

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Académica Profesional
De Ingeniería Civil



MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA. ARENA – EMULSION

INFORME DESCRIPTIVO PARA SOLICITAR TITULO
POR EXPERIENCIA PROFESIONAL CALIFICADA

Presentado por:

RAUL JUAN CALLE VELASQUEZ

Lima, Septiembre 2007

INDICE

INDICE

CAPÍTULO I

Introducción

- 1.1 Generalidades.
 - 1.1.1 Objetivo.
 - 1.1.2 Alcance.

CAPÍTULO II

Expediente Técnico del Proyecto

- 2.1 Generalidades.
 - 2.1.1 Objetivo.
 - 2.1.2 Alcance.
- 2.2 Ubicación.
- 2.3 Antecedentes.
 - 2.3.1 Primera Etapa.
 - 2.3.2 Segunda Etapa.
 - 2.3.3 Condiciones Previas al Mejoramiento.
- 2.4 Características Físicas Actuales del Aeródromo.
- 2.5 Estudio de Canteras y Fuentes de Agua.
 - 2.5.1 Canteras.
 - 2.5.2 Fuentes de Agua.
- 2.6 Trabajos por Realizar.
- 2.7 Metrados.
- 2.8 Especificaciones Técnicas.
- 2.9 Análisis de Costos Unitarios.
- 2.10 Presupuesto de Obra.
- 2.11 Cronograma de Ejecución de Obra.
- 2.12 Anexos.
- 2.13 Relación de Planos.

CAPÍTULO III

Mezclas Asfálticas Emulsionadas.

- 3.1 Consideraciones Generales.
- 3.2 Ensayos de resistencia.
- 3.3 Requisitos de los Agregados.
- 3.4 Ensayos de Agregados.
- 3.5 Mezclas de pruebas.
- 3.6 Selección del Asfalto.
- 3.7 Proporciones de los Materiales.
- 3.8 Mezclas in Situ.
 - 3.8.1 Plantas viajeras.
 - 3.8.2 Mezcladores rotatorios.
 - 3.8.3 Mezclado con motoniveladora.
 - 3.8.4 Extensión y compactación.
- 3.9 Mezcla emulsionada de planta (fría)
 - 3.9.1 Plantas de mezcla.
 - 3.9.2 Mezclas de gradación abiertas.
 - 3.9.3 Materiales para mezclas de gradación abierta.
 - 3.9.4 Métodos de diseño para mezclas abiertas.
 - 3.9.5 Mezclas densas.
 - 3.9.6 Materiales para mezclas densas.
 - 3.9.7 Método de diseño para mezclas densas.
 - 3.9.8 Mezclas con arena.
 - 3.9.9 Estabilización de Suelos y Bases.
- 3.10 Equipo para pavimentación Asfáltica.
 - 3.10.1 La pavimentadora Asfáltica.
 - 3.10.2 Rodillos.
 - 3.10.3 Equipo auxiliar.
- 3.11 Colocación y compactación de las mezclas emulsionadas en frío.
- 3.12 Precauciones.
- 3.13 Sellos con mezclas en frío.
- 3.14 Slurry Seal.

CAPÍTULO IV

Aplicaciones Misceláneas de las Emulsiones

- 4.1 Generalidades.
- 4.2 Tratamientos superficiales por riego.

- 4.3 Tratamiento superficial tipo SAMI.
- 4.4 Riego de Liga.
- 4.5 Riego negro.
- 4.6 Riegos de protección.
- 4.7 Sellador de grietas.
- 4.8 Riego de imprimación.
- 4.9 Riego antipolvo.
- 4.10 Aplicaciones de las emulsiones modificadas.

CAPÍTULO V

Generalidades de la Obra.

- 5.1 Ubicación de Canteras y fuentes de Agua.
 - 5.1.1 Cantera Río Purús.
 - 5.1.2 Cantera Esperancillo.
 - 5.1.3 Fuente de Agua.
- 5.2 Selección de los Materiales.
 - 5.2.1 Agregado.
 - 5.2.2 Agua.
 - 5.2.3 Filler.
 - 5.2.4 Emulsión.
 - 5.2.4.1 Riego de Liga.
 - 5.2.4.2 Slurry Seal.
 - 5.2.4.3 Mezcla Arena-Emulsión para Carpeta de Rodadura.
- 5.3 Emulsión adecuada al Material Pétreo usado.
- 5.4 Diseño de mezcla para mortero asfáltico (Slurry Seal).
- 5.5 Diseño de mezcla arena-emulsión para carpeta de rodadura.
- 5.6 Especificaciones usadas.
- 5.7 Producción de Mezclas Asfálticas con Emulsión.
 - 5.7.1 Mortero Asfáltico tipo Slurry Seal.
 - 5.7.2 Mezcla Arena-Emulsión para carpeta de rodadura.
- 5.8 Calibración de la planta de Producción de la Mezcla Arena-Emulsión.
- 5.9 Preparación de la Superficie a Recapar.
 - 5.9.1 Preparación de la superficie para el tratamiento de grietas y fisuras.
 - 5.9.2 Sellado de Grietas y Fisuras.
 - 5.9.3 Preparación de la superficie para el riego de liga
 - 5.9.4 Riego de Liga.
 - 5.9.5 Bacheo.
- 5.10 Colocación de carpeta.
- 5.11 Control de Calidad y especificaciones por mezclas producidas.

CAPÍTULO VI

Conclusiones y Recomendaciones.

CAPITULO I

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Generalidades

1.1.1 Objetivo

La tecnología en frío, basada en el empleo de emulsiones asfálticas, ha tenido una evolución e interés creciente en el ámbito mundial. El perfeccionamiento químico de los productos, la variedad del tipo de emulsiones y la puesta a punto de nuevas unidades de obra, han hecho que en el momento actual el ingeniero disponga de un instrumento eficaz, versátil y económico en todos los casos. En el Perú la empresa BITUPER S.A es la pionera en el desarrollo tecnológico de las emulsiones, empresa con la cual trabaje, además de haber laborado en diferentes empresas dedicadas a este rubro, tales como CAMECON SRL., EMULSIONES ESPECIALES SA. Y CARLOS AMOROS HECK CONTRARISTAS GENERALES S.A. empresa líder a la cual pertenezco en la actualidad y la experiencia obtenida en la obra Mejoramiento del Aeródromo de Puerto Esperanza, por lo que es objetivo de la tesis reunir información teórica práctica sobre la emulsión y producción, control de calidad y colocación de la mezcla arena-emulsión.

