm)			

CLIENTE : EMAPE S.A.
OBRA : TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE VIAS
FECHA : 19/05/05

DE MEZCLA

ING. RESPONS. : IVAN CHAVEZ ROLDAN
ING. LABORT. : JULIO VALLEJOS P
TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA



EMULSION OPTIMA :	14.00%	
RANGO DE TOLERANCIA MEDIA :	13.8 % - 15,0 %	
ENSAYO WTAT :	761,8g/m² < 807g/m	cumple
ENSAYO LWT :	428,5g/m² < 538 g/m	cumple

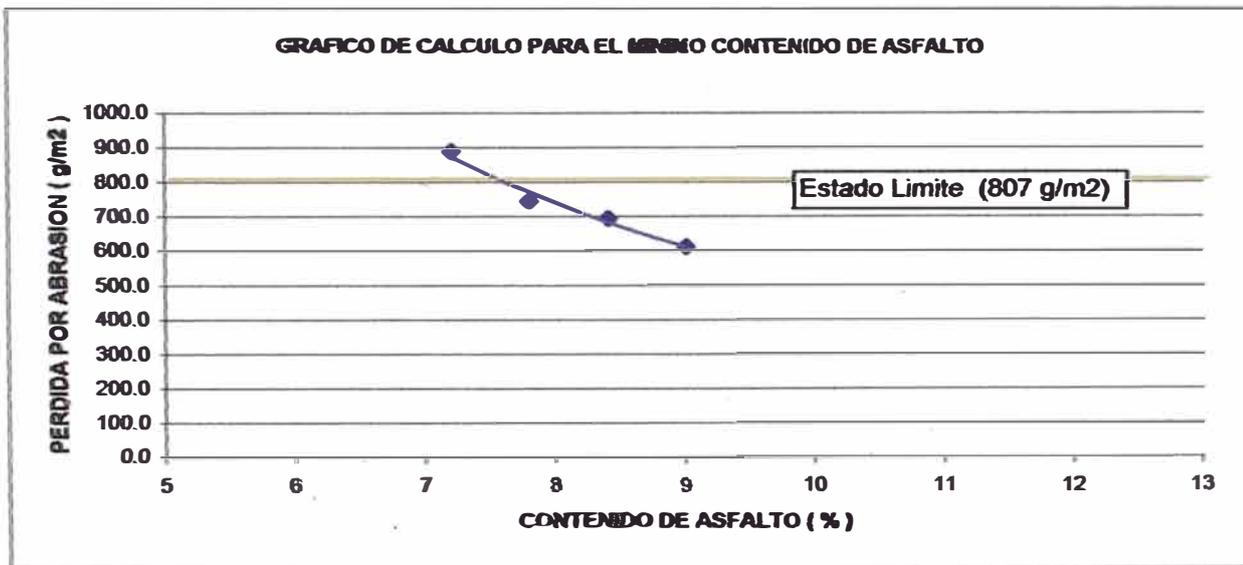
DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO ENSAYO DE ABRASION BAJO AGUA - WTAT

ISSA TB - 100

DISEÑO DE MEZCLAS			
CLIENTE	: TyT SAC. CONTRATISTAS GENERALES	ING. RESPONSABLE	: IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA	: MANTENIMIENTO DE VIAS	ING. LABORATORIO	: JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN	: AREQUIPA	TECNICO	: ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MORTERO ASFALTICO TIPO II
MATERIAL	: ZARANDEADO
FECHA	: 27/09/04

MEZCLA N°	FILLER (%)	AGUA (%)	EMULSION (%)	AR (%)	PESO SECO (g)		PERDIDA DE PESO	
					ANTES	DESPUES	(g)	(g/m ²)
1	0.50	11.00	12.00	7.2	512.50	485.50	27.00	888.3
2	0.50	10.00	13.00	7.8	513.20	490.60	22.60	743.5
3	0.50	9.00	14.00	8.4	515.90	494.80	21.10	694.2
4	0.50	8.50	15.00	9.0	521.20	502.60	18.60	611.9



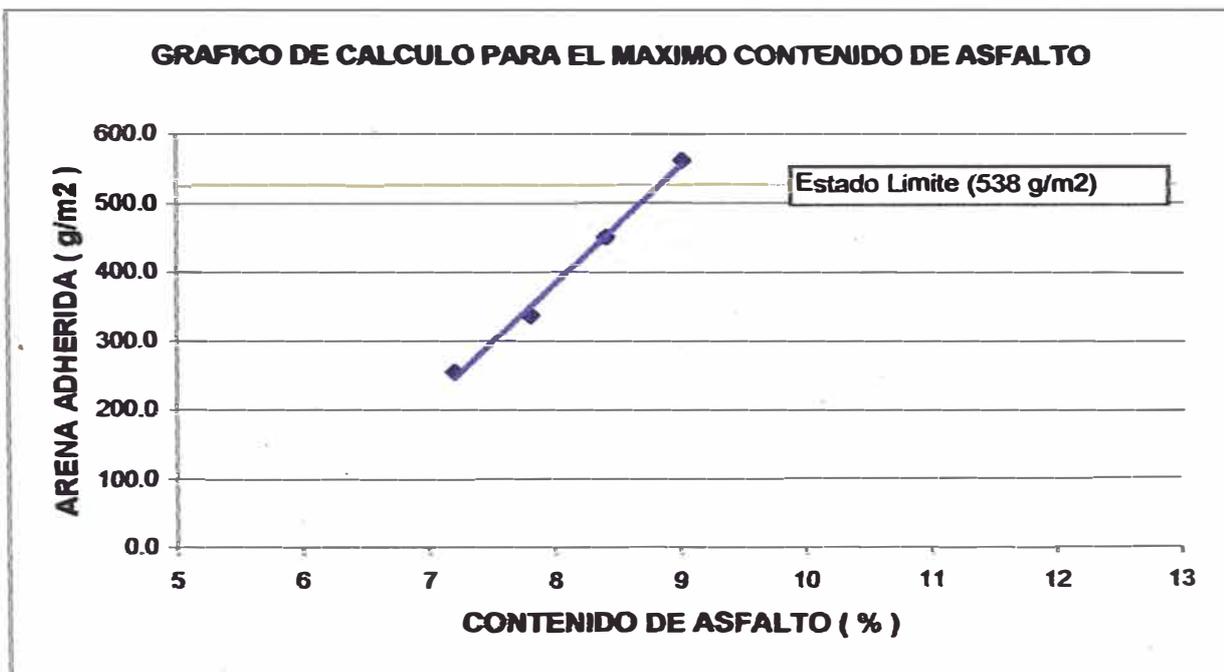
DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO ENSAYO DE LA RUEDA CARGADA - LWT

ISSA TB - 109

DISEÑO DE MEZCLAS			
CLIENTE	: TyT SAC. CONTRATISTAS GENERALES	ING. RESPONSABLE	: IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA	: MANTENIMIENTO DE VIAS	ING. LABORATORIO	: JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN	: AREQUIPA	TECNICO	: ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MORTERO ASFALTICO TIPO II
MATERIAL	: ZARANDEADO
FECHA	: 27/09/04

MEZCLA N°	AR (%)	EMULSION (%)	PESO INICIAL W 1000	PESO FINAL W 100	DIFERENCIA PESO (g)	ARENA ADHERIDA (g / m ²)
1	7.2	12.00	355.90	359.50	3.60	255.8
2	7.8	13.00	362.00	366.75	4.75	337.4
3	8.4	14.00	365.70	372.05	6.35	451.1
4	9.0	15.00	368.10	376.00	7.90	561.2



DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

DISEÑO DE MEZCLAS

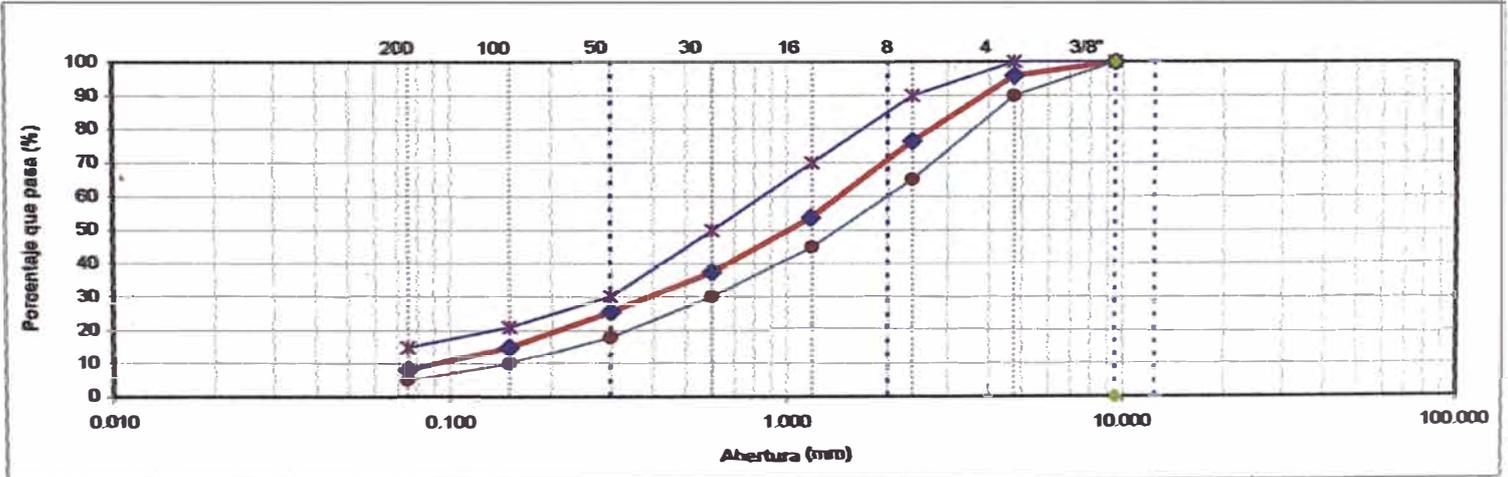
CLIENTE : TyT SAC. CONTRATISTAS GENERALES	ING. RESPONSABLE : IVAN CHAVEZ ROLDAN	
OBRA : MANTENIMIENTO DE VIAS	ING. LABORATORIO : JALJO VALLEJOS PALOMINO	
UBICACIÓN : AREQUIPA	TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA	

DATOS DE LA MUESTRA

DISEÑO : MORTERO ASFALTICO TIPO II	FECHA : 20/09/2004
MATERIAL : ZARANDEADO	Peso inicial : 1192.8 g
CANTERA :	Peso lavado : 1110.2 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION TIPO II	OBSERVACIONES
1 1/4"	31.250	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	LA GRANULOMETRIA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA I.S.S.A. LOS PORCENTAJES DE DISEÑO SON: 14% DE EMULSION, 7% DE AGUA POTABLE Y 1,0% DE CEMENTO PORTHLAND TIPO I.
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
Nº 4	4.750	49.00	4.1	4.1	95.9	90 100	FORMULA DE TRABAJO DISEÑO : MORTERO TIPO II PVS : 1588,3 kg/m ³ ARENA : 1588,3 kg/m ³ EMULSION : 58,7 g/m ³ AGUA : 33,6 g/m ³ FILLER : 0,4 bl/m ³
Nº 8	2.360	231.20	19.4	23.5	76.5	65 90	
Nº 16	1.180	271.20	22.7	46.2	53.8	45 70	
Nº 30	0.600	195.40	16.4	62.6	37.4	30 50	
Nº 50	0.300	143.90	12.1	74.7	25.3	18 30	
Nº 100	0.150	124.10	10.4	85.1	14.9	10 21	
Nº 200	0.075	79.70	6.7	91.8	8.2	5 15	
< Nº 200	FONDO	98.30	8.2	100.0	0.0		
		1192.80	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



**LABORATORIO
EMULSIONES ESPECIALES S.A.C.**

CONTROL DE CALIDAD

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (CSS-1h)

CLIENTE : TyT SAC CONTRATISTAS GENERALES OBRA : MANTENIMIENTO DE VIAS USO DE LA EMULSION : MORTERO ASFALTICO TIPO II	FECHA DE FABRICACION : 01/10/04 FECHA DE EMBARQUE : 02/10/04 VOL. PRODUCIDO : 8000gal
---	--

A. Diseño de la Emulsion

PEN 60/70	60.00%
Emulsificante	1.30%
Polímero	0.00%
HCl, aprox	0.25%
Agua	40.0%
PH de la solución jabonosa	2.23
CaCl ₂	0.10%

B. Resultados del Control de Calidad:

Prueba	Resultado	Especificación	Método
1. Asfalto residual, % Por Evaporación	59.6	57.0 Min	ASTM D-244
2. Estabilidad al almacenamiento, 24h, %	0.6	1.0 Max	ASTM D-244
3. Prueba de carga de partícula	(+)	Positivo	ASTM D-244
4. Viscosidad, Saybol Furol @ 25 °C, seg.	30	20-100	ASTM D-244
5. Prueba de la malla N° 20, %	0.05	0.1 Max	ASTM D-244
6. Sedimentación a 5 días, %	3.9	5.0 Max	ASTM D-244

Pruebas en el Residuo por Evaporación

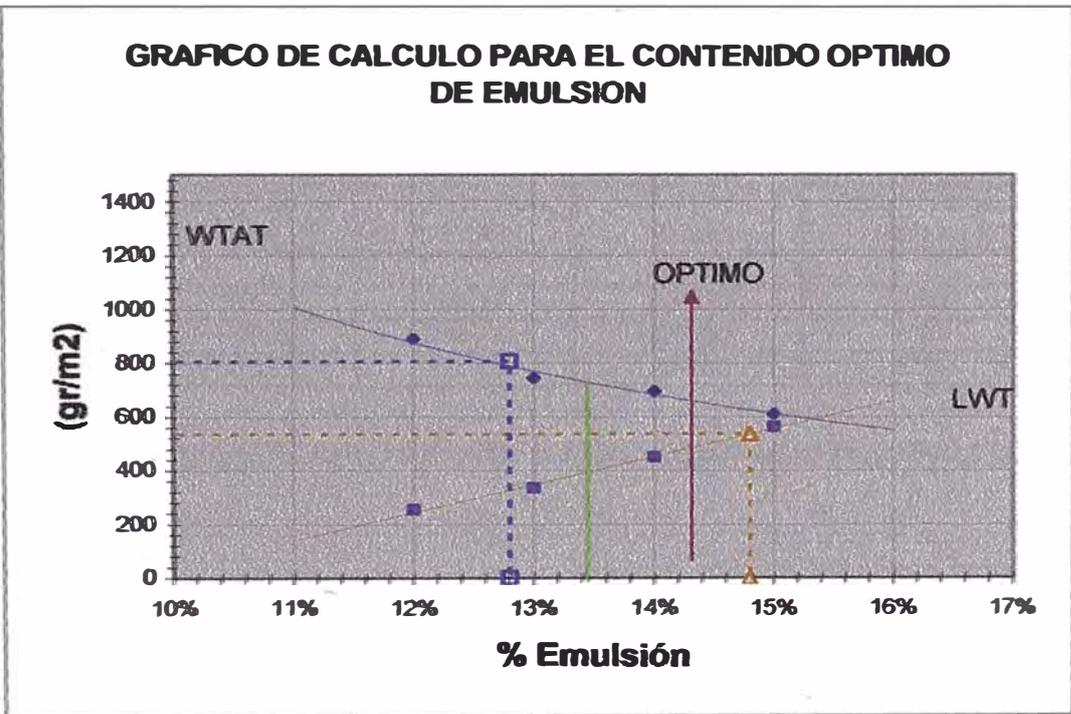
7. Penetración, 25 °C 100 g. 5 s, 0.1mm	53.6	40-90	ASTM D-5
8. Solubilidad en Tricloroetileno, %	99.2	97.50%	ASTM D-2042
9. Punto de Ablandamiento, anillo y bola, °C	-	57Min	ASTM D-36
10. Recuperación Elástica por Torsión, %	-	12Min	NLT - 329
11. Índice de Penetración	-	1.00Min	
Nota : Cálculo del Índice de Penetración (IP)		Ta : Temperatura del punto de ablandamiento (°C)	
IP = (1925 - (500*log(Pi)) - 20*Ta)/(50*log(Pi) - Ta - 120)		Pi : Penetración a 25°C (* 0.1 mm)	