1.1.2 Alcance

La ejecución estuvo a cargo de la Unidad Militar de Asentamiento Rural N6 (UMAR N6) con la supervisión del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Los trabajos comprendidos fueron los siguientes:

- Tratamiento de grietas y fisuras en los primeros 1,200m. de la pista de aterrizaje con mortero asfáltico tipo Slurry Seal.
- Riego de liga con emulsión asfáltica.
- Capa nivelante de refuerzo de Arena-Emulsión.
- Limpieza de la zanja de drenaje y señalización.

Para tal efecto se realizaron en el laboratorio de la empresa proveedora de la emulsión asfáltica Bituper S.A. Los diseños de la emulsión más adecuada a la arena empleada, el diseño de la mezcla arena-emulsión mediante el método Illinois (Marshall Modificado).

La producción de la mezcla se realizó en una planta mezcladora en frío y la colocación mediante un tren de asfalto convencional.

Estos trabajos tuvieron un seguimiento técnico para constatar que se cumplan los parámetros empleados en el diseño de la mezcla.

Se presentan en esta tesis los ensayos de control de calidad de los insumos usados como son: Arena (Cantera Río Purús), agua (Río Purús) y también los diseños de la emulsión CRL-1h, CRR-2h y de las mezclas y sus controles de calidad.

CAPITULO II

CAPITULO II

EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO

2.1 Generalidades

2.1.1 Objetivo

El presente Expediente Técnico tiene como objetivo la realización de los trabajos de colocación de una capa nivelante con mezcla arena-emulsión asfáltica sobre la superficie de rodadura de la Pista Principal desde el Km 0+000 al Km 1+200, Calle de Salida y Plataforma de Estacionamiento de Aeronaves del Aeródromo de Puerto Esperanza, de tal manera que permitan las operaciones de aeronaves hasta el tipo Hércules. Cabe destacar que este aeródromo cubrirá las necesidades de transporte Aéreo de esta zona fronteriza con el Brasil integrándola de esta forma al Sistema Aeroportuario Nacional, apoyando el desarrollo socio-económico de la región a través de un medio de transporte, rápido, eficiente y seguro.

2.1.2 Alcance

Dotar a la localidad de Puerto Esperanza de un Aeródromo que permita operaciones seguras de aeronaves hasta del tipo Hércules (130,000 lbs), en condiciones de vuelo visual (VFR) de acuerdo con las normas y recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

2.2 Ubicación

El Aeródromo de Puerto Esperanza, colindante con la frontera con Brasil, se encuentra ubicado:

Región : Ucayali
Departamento : Ucayali
Provincia : Purús
Distrito : Puerto Esperanza

Sus coordenadas geográficas son:

Longitud : 70° 42' 33" W
Latitud : 09° 46' 13" S

Su elevación sobre el nivel del mar es de 220 m. (722 pies)

2.3 Antecedentes

2.3.1 Primera Etapa

El Ministerio de Defensa, mediante convenio firmado con el ministerio de Transportes, Comunicaciones Vivienda y Construcción. Inicio bajo el Sistema de encargo la ejecución de los trabajos de “Mejoramiento del Aeródromo de Puerto Esperanza” a través de la oficina de Desarrollo Nacional (ODENA) – Unidad Militar de Asentamiento Rural N° 6 (UMAR N°6) en septiembre de 1992 con partidas presupuestales de la Dirección Generales de Caminos.

Esta obra consistió en la ejecución de una pista de 1200 m. De longitud por 30 m. De ancho, calle de salida y plataforma de estacionamiento de aeronaves, con un pavimento consistente en una capa de base (Arena - Cemento) de 0.25 m. y una superficie de rodadura a nivel de emulsión asfáltica (Arena – Emulsión) de 1.0 cm de espesor promedio, que permite las operaciones de aeronaves del tipo Antonov AN – 32 con un peso máximo hasta de 65,000 lbs. Esta obra fue concluida en Mayo de 1994.

2.3.2 Segunda etapa

Mediante R.D. N° 185-95-MTC/15.12 del 27.12.97 se aprobó el Expediente Técnico “Ampliación del Aeródromo de Puerto Esperanza”, el cual contiene los trabajos de ampliación de la pista principal en 600 m. (de 1200 m. a 1800 m.), con un pavimento compuesto de una capa de sub base (arena) de 0.40 m., capa de base (Arena – Cemento) de 0.30 m. y una superficie de rodadura a nivel de emulsión asfáltica (Arena – Emulsión) de 0.05 m. de espesor. Estos trabajos también fueron ejecutados por la modalidad de encargo del MTC al Ministerio de Defensa, con partida presupuestal de la Dirección General de Transporte Aéreo.

2.3.3 Condiciones Previas al Mejoramiento

Actualmente la pista de aterrizaje del Aeródromo de Puerto Esperanza es utilizada por aviones del tipo Antonov y/o similares con una frecuencia de un vuelo por semana.

De la Inspección Técnica realizada por la Oficina de Control de Calidad de la Dirección General de Caminos (Memorandum N° 1312-97-MTC/15.17), conjuntamente con la Dirección de Infraestructura Aeroportuaria, se determinó la necesidad de efectuar un tratamiento de juntas para seguidamente colocar una capa nivelante de refuerzo hasta lograr el espesor de diseño (5 cm) en el tramo 0+000 al 1+200.

2.4 Características físicas actuales del aeródromo

Mediante Resolución Directoral N° 0034-95-MTC/15.12 de fecha 28 de febrero de 1995 se declaró abierto al tráfico aéreo el Aeródromo de Puerto Esperanza con las siguientes características físicas:

PISTA PRINCIPAL

Orientación	:	72° - 252°
Designación	:	07 / 25
Aterrizaje	:	07 y 25 (ambas cabeceras)
Despegue	:	07 y 25 (ambas cabeceras)
Longitud	:	1,200 m.
Ancho	:	30 m.
Elevación	:	220 m.s.n.m. (721 pies)
Pendiente efectiva	:	1 %
Pendiente transversal	:	1.5 % convexa
Superficie de rodadura	:	Emulsión Asfáltica de 0.025 m. de espesor
Aeronaves que pueden Operar	:	Aeronaves hasta 59,000 lbs. de peso (Antonov)

Asimismo también cuenta con:

a) CALLE DE SALIDA

Longitud	:	60 m.
Ancho	:	15 m.

Pendiente : Longitudinal : Variable
Transversal : Variable

b) PLATAFORMA DE ESTACIONAMIENTO DE AERONAVES

Longitud : 85 m.

Ancho : 90 m.

Pendiente : Longitudinal : 0 %

Transversal : 1% (convexa)

2.5 Estudio de Canteras y Fuentes de Agua

Para la realización del presente Expediente Técnico de Obra, se ha tenido en cuenta el estudio de canteras y fuentes de agua contenidos en el Expediente Técnico de “Ampliación del Aeródromo de Puerto Esperanza” (Segunda Etapa), cuyas características principales se describen a continuación.

2.5.1 Canteras

CANTERA RIO PURUS

NOMBRE : RIO PURUS

UBICACIÓN : Se encuentra a 1.6 Km. Del centro geométrico del aeródromo (Primera Etapa)

ACCESO : Existe una trocha carrozable en buenas Condiciones.

AGREGADO : Arena fina menor a la malla N° 30

POTENCIA : 100,000 m³

EXPLOTACION: Cargador frontal sobre llantas en época de estiaje (Abril a Noviembre)

RENDIMIENTO : 95%

USOS : Mortero Asfáltico (Arena – Emulsión), previo zarandeo y mezcla.

Mezcla (Arena – Cemento), previo zarandeo y mezcla.

CANTERA ESPERANCILLO

NOMBRE : Esperancillo

UBICACIÓN : Se encuentra a 2.0 Km. Del Centro Geométrico
del aeródromo (Primera Etapa)

ACCESO : Existe una trocha carrozable en buenas condiciones.

AGREGADO : Arena fina menor a la malla N° 40

POTENCIA : 100,000 M3

PROPIETARIO : Concejo de Puerto Esperanza

EXPLOTACION : Cargador frontal sobre llantas y/o tractor en cualquier época
del año.

RENDIMIENTO : 95%

USO : Mezcla (Arena – Cemento), previo zarandeo y mezcla

2.5.2 Fuentes de agua

Para el abastecimiento de agua se utilizara las aguas del Río Purús, ubicado a 1.6 Km. del centro geométrico del aeródromo (Primera Etapa).

La ubicación de las canteras y fuente de agua estudiadas se esquematizan en el gráfico #1, asimismo los resultados de los ensayos de laboratorio se anexan al presente Expediente Técnico.

2.6 Trabajos por Realizar

Mediante Memorando N° 1312-97-MTC/15.17 de fecha 16.07.97 la Dirección General de Caminos remite el Informe realizado por la Oficina de Control de Calidad del MTC sobre la Evaluación Superficial de la Pista de Aterrizaje del Aeródromo de Puerto Esperanza.

De la citada evaluación se desprende que resulta ineludible efectuar el sellado asfáltico de la superficie además de recomendarse el tratamiento de fisuras.

Los trabajos comprendidos en el presente expediente técnico son:

- Tratamiento de fisuras y de grietas en los primeros 1200 m. de la pista de aterrizaje.
- Capa nivelante de refuerzo o sellado con emulsión asfáltica de la superficie de rodadura de la pista principal de 1200 m. de longitud por 30 m. de ancho. Asimismo se sellará la plataforma de estacionamiento de aeronaves y la calle de salida.
- Limpieza de las zanjas de drenaje y señalización.

2.7 **Metrados**

METRADO DE TRATAMIENTO DE FISURAS

A :	JUNTAS TRANSVERSALES	
	- Cantidad de Juntas Transversales	31 und
	- Longitud de cada Junta	90 ml
	- Longitud Parcial	2,790 ml
B :	JUNTAS LONGITUDINALES	
	- Cantidad de Juntas Longitudinales	31 und
	- Longitud de cada Junta	150 ml
	- Longitud Parcial	4,650 ml
C :	RESUMEN	
	- Longitud de Juntas Transversales	2,790 ml
	- Longitud de Juntas Longitudinales	4,650 ml
	- Longitud Parcial	7,440 ml
D :	LONGITUD DE TRATAMIENTO DE FISURAS	
	- 35% de Longitud Total de Juntas	2,604 ml
E :	CARACTERISTICAS DE JUNTAS	
	- Largo	2,604 ml
	- Ancho	0.025 ml
	- Profundidad	0.25 ml
	- Volumen a Trabajar	16.30 m3

VOLUMEN A TRABAJAR 16.30 m3

(*) El metrado de juntas transversales y longitudinales (7440 ml)

Sólo se esta empleado de manera referencial para el cálculo del metrado de fisuras.

ITEM 602 METRADO DE RIEGO DE LIGA

a) APLICACIÓN DE MATERIAL LIGANTE

Area Neta a Imprimir = 48,484.13

DESCRIPCION	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)
<u>PISTA PRINCIPAL:</u>			
a) Km 0+000 – km 1 + 200	1,200.00	30.00	36,000.00
b) Gota de volteo Km 0+000 – km 0 + 110	AREA	COMPUESTA	2,400.00
c) Gota de volteo Km 1+110 – km 1 + 200	AREA	COMPUESTA	1,400.00
<u>CALLE DE SALIDA:</u>			

a) Calle de Salida	60.00	15.00	900.00
b) Empalme de Pista Principal Con Plataforma de Aviones	AREA	COMPUESTA	134.13
<u>PLATAFORMA DE AVIONES:</u>			
a) Km 0 + 600	85.00	90.00	7,650.00
TOTAL:			48,484.13

ITEM MA METRADO MORTERO ASFALTICO

MEZCLA ASFALTICA EN FRIO

Area Neta = 48,484.13

DESCRIPCION	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)
<u>PISTA PRINCIPAL:</u>			
Km 0+000 – km 1 + 200	1,200.00	30.00	36,000.00
Gota de volteo			
Km 0+000 – km 0 + 110	AREA	COMPUESTA	2,400.00
Gota de volteo			
Km 1+110 – km 1 + 200	AREA	COMPUESTA	1,400.00
<u>CALLE DE SALIDA:</u>			