DISEÑO DE MEZCLA

CLIENTE : TyT SAC. CONTRATISTAS GENERALES
 OBRA : MANTENIMIENTO DE VIAS
 FECHA : 27/09/04

ING. RESPONS. : IVAN CHAVEZ ROLDAN
 ING. LABORT. : JULIO VALLEJOS PALOM
 TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALI

GRAFICO DE CALCULO PARA EL CONTENIDO OPTIMO DE EMULSION



EMULSION OPTIMA :	14.00%	
RANGO DE TOLERANCIA MEDIA :	12.8 % - 14,8 %	
ENSAYO WTAT :	771,5g/m ² < 807g/r	cumple
ENSAYO LWT :	420g/m ² < 538 g/r	cumple

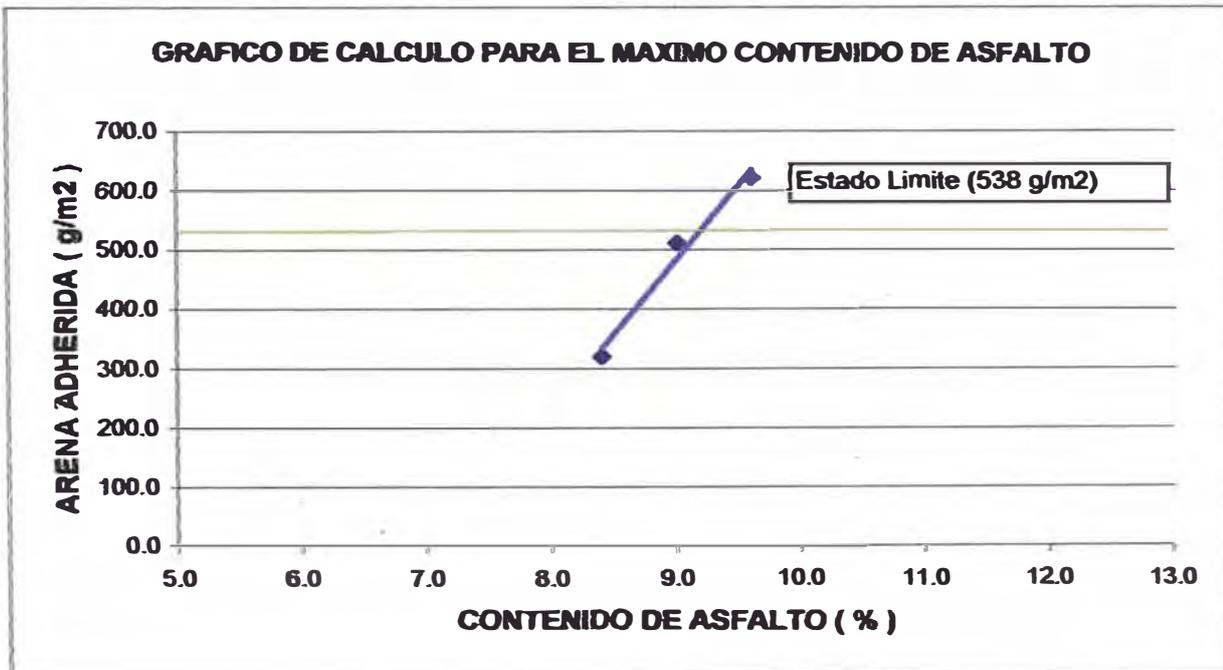
DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO ENSAYO DE LA RUEDA CARGADA - LWT

ISSA TB - 109

DISEÑO DE MEZCLAS			
CLIENTE : TRONCOS CONSTRUCCIONES SRL	ING. RESPONSABLE : IVAN CHAVEZ ROLDAN		
OBRA : AEROPUERTO DE PIURA	ING. LABORATORIO : JULIO VALLEJOS PALOMINO		
UBICACIÓN : PIURA	TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA		

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO : MORTERO ASFALTICO TIPO II	
MATERIAL : ZARANDEADO	
FECHA : 21/02/05	

MEZCLA N°	AR (%)	EMULSION (%)	PESO INICIAL W 1000	PESO FINAL W 100	DIFERENCIA PESO (g)	ARENA ADHERIDA (g / m ²)
2	8.4	14.00	260.10	264.60	4.50	319.7
3	9	15.00	268.40	275.60	7.20	511.5
4	9.6	16.00	275.60	284.35	8.75	621.6



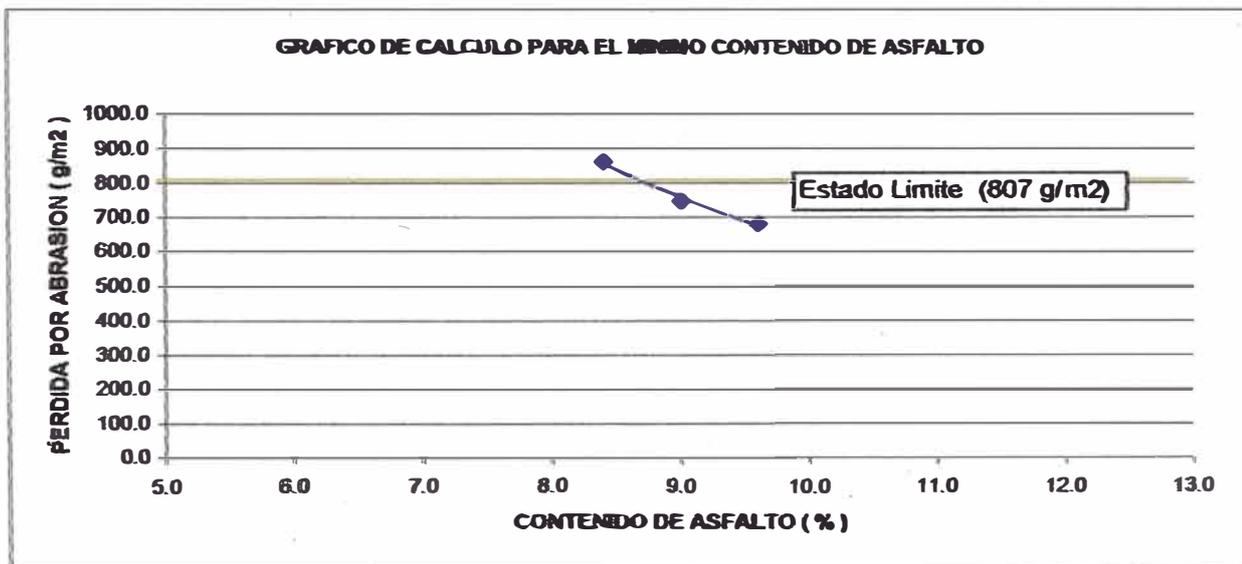
DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO ENSAYO DE ABRASION BAJO AGUA - WTAT

ISSA TB - 100

DISEÑO DE MEZCLAS			
CLIENTE	: TRONCOS CONSTRUCCIONES SRL	NIG. RESPONSABLE	: IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA	: AEROPUERTO DE PIURA	ING. LABORATORIO	: JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN	: PIURA	TECNICO	: ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MORTERO ASFALTICO TIPO II
MATERIAL	: ZARANDEADO
FECHA	: 21/02/05