Calle de Salida	60.00	15.00	900.00
Empalme de Pista Principal Con Plataforma de Aviones	AREA	COMPUESTA	134.13
<u>PLATAFORMA DE AVIONES:</u> Km 0 + 600	85.00	90.00	7,650.00
TOTAL:			48,484.13

$$\text{VOLUMEN} = 48,484.13 \times 0.04 = 1,939.37$$

(*) Se está considerando un espesor promedio de 4 cm de mortero asfáltico para los fines del metrado

ITEM - DRE

**METRADO DE HABILITACION Y MANTENIMIENTO DEL
SISTEMA DE DRENAJE**

METRADO DE EXCAVACION DE ZANJA DE DRENAJE

PROGRESIVA LADO DERECHO	TIPO	LONG (m)	Hp (m)	(0.5hp+B1)hp (m2)	VOLUMEN (M3)
Km 0 + 000 – Km 0 + 540	I	540	0.62	0.81	437.40
Km 0 + 540 – Km 0 + 820	I	120	0.26	0.29	34.80
Km 0 + 820 – Km 0 + 900	I	80	0.19	0.21	16.80
Km 0 + 900 – Km 1 + 460	I	560	0.82	1.16	649.60
Km 1 + 700 – Km 1 + 800	I	100	0.35	0.41	41.00
TOTAL					1,179.60

PROGRESIVA LADO IZQUIERDO	TIPO	LONG (m)	Hp (m)	(0.5hp+B1)hp (m2)	VOLUMEN (M3)
Km 0 + 000 – Km 0 + 320	I	320	0.55	0.70	224.00
Km 0 + 320 – Km 0 + 380	I	60	0.48	0.60	36.00
Km 0 + 380 – Km 0 + 700	I	320	0.32	0.37	118.40
Km 0 + 700 – Km 1 + 800	I	1100	0.97	1.44	1,584.00
TOTAL					1,962.40

PLATAF. DE ESTACION DE AERONAVES	TIPO	LONG (m)	Hp (m)	(0.5hp+B1)hp (m2)	VOLUMEN (M3)
Lado Izquierdo y Derecho	I	380	0.80	1.12	425.60
TOTAL					425.60

SUB-TOTAL	VOLUMEN 100%	3,567.60
TOTAL	VOLUMEN 50%	1,783.80

NOTA:

- Se está adoptando un canal de forma trapezoidal $b_1 = 1.00$ m. Tipo I

Metrado de acuerdo al Expediente Técnico aprobado con R.D. N°185-95-MTC/15.12 del 27.12.97

Se considerará el 50% del metrado para los trabajos de habilitación y mantenimiento de zanjas de drenaje.

ITEM P - 620

METRADO DE SEÑALIZACIO

DESCRIPCION	CANTIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)
PINTURA COLOR BLANCO				5,460.05
- Señales de Umbral	16	30.00	1.70	816.00
- Señal de Eje de Pista	33	30.00	0.30	297.00
- Señal de Faja Lateral Izquierda	1	1,800.00	0.90	1,620.00
- Señal de Faja Lateral Derecha	1	1,760.00	0.90	1,584.00
- Números Designadores	4			63.05
- Señal de Punto de Visada	4	45.00	6.00	1,080.00
PINTURA COLOR AMARILLO				191.15
- Bordes de Plataforma de Aviones	1	310.00	0.15	46.50
- Bordes de calle de Salida	2	74.27	0.15	22.28
- Bordes de Gota de Volteo (Km 0 + 000)		147.08	0.15	22.06
- Bordes de Gota de Volteo (Km 1 + 200)		114.72	0.15	17.21
- Bordes de Gota de Volteo (Km 1 + 800)		140.00	0.15	21.00
- Señal de Plataforma	1	163.36	0.15	24.50
- Señal de Eje de calle de salida		250.68	0.15	37.60

RESUMEN DE METRADOS DE SEÑALZACION

PINTURA	AREA (M2)
COLOR BLANCO	5,460.05
COLOR AMARILLO	191.15
TOTAL	5,651.20

2.8 Especificaciones Técnicas

TRATAMIENTOS DE JUNTAS

Descripción

El tratamiento de juntas consiste en una aplicación de material bituminoso en las juntas de acuerdo a las necesidades de la obra. El material a utilizarse será Emulsión Asfáltica de Rotura rápida en la cantidad indicada por el Ingeniero Supervisor.

CANTIDAD DE MATERIAL BITUMINOSO

La cantidad aproximada de material bituminoso por m³ para la aplicación será de 246.2 gls/m³.

METODO DE CONSTRUCCION

Limitaciones Climatéricas.- La colocación de la Emulsión Asfáltica se aplicará solamente cuando la superficie existente esté seca o contenga suficiente humedad para proseguir una distribución uniforme del material de 60° F (15° C) y cuando no hay neblina ni lluvia. Los requerimientos de temperatura pueden omitirse, pero solo por indicación del Ing. Supervisor.

Equipo.- El equipo que va a usar el contratista incluirá una compresora de aire para la limpieza general de la zona a tratarse con el material bituminoso.

Aplicación de material bituminoso.- Inmediatamente antes de aplicar la imprimación, se barrera todo el ancho de la superficie que se va a tratar con una compresora de aire, para quitar el polvo y otros materiales inconvenientes.

La aplicación del material bituminoso en las juntas se hará empleando las herramientas con que cuenta el constructor en las cantidades estipuladas por el Ingeniero Supervisor.

Después de la aplicación se dejará que se seque la superficie imprimada por un periodo no menor de 48 hrs. O por un periodo de tiempo adicional que puede ser necesario, para permitir que seque sin que sea dañada por el tránsito o equipo, tal periodo será determinado por el Ing. Supervisor.

La zona tratada será conservada por el constructor. El Constructor tomará precauciones apropiadas para proteger la colocación del material bituminoso de

cualquier deterioro durante este período. Inclusive extenderá la cantidad necesaria de arena para eliminar el exceso de material bituminoso.

Responsabilidad del constructor respecto al material bituminoso.- Muestras del material bituminoso que el constructor se propone usar junto con un informe del origen y características de tales materiales, debe presentarse y obtener su aprobación antes que comiencen a usarse. El contratista solicitará que esté sujeto a este y todos los otros requerimientos pertinentes del contrato. Solamente se aceptará aquellos materiales que se halla demostrado por medio de pruebas de laboratorio que son satisfactorios.

El contratista obtendrá un certificado de ensayos del vendedor para cada unidad de carga, o su equivalente, del material bituminoso embarcado para el proyecto. El informe se entregará al Ingeniero Supervisor, antes de permitir el uso del material. La entrega del informe de pruebas del material bituminoso por el vendedor, no se aceptará como lo base para su aceptación final. Todos los informes de las pruebas se someterán a una comprobación por medio de ensayos de las muestras de los materiales como se han recibido para su empleo en el proyecto.

METODO DE MEDIDA

La colocación de emulsión asfáltica se medirá en metros cúbicos de material bituminoso, colocada y aceptada, construidas de acuerdo a lo indicado en los planes, o como lo halla ordenado el Ingeniero Supervisor.

BASES DE PAGO

Se pagará el precio unitario del Contrato, por metro cúbico de material bituminoso. Este precio y pago representará la compensación total por el suministro, entrega y aplicación del material, por la limpieza de la superficie y por toda mano de obra, equipo, herramienta y operaciones necesarias para completar el ítem.

RIEGO DE LIGA

Descripción

El riego de bituminosa consiste en una aplicación de material bituminosa sobre la base, preparada, aplicada de acuerdo a estas especificaciones, en la proporción

especificada por el contratista. El tipo de material bituminoso que debe usarse lo escogerá el contratista de los incluidos en esta especificación, en el caso de no existir ninguna de las mencionadas se realizará en la indicada y aprobada por el Ing. Supervisor.

Cantidades de material bituminoso.- La cantidad aproximada de material bituminoso por yarda cuadrada (m2) para el riego de liga será la que se establezca en la tabla II -1.

TABLA II - 1. CANTIDADES DE MATERIAL BITUMINOSO

MATERIAL	CANTIDAD
Material bituminoso	0.25 a 0.50 galones por yarda cuadrada (1.12 a 2.3 litros por m2)

MATERIAL

Materiales Bituminosos.- Los tipos, grados, especificaciones de control y temperaturas de aplicación del material bituminoso se da enseguida.

El contratista designará el material específico a usarse.

TIPO Y GRADO	ESPECIFICACION	TEMPERATURA DE APLICACIÓN
<u>Emulsión Asfáltica</u>		
RS-1, RS – 2K	Esp. Fed. 55 – A – 674	75° - 130° F
RS-2, RS - 3K	Esp. Fed. 55 – A – 674	100° - 170° F
<u>Brea</u>		
RT-2	AASHO M 52	60 A 125 F
RT-3	AASHO M 52	80 A 120 F

METODOS DE CONSTRUCCION

Limitaciones Climáticas.- El riego de liga se aplicará solamente cuando la superficie existente esté seca o contenga suficiente humedad para conseguir una distribución uniforme del material bituminoso, cuando la temperatura atmosférica es

mayor de 60 F (15 C) y cuando no hay neblina ni lluvia. Los requerimientos de temperatura pueden omitirse, pero solo por indicación del Ing. Supervisor

El equipo que va a usar el constructor incluirá un distribuidor de presión autopropulsado y equipado para calentar el material bituminoso. El distribuidor tendrá llantas neumáticas de tal ancho y en número tal que la carga que transmita sobre la superficie de la base no exceda de 650 libras por pulgada de ancho (120 Kilos por cm de ancho) de la llanta y estará diseñado, equipado y operado para que el material bituminoso, aún caliente, pueda aplicarse uniformemente sobre anchos variables de la superficie en proporciones fáciles controladas desde 0.05 a 2.00 galones por yarda cuadrada (0.23 a 9.00 galones por metro cuadrado), con una variación de presión de 25 a 75 libras por pulgada cuadrada (1.8 a 5.4 Kg/cm²) y con una tolerancia en la variación, de cualquier proporción especificada que no exceda en 5%. El distribuidor tendrá tacómetro, manómetro de presión, medidores de volumen y un termómetro para leer las temperaturas del material que contiene el tanque.

Aplicación de material bituminoso.- Inmediatamente antes de aplicar el riego de liga se barrera todo el ancho de la superficie que se va a imprimir con una escoba mecánica equipada con soplador, para quitar el polvo y otros materiales inconvenientes.

La aplicación del material bituminoso de riego de liga se hará por medio de un distribuidor a presión del tipo aprobado y a la presión y en las cantidades estipuladas por el Ing. Supervisor.

Después de la aplicación se dejará que se seque la superficie regada por un período no menor de 48 hrs. O por un período de tiempo adicional que puede ser necesario, para permitir que seque sin que sea dañada por el tránsito o equipo, tal período será determinado por el Ing. Supervisor.

La superficie regada será conservada por el contratista hasta que se construya la capa de superficie. El contratista tomará las precauciones apropiadas para proteger la imprimación de cualquier deterioro durante este período. Inclusive extenderá la cantidad necesaria de arena para eliminar el exceso de material bituminoso.

Responsabilidad del constructor respecto al material bituminoso.- Muestras del material bituminoso que el constructor se propone usar junto con un informe del origen

y características de tales materiales, debe presentarse y obtener su aprobación antes que comiencen a usarse. El constructor solicitará al fabricante o productor de los materiales bituminosos que se suministre un material que esté sujeto a éste y todos los otros requerimientos pertinentes del Contrato. Solamente se aceptará aquel material que se halla demostrado por medio de pruebas de laboratorio que son satisfactorios.

El Constructor obtendrá un certificado de ensayos del vendedor para cada unidad de carga, o su equivalente, del material bituminoso embarcado para el proyecto. El informe se entregará al Ing. Supervisor, antes de permitirse el uso del material. La entrega del informe de pruebas del material bituminoso por el vendedor, no se aceptará como base para su aceptación final. Todos los informes de las pruebas se someterán a una comprobación por medio de ensayos de las muestras de los materiales como se han recibido para su empleo en el proyecto.

METODO DE MEDIDA

El riego de liga con material bituminoso se medirá en metros cuadrados de superficie regada, colocada y aceptada, construidas de acuerdo a lo indicado en los planos, o como lo halla ordenado el Ing. Supervisor.

BASE DE PAGO

Se pagará el precio unitario del Contrato, por metro cuadrado de riego de liga. Este precio y paga representará la compensación total por el suministro, entrega y aplicación del material, por la limpieza de la superficie y por toda mano de obra, equipo, herramientas u operaciones necesarias para completar el ítem.