MEZCLA N°	FILLER (%)	AGUA (%)	EMULSION (%)	AR (%)	PESO SECO (g)		PERDIDA DE PESO	
					ANTES	DESPUES	(g)	(g/m ²)
2	0.50	10.00	14.00	8.4	452.60	426.40	26.20	862.0
3	0.50	9.00	15.00	9	463.60	440.90	22.70	746.8
4	0.50	8.50	16.00	9.6	481.70	461.00	20.70	681.0



DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

DISEÑO DE MEZCLAS

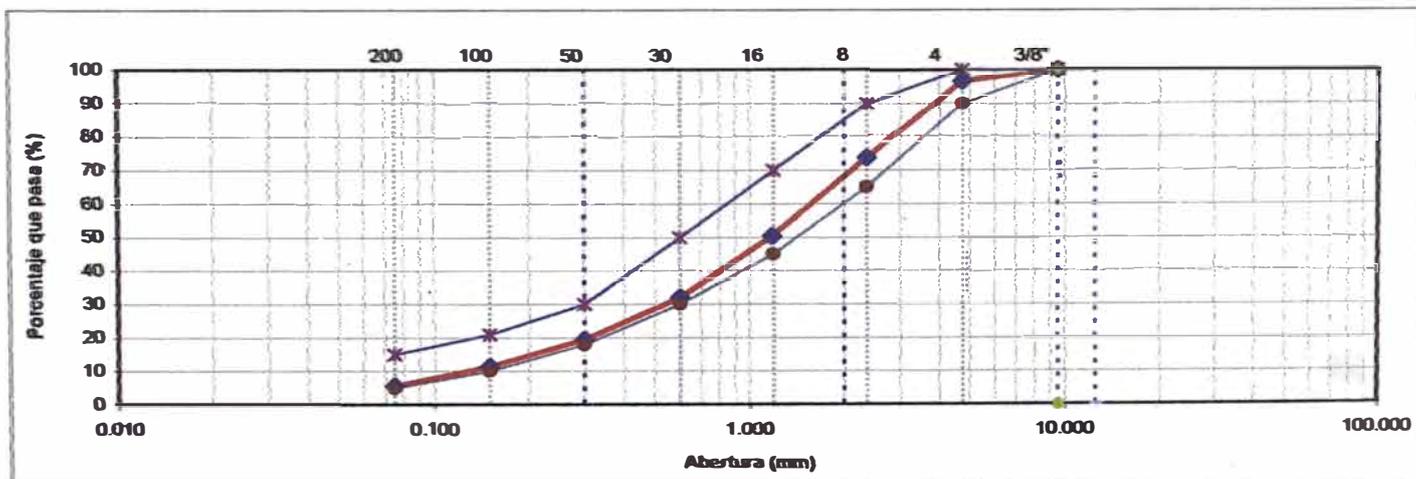
CLIENTE : TRONCOS CONSTRUCCIONES SRL	ING. RESPONSABLE : IVAN CHAVEZ ROLDAN	
OBRA : AEROPUERTO DE PIURA	ING. LABORATORIO : JULIO VALLEJOS PALOMINO	
UBICACIÓN : PIURA	TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA	

DATOS DE LA MUESTRA

DISEÑO : MORTERO ASFALTICO TIPO II	FECHA : 14/02/05
MATERIAL : ZARANDADO	Peso inicial : 1601.0 g
CANTERA : CERRO MOCHO	Peso lavado : 1554.3 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ADJUNTADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION TIPO II	OBSERVACIONES
1 1/4"	31.250	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	LA GRANULOMETRIA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA I.S.S.A. LOS PORCENTAJES DE DISEÑO SON: 15% DE EMULSION, 11% DE AGUA POTABLE Y 2,0% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I.
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
Nº 4	4.750	55.70	3.5	3.5	96.5	90 100	FORMULA DE TRABAJO DISEÑO : MORTERO TIPO II PVS : 1550,6 kg/m ³ ARENA : 1550,6 kg/m ³ EMULSION : 61,0 g/m ³ AGUA : 45,1 g/m ³ FILLER : 0,8 kg/m ³
Nº 8	2.360	362.90	22.7	26.1	73.9	65 90	
Nº 16	1.180	376.40	23.5	49.7	50.3	45 70	
Nº 30	0.600	293.30	18.3	68.0	32.0	30 50	
Nº 50	0.300	202.70	12.7	80.6	19.4	18 30	
Nº 100	0.150	129.20	8.1	88.7	11.3	10 21	
Nº 200	0.075	91.80	5.7	94.4	5.6	5 15	
< Nº 200	FONDO	89.00	5.6	100.0	0.0		
		1601.00	100.0				

CURVA GRANULOMETRICA



**LABORATORIO
EMULSIONES ESPECIALES S.A.C.**

CONTROL DE CALIDAD

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (CSS-1h)

CLIENTE : TRONCOS CONSTRUCCIONES SRL	FECHA DE FABRICACION : 19/02/05
OBRA : AEROPUERTO DE PIURA	FECHA DE EMBARQUE : 20/02/05
USO DE LA EMULSION : MORTERO ASFALTICO TIPO II	VOL. PRODUCIDO : 10000gal

A. Diseño de la Emulsion

PEN 60/70	60.00%
Emulsificante	1.30%
Polímero	0.00%
HCl, aprox	0.25%
Agua	40.0%
PH de la solución jabonosa	2.08
CaCl2	0.10%

B. Resultados del Control de Calidad:

Prueba	Resultado	Especificación	Método
1. Asfalto residual, % Por Evaporación	61.1	57.0 Min	ASTM D-244
2. Estabilidad al almacenamiento, 24h, %	0.7	1.0 Max	ASTM D-244
3. Prueba de carga de partícula	(+)	Positivo	ASTM D-244
4. Viscosidad, Saybol Furol @ 25 °C, seg.	29	20-100	ASTM D-244
5. Prueba de la malla N° 20, %	0.04	0.1 Max	ASTM D-244
6. Sedimentación a 5 días, %	4	5.0 Max	ASTM D-244