P – 620 PINTURA DE PISTA Y CALLE DE RODAJE

Descripción

620-1.1 Este ítem consistirá en la pintura de números, marcas y franjas sobre la superficie de las pistas y calles de rodaje, aplicadas de acuerdo con estas especificaciones y en las ubicaciones mostradas en los planos, o tal como lo ordene el Ing. Supervisor.

MATRIALES

620-2.1 Pintura.- La pintura deberá cumplir los requisitos de la Especificación Federal TT-P-85. La pintura podrá usarse con o sin medio reflectante, tal como se especifique.

620-2.2 Medio Reflectante.- Cuando se especifique pintura reflectante, esta característica se proporcionará añadiendo esferas de vidrio a la superficie del medio pigmentado. El medio reflectante deberá cumplir con la Especificación Federal TT B-1325, Tipo III.

METODOS DE CONSTRUCCION

620-3.1 Limitaciones Climatéricas.- El pintado deberá efectuarse solamente cuando la superficie esté limpia y seca, cuando la temperatura atmosférica esté sobre 5° Grados C. Y cuando el tiempo no esté excesivamente ventoso, polvoriento o nublado. La aceptabilidad del tiempo será determinada por el Ingeniero.

620-3.2 Equipo.- Todo el equipo para el trabajo deberá ser aprobado por el Ingeniero y deberá incluir los aparatos necesarios para limpiar apropiadamente la superficie existente, un marcador mecánico y todo el equipo auxiliar de pintado manual que fuere necesario para cumplir satisfactoriamente con el trabajo.

El marcador mecánico deberá consistir de una máquina marcadora del tipo de pulverización, aprobada y aceptable para ser utilizada en la aplicación de pinturas de tráfico. Ella debe producir una película uniforme de igual espesor al recubrimiento solicitado y debe estar diseñada en tal forma que aplique marcas de sección transversal uniforme y con bordes rectos y limpios sin corrimientos o salpicaduras y dentro o salpicaduras y dentro de los límites de exactitud aquí enunciados. Cuando fuere necesario, se acondicionará un surtidor apropiadamente diseñado para trabajar con la máquina marcadora y aceptable para entregar la cantidad necesaria de medio reflectante.

Deberá ser posible efectuar ajustes en el (los) pulverizador (es) de una máquina simple, o mediante equipo adicional, a fin de pintar el ancho solicitado.

620-3.3 Preparación de la superficie existente.- Inmediatamente antes de la aplicación de la pintura, la superficie existente deberá estar seca y completamente

libre de tierra, grasa, aceite, ácidos, lechada u otras materias extrañas que pudieran reducir la ligazón entre la capa de pintura y el pavimento. La superficie debe ser cuidadosamente limpiada mediante barrido y soplado tanto como fuere necesario para retirar toda la tierra, lechada y materiales sueltos. Las áreas que no pueden ser satisfactoriamente limpiadas por barrido y soplado deberán ser restregados tal como se ordene con una solución de agua con fosfato trisódico (10% Na₃PO₄ en peso o una solución similar aprobada. Después del restregado, debe enjuagarse la solución y secar la superficie antes de pintar.

Las marcas o franjas existentes que deben ser abandonadas o retiradas se borrarán u oscurecerán con los mejores métodos posibles para el caso, y a satisfacción del Ingeniero.

620-3.4 Replanteo y Alineamientos.- En aquellas secciones del pavimento en las que no halla figuras aplicadas previamente o marca, o franjas, que pudieran servir como guía; deberá replantearse o alinearse las franjas propuestas antes de la aplicación de la pintura. Se colocarán puntos de control espaciados de tal forma que aseguren una ubicación precisa de todas las marcas.

El Contratista deberá proporcionar un técnico experimentado para supervisar la ubicación, alineamiento, replanteo, dimensiones y aplicaciones de la pintura.

Si una sola faja ha sido diseñada la pintura debe aplicarse a un lado de las juntas longitudinales del pavimento. Si se trata de fajas dobles o múltiples se centrarán sobre las juntas longitudinales.

620-3.5 Aplicación.- las marcas deben ser aplicadas en la ubicación y con las dimensiones y espaciamientos indicados en los planos o tal como se especifique. La pintura no deberá aplicarse hasta que los replanteos, alineamientos indicados y la condición de la superficie existente hayan sido aprobados por el Ingeniero.

La pintura deberá mezclarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante antes de su aplicación. La pintura debe ser cuidadosamente mezclada y aplicada a la superficie del pavimento con la máquina marcadora con su consistencia original sin la inclusión de adelgazante alguno (thiner). Si la pintura se aplica con brocha, la superficie debe

recibir dos capas; la primera deberá estar completamente seca antes de aplicar la segunda.

Debe transcurrir un período de varias semanas después de la aplicación del sello bituminoso o la capa de superficie bituminosa, antes de proceder al marcado del pavimento. La pintura no debe correrse excesivamente, aglutinarse o decolorarse cuando se aplique a superficies asfálticas.

En la aplicación de franjas rectas, cualquier desviación de los bordes que exceda de 12 mm. en cada 15 metros, deberá ser borrada y la marca corregida. El ancho de las marcas deberá ser proyectado, con una tolerancia del 5%. Todo el pintado debe ejecutarse a satisfacción del Ingeniero mediante operadores de equipo, obreros y artesanos competentes y experimentados que trabajan en forma limpia y ordenada.

La pintura debe ser aplicada uniformemente por equipo aceptable con una producción no menor de 10 m² ni mayor de 11 m² por galón. Las esferas de vidrio deben aplicarse a razón de 0.75 Kilos por galón de pintura.

El contratista debe proporcionar un informe certificado de la calidad de los materiales ordenados para el trabajo. Este informe no debe considerarse como aceptación final. El Ingeniero deberá ser notificado del arribo de un embarque para inspeccionar y hacer un muestreo de los materiales. Cuando fuere necesario, todos los recipientes vacíos deberán regresarse al depósito de pinturas, o se pondrán a disposición del Ingeniero para su recuento.

Los recipientes no deberán retirarse del Aeropuerto o destruirse sin permiso. El Contratista deberá efectuar una contabilización precisa de los materiales de pintura utilizados para el trabajo aceptado.