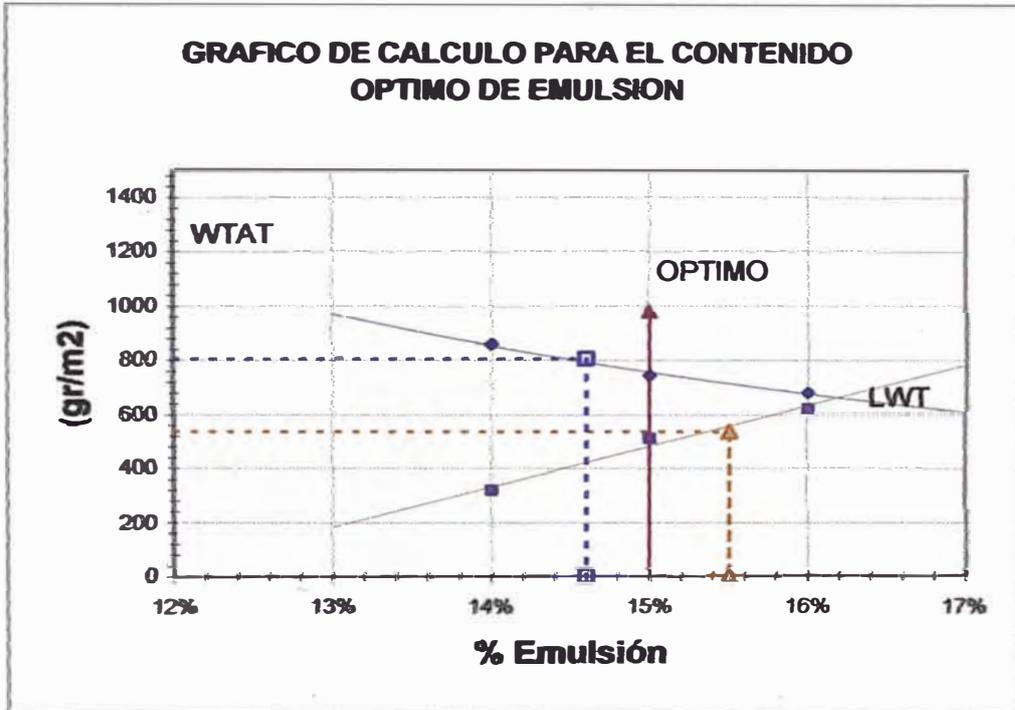
Pruebas en el Residuo por Evaporación

7. Penetración, 25 °C 100 g. 5 s, 0.1mm	55	40-90	ASTM D-5
8. Solubilidad en Tricloroetileno, %	99.1	97.50%	ASTM D-2042
9. Punto de Ablandamiento, anillo y bola, °C	-	57Min	ASTM D-36
10. Recuperación Elástica por Torsión, %	-	12Min	NLT - 329
11. Índice de Penetración	-	1.00Min	
Nota : Cálculo del Índice de Penetración (IP) Ta : Temperatura del punto de ablandamiento (°C)			
IP = (1925 - (500*log(Pi)) - 20*Ta)/(50*log(Pi) - Ta - 120) Pi : Penetración a 25°C (≈ 0.1 mm)			

DISEÑO DE MEZCLA

CLIENTE : TRONCOS CONSTRUCCIONES SRL	ING. RESPONS. : IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA : AEROPUERTO DE PIURA	ING. LABORT. : JULIO VALLEJOS PALOMINO
FECHA : 21/02/05	TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA

GRAFICO DE CALCULO PARA EL CONTENIDO OPTIMO DE EMULSION



EMULSION OPTIMA :	15.20%	
RANGO DE TOLERANCIA MEDIA :	14,6 % - 15,5 %	
ENSAYO WTAT :	776,8g/m ² < 807g/m ²	cumple
ENSAYO LWT :	502,5g/m ² < 538 g/m ²	cumple

DISEÑO DE MEZCLAS

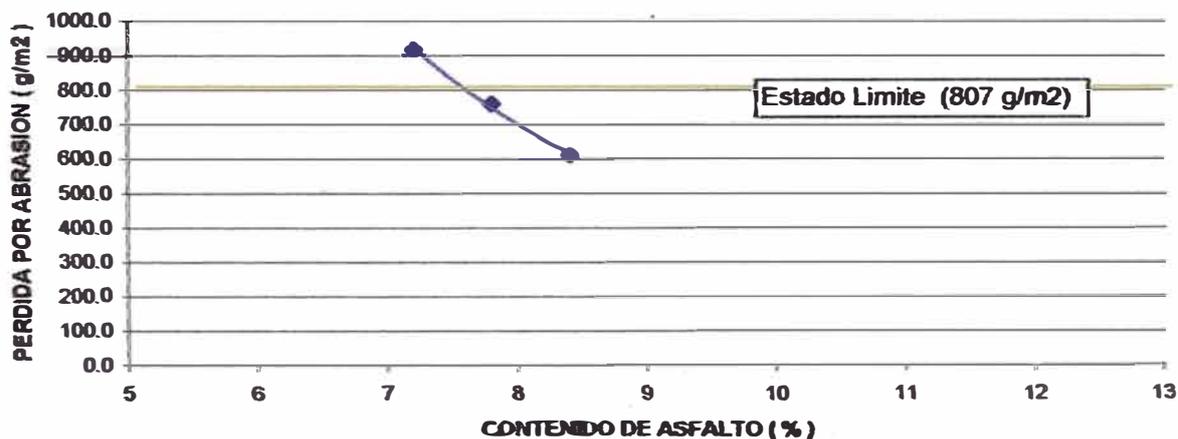
CLIENTE : CORPAC S.A. OBRA : AEROPUERTO DE TACNA UBICACIÓN : TACNA	ING. RESPONSABLE : IVAN CHAVEZ ROLDAN ING. LABORATORIO : JULIO VALLEJOS PALOMINO TECNICO : ERNESTO BLAS VILLALBA
--	--

DATOS DE LA MUESTRA

DISEÑO : MORTERO ASFALTICO TIPO II
 MATERIAL : ZARANDEADO
 FECHA : 21/06/04

MEZCLA N°	FILLER (%)	AGUA (%)	EMULSION (%)	AR (%)	PESO SECO (g)		PERDIDA DE PESO	
					ANTES	DESPUES	(g)	(g/m ²)
1	0.50	11.00	12.00	7.2	500.20	472.30	27.90	917.9
2	0.50	10.00	13.00	7.8	505.60	482.50	23.10	760.0
3	0.50	9.00	14.00	8.4	509.50	490.90	18.60	611.9

GRAFICO DE CALCULO PARA EL MINIMO CONTENIDO DE ASFALTO

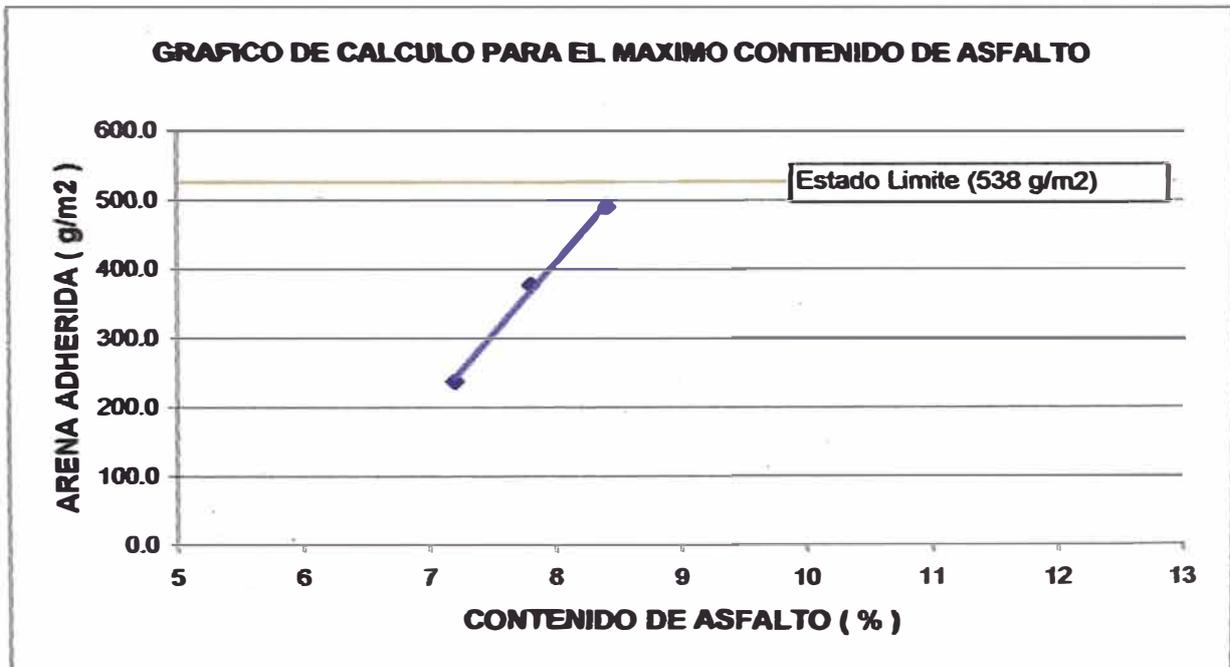


DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO
ENSAYO DE LA RUEDA CARGADA - LWT
 ISSA TB - 109

DISEÑO DE MEZCLAS			
CLIENTE	: CORPAC S.A.	ING. RESPONSABLE	: IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA	: AEROPUERTO DE TACNA	ING. LABORATORIO	: JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN	: TACNA	TECNICO	: ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA	
DISEÑO	: MORTERO ASFALTICO TIPO II
MATERIAL	: ZARANDEADO
FECHA	: 21/06/04

MEZCLA N°	AR (%)	MULSION (%)	PESO INICIAL W 1000	PESO FINAL W 100	DIFERENCIA PESO (g)	ARENA ADHERIDA (g / m ²)
1	7.2	12.00	300.50	303.85	3.35	238.0
2	7.8	13.00	301.80	307.10	5.30	376.5
3	8.4	14.00	306.40	313.30	6.90	490.2



DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

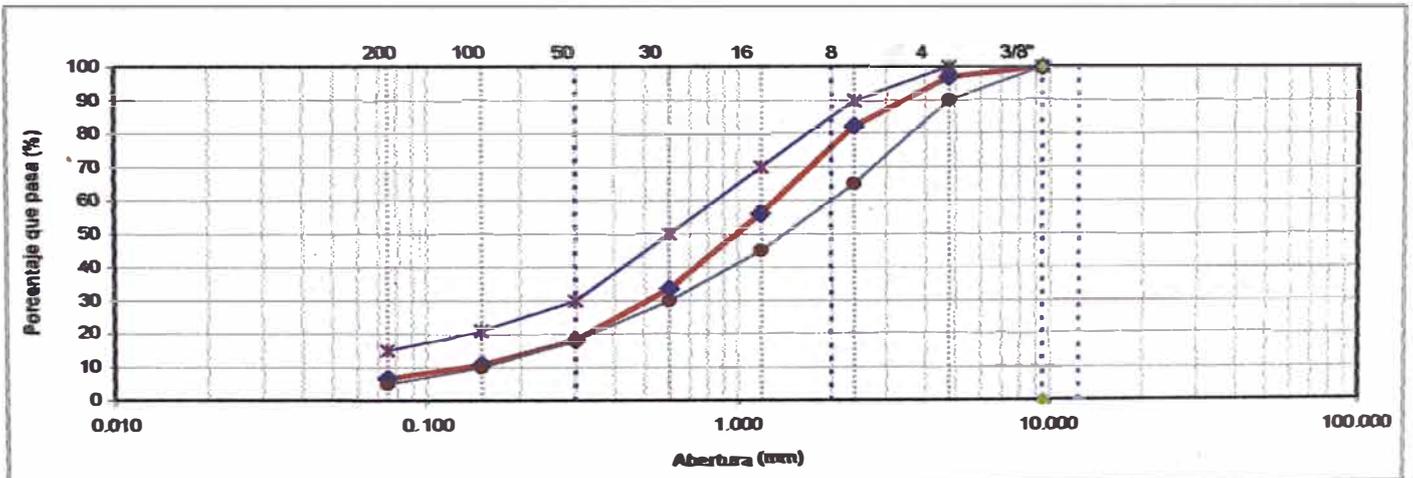
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

DISEÑO DE MEZCLAS		
CLIENTE : CORPAC S.A.	ING. RESPONSABLE :	IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA : AEROPUERTO DE TACNA	ING. LABORATORIO :	JULIO VALLEJOS PALOMED
UBICACIÓN : TACNA	TECNICO :	ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA		
DISEÑO : MORTERO ASFALTICO TIPO II	FECHA :	15/06/2004
MATERIAL : ZARANDEADO	Peso inicial :	1534.2 g
CANTERA : TACNA	Peso lavado :	1478.2 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION TIPO II		OBSERVACIONES
1 1/4"	31.250	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0		LA GRANULOMETRIA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA I.S.S.A. LOS PORCENTAJES DE DISEÑO SON: 13,5% DE EMULSION, 8% DE AGUA POTABLE Y 1,5% DE CEMENTO PORTHLAND TIPO I.
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	100		
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100		
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100		
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100		
Nº 4	4.750	48.10	3.1	3.1	96.9	90	100	FORMULA DE TRABAJO DISEÑO : MORTERO TIPO II PVS : 1610,2 kg/m ³ ARENA : 1610,2 kg/m ³ EMULSION : 57,5 g/m ³ AGUA : 34,1 g/m ³ FILLER : 0,6 kg/m ³
Nº 8	2.360	226.70	14.8	17.9	82.1	65	90	
Nº 16	1.180	400.00	26.1	44.0	56.0	45	70	
Nº 30	0.600	344.70	22.5	66.5	33.5	30	50	
Nº 50	0.300	234.80	15.3	81.8	18.2	18	30	
Nº 100	0.150	115.30	7.5	89.3	10.7	10	21	
Nº 200	0.075	62.40	4.1	93.3	6.7	5	15	
< Nº 200	FONDO	102.20	6.7	100.0	0.0			
		1534.20	~ 100.0					

CURVA GRANULOMETRICA



**LABORATORIO
EMULSIONES ESPECIALES S.A.C.**

CONTROL DE CALIDAD

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta (CSS-1h)

CLIENTE : CORPAC S.A. OBRA : AEROPUERTO DE TACNA USO DE LA EMULSION : MORTERO ASFALTICO TIPO II	FECHA DE FABRICACION : 01/07/04 FECHA DE EMBARQUE : 02/07/04 VOL. PRODUCIDO : 6000gal
---	---

A. Diseño de la Emulsión

PEN 60/70	60.00%
Emulsificante	1.30%
Polímero	0.00%
HCl, aprox	0.25%
Agua	40.0%
PH de la solución jabonosa	2.15
CaCl ₂	0.10%

B. Resultados del Control de Calidad:

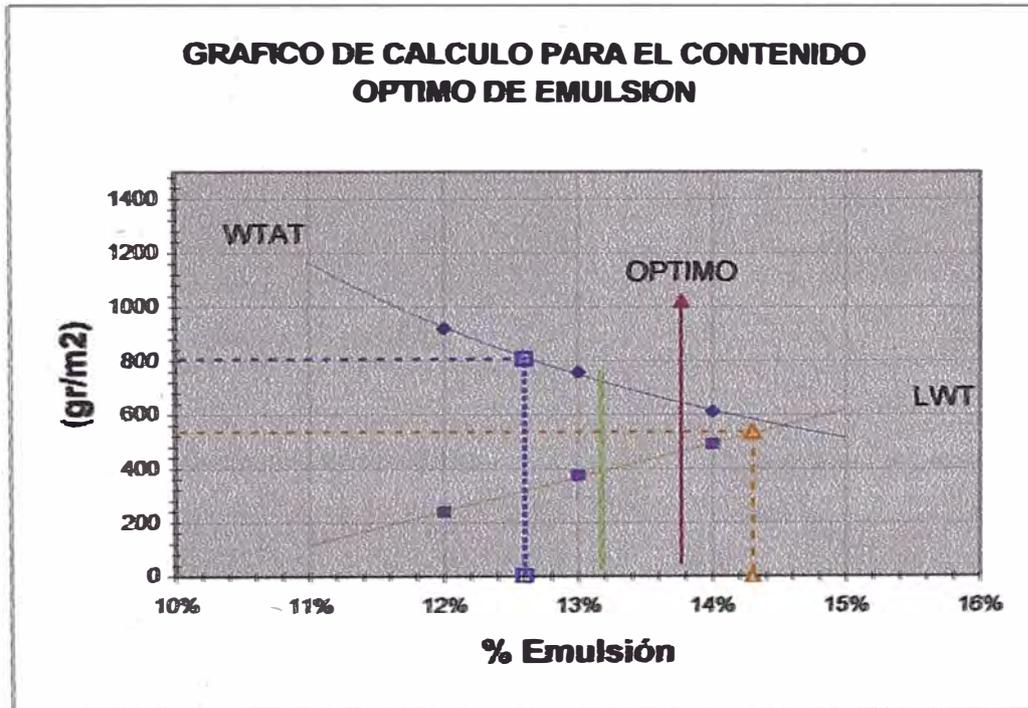
Prueba	Resultado	Especificación	Método
1. Asfalto residual, % Por Evaporación	60.8	57.0 Min	ASTM D-244
2. Estabilidad al almacenamiento, 24h, %	0.5	1.0 Max	ASTM D-244
3. Prueba de carga de partícula	(+)	Positivo	ASTM D-244
4. Viscosidad, Saybol Furol @ 25 °C, seg.	26	20-100	ASTM D-244
5. Prueba de la malla N° 20, %	0.05	0.1 Max	ASTM D-244
6. Sedimentación a 5 días, %	3.2	5.0 Max	ASTM D-244