620-3.6 Protección.- Después de la aplicación de la pintura, todas las marcas deberán protegerse mientras la pintura se seca. La pintura fresca deberá protegerse de todo daño. El Contratista será directamente responsable y deberá erigir o colocar signos preventivos, banderas o barricadas aceptables, o mallas protectoras o cualquier recubrimiento que fuere necesario. Todas las superficies deben protegerse contra la desfiguración que pudieran causar salpicaduras, derrames, goteo, chorreo, etc. de pintura u otros materiales.

620-3.7 Trabajo o material defectuoso.- Cuando cualquier material que no se ajuste a los requisitos de las especificaciones o planos fuere entregado en el proyecto o incorporado en el trabajo, o cuando algún trabajo sea de inferior calidad, tal material o trabajo debe ser considerado defectuoso y se corregirá tal como lo ordene el Ingeniero, a expensas del Contratista

620-4.1 Método de medición.- El total de numeración y marcado de las pistas de aterrizaje y calles de rodaje tal como se indica en los planos, que deba ser pagado, será el número de metros cuadrados de pintura, o un solo pago total de trabajo terminado, todo ejecutado de acuerdo con las especificaciones y aceptado por el Ingeniero.

620-5.1 Bases de pago.- El pago deberá efectuarse al precio por metro cuadrado, o en una suma global por pintura. Este precio debe constituir total compensación por todos los materiales, preparación, replanteo y aplicación de los mismos, y por toda la mano de obra, equipo, herramientas y adicionales necesarios para completar el trabajo.

El pago se efectuará bajo:

Item P-620-5.1 Pintura de las pistas y calles de rodaje por metro cuadrado

Item P-620-5.1 Pintura de las pistas y calles de rodaje en suma global.

ARENA - ASFALTO EN FRIO

1. - Generalidades

Arena asfalto en frío es un revestimiento flexible resultante de la mezcla en frío, en planta apropiada de agregados finos, filler y cemento asfáltico, colocada y compactada en frío.

2. - Materiales

Todos los materiales deben satisfacer las especificaciones aprobadas por el DNER.

2.1 Materiales Asfáltico

Se utilizará la emulsión asfáltica de rotura lenta.

2.2 Agregados finos

Debe ser constituido de arena. Las partículas individuales deberán ser resistentes, presentar moderada angulosidad, estando libres de terrones de arcilla y de sustancias nocivas.

Deberá presentar un equivalente de arena igual o superior a 55%.

Deberá presentar buena adhesión.

2.3 **Filler**

Debe ser constituido por materiales minerales finamente divididos, inertes en relación a los demás componentes de la mezcla, no plásticos y que atiendan a la siguiente granulometría.

TAMIZ	% QUE PASA (MINIMO)
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Para aplicarlo deberá estar seco y sin grumos.

Como ejemplo de Filler, pueden ser citados; cemento Pórtland, Cal extinta, polvos calcáreos.

2.4 **Composición de la Mezcla**

La composición de arena asfalto en frío debe satisfacer los requisitos del siguiente cuadro:

TAMIZ	% QUE PASA		
	A	B	C
Nº 4	100	100	100
Nº 10	90 – 100	90 – 100	85 – 100
Nº 40	40 – 90	30 – 95	25 – 100
Nº 80	10 – 47	5 – 60	0 – 62
Nº 200	0 – 7	0 – 10	0 – 12

Para todos los tipos, la fracción retenida entre dos tamices consecuentes o deberán ser inferiores al 40% del total.

La curva granulométrica, indicada en el proyecto, podrá presentar las tolerancias máximas siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA	
N° 40	0.42 – 4.8	+/- 5
N° 80	0.18	+/- 3
N° 200	0.074	+/- 2

Deberá ser adoptado las especificaciones de la DNER (ES-P-21-71), para la verificación de las condiciones de vacíos, y estabilidad de la mezcla bituminosa, según los siguientes valores:

N° de golpes	75
Peso Especificado Aparente, kg/m ³	---
Estabilidad mínima, kgf (40° C)	mayor o igual a 150
Fluidez, 1/100" (40° C)	8 – 10
% de vacíos	5 – 30
R.B.V., %	-----

3. - **Equipo**

Todo equipo, antes del inicio de la, deberá ser examinado por el Ingeniero Supervisor, debiendo estar de acuerdo con las especificaciones, sin la que no se dará la orden de servicio.

3.1 **Depósitos para material bituminoso**

Los depósitos para el ligante bituminoso deberán ser capaces de almacenar el material para los días necesarios.

3.2 **Depósitos para agregados**

Los silos deberán tener capacidad total como mínimo tres veces la capacidad del mezclador y serán divididos en compartimiento, dispuestos de modo de separar y almacenar, adecuadamente, las fracciones apropiadas del agregado. Cada compartimiento deberá

tener dispositivos adecuados de descarga. Existirá un silo adecuado para el FILLER, conjuntamente con dispositivos para su dosificación.

3.3 **Planta para mezcla bituminosa**

La planta debe estar equipada con una unidad clasificadora de agregados, después de la planta de secado, disponer de un mezclador tipo pugmil, de doble eje, con paletas reversibles y removibles u otro tipo capaz de producir una mezcla uniforme o lo que indique el Ingeniero Supervisor. El mezclador debe tener un dispositivo de descarga de fondo ajustable y dispositivo para controlar el ciclo completo de mezcla.

3.4 **Acabadora**

El equipo para el esparcido y acabado, deberá ser construido de pavimentadoras automotrices, capaces de esparcir y conformar la mezcla en el alineamiento y cotas requeridos.

Las acabadoras deberán ser equipadas con tornillos sin pin y tener dispositivos rápidos y eficientes de dirección, además de marchar para el frente y para atrás. Las acabadoras deberán ser equipadas con alizadoras para la colocación de la mezcla sin irregularidades.

3.5 **Equipo para compactación**

El equipo para la compactación será constituido por un rodillo neumático y rodillo metálico liso, tipo de tandem u otro equipo aprobado por el Ingeniero Supervisor. Los rodillos neumáticos, autopropulsados, deben ser dotados de llantas que permiten el calibrado de 35 a 120 libras por pulgada cuadrada.

El Equipo en operación debe ser suficiente para compactar la mezcla en la densidad requerida, durante el tiempo que ésta se encuentre en condiciones de trabajabilidad.

3.6 **Camiones para transporte de la mezcla**

Los camiones, para el transporte de la arena – asfalto, deberán tener tolvas metálicas robustas y lisas, ligeramente lubricadas con agua y

jabón, aceite crudo frío, aceite parafínico o solución de cal, de forma de evitar la adherencia de la mezcla de placas.