Pruebas en el Residuo por Evaporación

7. Penetración, 25 °C 100 g. 5 s, 0.1mm	50	40-90	ASTM D-5
8. Solubilidad en Tricloroetano, %	99.3	97.50%	ASTM D-2042
9. Punto de Ablandamiento, anillo y bola, °C	-	57Min	ASTM D-36
10. Recuperación Elástica por Torsión, %	-	12Min	NLT - 329
11. Índice de Penetración	-	1.00Min	
Nota : Cálculo del Índice de Penetración (IP) Ta : Temperatura del punto de ablandamiento (°C)			
$IP = (1925 - (500 \cdot \log(Pt)) - 20 \cdot Ta) / (50 \cdot \log(Pt) - Ta - 120)$ Pt : Penetración a 25°C (° 0.1 mm)			

DISEÑO DE MEZCLA

CLIENTE	: CORPAC S.A.	ING. RESPONS.	: IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA	: AEROPUERTO DE TACNA	ING. LABORT.	: JULIO VALLEJOS PALOMAR
FECHA	: 24/06/04	TECNICO	: ERNESTO BLAS VILLALBA



EMULSION OPTIMA :	13.50%	
RANGO DE TOLERANCIA MEDIA :	12,6 % - 14,3 %	
ENSAYO WTAT :	755,6g/m ² < 807g/m	cumple
ENSAYO LWT :	432,8g/m ² < 538 g/m	cumple

LABORATORIO DE ASFALTOS Y DISEÑO DE EMULSIONES

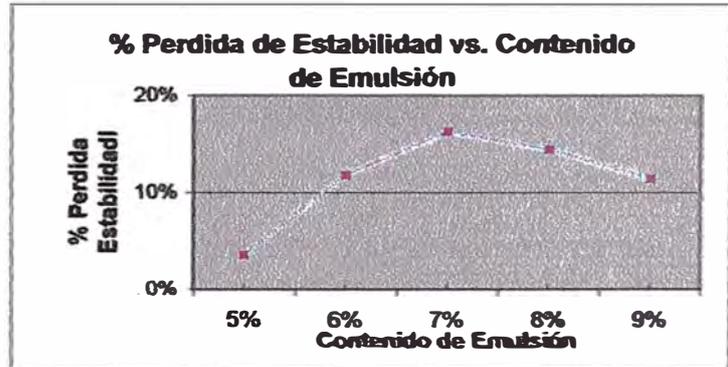
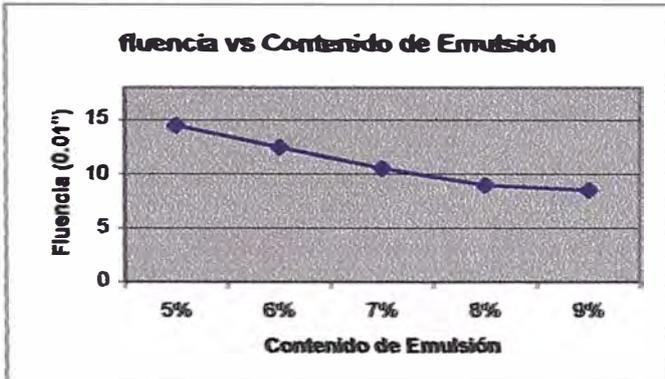
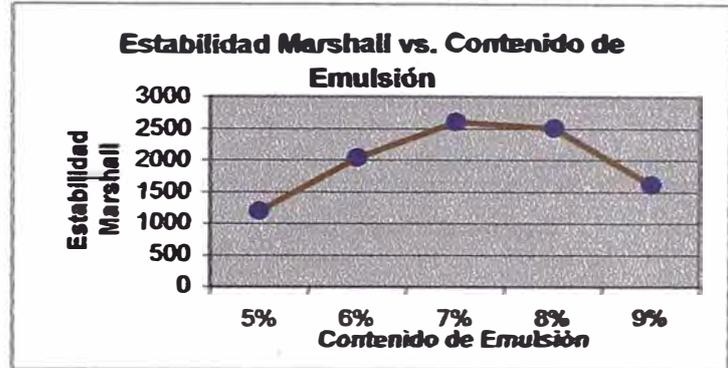
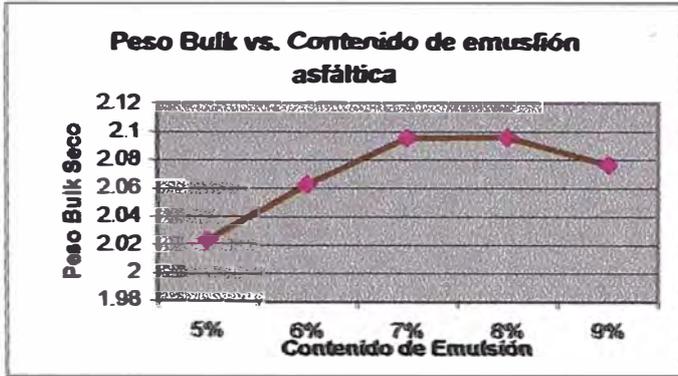
PROYECTO PAVIMENTACION DE RECICLADO (RAP)
TRAMO
CANTERA : MATERIAL DE RECICLADO HUACHIPA
UBICACIÓN HUACHIPA

ING° RESP : ING. IVAN CHAVEZ ROLDAN
ING° LAB.
FECHA : 25/07/2005

ENSAYO MARSHALL MODIFICADO ASTM D-1559

DOSIFICACION AGREGADOS

PIEDRA :	0%
ARENA GRUESA:	0%
FILLER:	2%



RESULTADOS :

ESTABILIDAD (Lb)	2668.0	
FLUJO (mm)	13.5	
PESO ESPECIF. BULK (gr/ cm3)	2.13	OPTIMO CONTENIDO E.A. (%) 9

DOSIFICACION:

Peso Volumetrico Suelto del Hormigon (PVS) 1600 Kg/m3.
 Peso de emulsión asfáltica al 9 % 144 Kg/m3.
 Peso de cemento 32 Kg/m3.

Emulsión Asfáltica CSS-1h =	38.04	Gal/m3.
% de humedad de mezclado	2.00%	32.0 Lit/m3.
% de humedad de compactación	2.00%	32.0 Lit/m3.
Agua a perder antes de compactar	2%	0.0 Lit/m3.
% de humedad total mezcla 2,5%	2.50%	40.0 Lit/m3.

RESULTADOS :

ESTABILIDAD (kg)	915	
FLUJO (mm)	3.43	
PESO ESPECIF. BULK (gr/ cm3)	2.14	INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm) 2688
VACIOS TOTALES (%)	3.5	OPTIMO CONTENIDO C.A (%) 7.5

ENSAYO DE LAVADO ASFALTICO (NORMA ASTM D-2172)

DATOS GENERALES

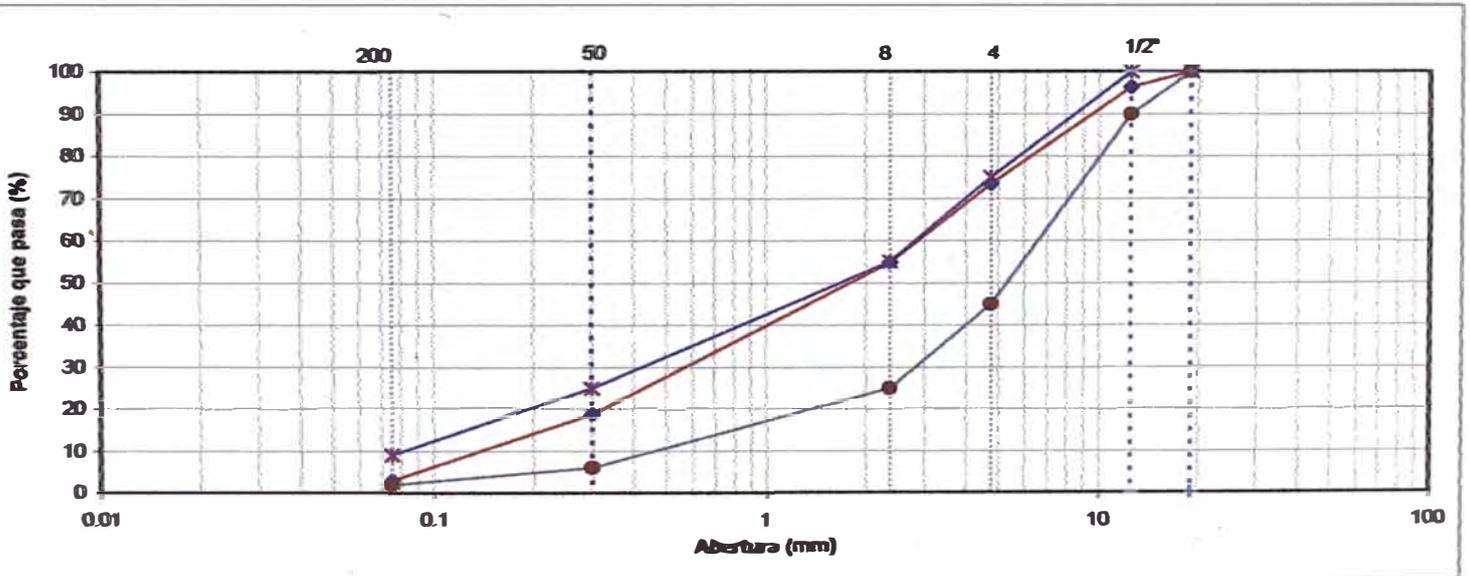
CLIENTE :	ING. RESP. :	IVAN CHAVEZ ROLDAN
OBRA :	ING. LABORAT. :	JULIO VALLEJOS PALOMINO
UBICACIÓN :	TECNICO :	ERNESTO BLAS VILLALBA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : RECICLADO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Peso inicial seco :	1572.8 g
FECHA : 09/07/05	Peso lavado seco :	1479.1 g

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA	ESPECIF. C		OBSERVACIONES
1 1/4"	31.250	0.00	0.0	0.0	100.0			RESULTADOS DEL LAVADO: PIEDRA: 26.5 % ARENA: 70.5 % FINOS: 3.0 % C.ASFALTICO: 5.96 % DISEÑO TEORICO: MEZCLA DENSA EN FRIO FILLER MINERAL: 1 % AGUA: 2.5 % EMULSION CSS-1h: 3 %
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0			
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	55.00	3.7	3.7	96.3	90	100	
3/8"	9.500	51.00	3.4	7.2	92.8	-	-	
Nº 4	4.750	286.70	19.4	26.5	73.5	45	75	
Nº 8	2.360	275.10	18.6	45.1	54.9	25	55	
Nº 30	0.600	409.40	27.7	72.8	27.2	-	-	
Nº 50	0.300	125.40	8.5	81.3	18.7	6	25	
Nº 100	0.150	147.40	10.0	91.3	8.7	-	-	
Nº 200	0.075	84.80	5.7	97.0	3.0	2	9	
< Nº 200	FONDO	44.30	3.0	100.0	0.0			
		1479.10	100.0					



ENSAYO DE MARSHALL MODIFICADO ASTM D - 1559

ASFALTO		AGREGADO							
TIPO Y GRADO	PEN 60 -70	Capa	Carpeta	Colocación de carpeta asfáltica con emulsión					
ASFALTO EN LA EMULSION	62%	Tipo	Granular	Mezcla densa en frio con emulsion asfaltica					
Gravedad especifica del asfalto (B)	1.2%	% Emulsion asfaltica							
Asfalto residual en la mezcla (A)	60.0%	Gravedad Especifica aparente ©							
MATERIAL RECICLADO - RAP - HUACHIPA									
Agua total de mezcla	3%	Gravedad especifica seca , fecha ensayo							
Agua de adición a la mezcla	2.5%								
Agua de compactación	2%								
Fecha de compactación	25/07/2005								
ITEM 1	DESCRIPCION	SECO			PROM.	SATURADO			PROM.
		5%	1	2		3	4		
DENSIDAD BULK									
	Peso de la probeta en aire (D)		1050.80	1050.10	1050.45		1058.60	1057.90	1058.3
	Peso de la probeta en agua (E)		540.50	550.10	545.3		541.00	540.50	540.8
	Peso de la probeta SSD (F)		1060.20	1069.00	1064.6		1059.20	1058.10	1058.7
	Volumen por desplazamiento		519.70	518.90	519.3		518.20	517.60	517.9
	Peso Espec. Bulk Probeta (G)		2.022	2.024	2.023		2.043	2.044	2.043
	Peso Espec. seco Bulk probeta								
	Espesor (mm.)		6.08	6.09	6.085		6.1	6.09	6.1
Estabilidad									
	Lectura Dial		95	80	87.5		90	78	84.0
	Estabilidad (-f)		591	497	544		560	485	522.3
	Estabilidad (lb-f)		1303	1097	1200		1234	1069	1151.5
	Factor de correccion		0.99	0.99	0.99		1.00	1.00	1.0
	Estabilidad corregida (S)		1291.93	1090.84	1192		1230.55	1068.58	1150
	% perdida de estabilidad								3.5
	Fluencia		14	15	14.5		12	12	12.0
Perdida de estabilidad									

ENSAYO DE MARSHALL MODIFICADO ASTM D - 1559

ASFALTO		AGREGADO							
TIPO Y GRADO	PEN 60-70	Capa	Carpeta	Colocación de carpeta asfáltica con emulsión					
ASFALTO EN LA ENMULSION	62%	Tipo	Granular	Mezcla densa en frio con emulsion asfaltica					
Gravedad especifica del asfalto (B)	1.20%	% Emulsion asfaltica							
Asfalto residual en la mezcla (A)	60%	Gravedad Especifica aparente ©							
MATERIAL RECICLADO - RAP - HUACHIPA									
Agua total de mezcla	1%	Gravedad especifica seca , fecha ensayo							
Agua de adiccion a la mezcla	1%								
Agua de compactacion	1%								
Fecha de compactacion	25/07/2005								
ITEM 1	DESCRIPCION	SECO			PROM.	SATURADO		PROM.	
		8%	1	2		3	4		
DENSIDAD BULK									
	Peso de la probeta en aire (D)		1058.90	1058.40	1058.65		1055.9	1057.1	1056.5
	Peso de la probeta en agua (E)		554.3	555.00	554.65		556.4	555.9	556.2
	Peso de la probeta SSD (F)		1060.2	1059.20	1059.7		1056.4	1059.6	1058.0
	Volumen por desplazamiento		505.90	504.20	505.05		500.00	503.70	501.9
	Peso Espec.Bulk Probeta (G)		2.093	2.099	2.10		2.112	2.099	2.1
	Peso Espec.seco Bulk probeta								
	Espesor (mm.)		6.10	6.08	6.09		6.1	6.1	6.1
Estabilidad									
	Lectura Dial		174	175	174.5		145	150	147.5
	Estabilidad (-f)		1083	1089	1086		902	933	917.8
	Estabilidad (lb-f)		2387	2401	2394		1989	2058	2023.4
	Factor de correccion		1.04	1.05	1.05		1.07	1.05	1.1
	Estabilidad corregida (S)		2491.2	2521.51	2508		2122.2134	2165.1	2144
	Fluencia		9	9	9		7	6	6.5
Perdida de estabilidad									14.5