4. - Ejecución

Pasados más de siete días entre la ejecución de la del revestimiento o en el caso que hubiese ocurrido el tránsito sobre la superficie imprimada, o todavía hubiese recubierto la imprimación con arena, polvo de piedra, etc. deberá ser hecho un nuevo revestimiento de ligación bituminosa.

4.1 **Producción de Arena Asfalto**

La producción de arena asfalto deberá ser transportada de la planta al punto de aplicación en los vehículos antes especificados.

4.2 **Transporte de Arena Asfalto**

La arena asfalto producida deberá ser transportada, de la planta al punto de aplicación en los vehículos antes especificados.

4.3 **Distribución y compactación de la mezcla**

Las mezclas de arena asfalto deben ser distribuidos solamente cuando no hay lluvias.

La distribución de la arena asfalto debe ser hecha por máquinas acabadoras, conforme a lo especificado.

En el caso que ocurran irregularidades en la superficie de la camada, éstas deberán ser sanadas por la adición normal arena asfalto, siendo este esparcido, efectuado por medio de rodillo metálicos.

Inmediatamente, después de la distribución de la arena asfalto, se inicia la compactación.

Caso sean utilizados rodillos de llantas, de presión variable se inicia la compactación con baja presión, La cual será aumentado a medida en que la mezcla va siendo compactada, y consecuentemente, soportando presiones más elevadas. La compactación será iniciada por los bordes, longitudinalmente, continuando en dirección al eje de la pista. Cada pasada de rodillo deberá ser recubierta en la siguiente, de por lo menos de la mitad de ancho compactado.

En cualquier caso, la operación de compactación perdurara hasta el momento en que sea atendida la compactación especificada.

Durante la compactación no serán permitidos cambios de dirección del equipo sobre el revestimiento recién compactado. Las llantas del rodillo deberán ser humedecidas adecuadamente, de modo de evitar la adhesión de la mezcla.

4.4 **Apertura al tránsito**

Los revestimientos recién acabados deberán ser mantenidos en tránsito, hasta que se acabe por completo con la carpeta asfáltica de no indicar lo contrario el Ingeniero Supervisor.

5. - **Control**

Todos los materiales deberán ser examinados en laboratorios, obedeciendo la metodología indicada por el DNER, aceptado de acuerdo con las especificaciones en vigor.

5.1 **Control de Calidad del Material Bituminoso**

El control de calidad de la emulsión asfáltica consistirá de lo siguiente:

1 ensayo de viscosidad Saybolt – Furol, para todo cargamento que llegue a la obra (máximo 70 a 25° C según la especificación de I.B.P.)

1 ensayo de Residuo de Destilación, para todo cargamento que llegue a la obra (% en peso, mínimo 60%, según la especificación del I.B.P.).

1 ensayo de Penetración, para todo cargamento que llegue a la obra (máximo 0.1, según la especificación de I.B.P.).

5.2 **Control de Calidad de los Agregados**

Consistirá en el siguiente control de calidad de los agregados:

1 ensayo de granulometría por día

1 ensayo de equivalente de arena por día

1 ensayo de granulometría del FILLER por día

5.3 **Control de la cantidad de ligante en la mezcla**

Deben ser efectuadas dos extracciones de emulsión, de muestras seleccionadas en la pista, después de las extracciones citadas en el ítem anterior. La curva granulométrica debe mantenerse continua, encuadrándose dentro de las tolerancias especificadas en el ítem 2.4.

5.4 **Control de la graduación de la mezcla de agregados**

Deben ser efectuadas los ensayos de granulometría de la mezcla de los agregados resultantes de las extracciones citadas en el ítem anterior. La curva granulométrica debe mantenerse continua encuadrándose dentro de las tolerancias especificadas en el ítem 2.4.

5.5 **Control de las características de la mezcla**

Dos ensayos según las especificaciones de DNER (ES-P-21-71), deben ser realizados por día de producción de la mezcla. El valor de la estabilidad deberá ser superior a lo especificado en el ítem 2.4.

5.6 **Control de compactación**

El control de compactación de la mezcla bituminosa deberá realizarse preferentemente midiendo la densidad aparente de muestras de pruebas extraídas de la mezcla compactada en la pista, por medio de diamantinas rotativas.

En caso de la imposibilidad de utilización de este equipo, se admite el proceso del anillo de acero. Para esto, se coloca sobre la base, antes de la colocación de la mezcla, anillos de acero de 10 cm. de diámetro interno y de una altura de 5 mm. inferior al espesor de la camada compactada. Después de la compactación se retiran los anillos y es medida de densidad aparente de las muestras de pruebas allí moldeados.

Debe realizarse una determinación cada 100 m. de media pista, no permitiéndose densidades inferiores a 95% de la densidad del proyecto.

El control de compactación también podrá ser realizado midiendo las densidades aparentes de las muestras de pruebas extraídas de la pista y comparándolas con las densidades aparentes de muestras de pruebas moldeadas en el laboratorio. Las muestras para la compactación de éstos especímenes de prueba deberán ser extraídos muy próximos al laboratorio donde serán realizadas las perforaciones y antes de su compactación.

5.7 **Control de Espesor**

El espesor será medido en el momento de la extracción de las muestras de prueba en la pista, o haciendo la nivelación del eje y de los dos bordes, antes y después de la colocación y compactación de la mezcla. Se admitirá una variación de +/- 10% del espesor del proyecto, para puntos aislados, y hasta de 5% de reducción de espesor, en 10 medidas sucesivas.

5.8 **Control de acabado de superficie**

Durante la ejecución deberá ser hecho diariamente el control de acabado de la superficie de revestimiento, con auxilio de dos reglas, una de 3 m. y otra de 9 cm. colocadas en ángulo recto y paralelamente el eje de la pista respectivamente. La variación de la superficie entre dos puntos cualesquiera de contacto, no debe exceder a 0.5 cm. verificada con cualquiera de las reglas.

2.9 Análisis de Costos Unitarios

A) COSTOS DIRECTOS

OBRA: MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA

TABLA DE COSTOS DE OPERACIÓN DE EQUIPO MECANICO (*)

AGOSTO 97 (+ 2% ZONA DE SELVA)

EQUIPO MECANICO	CARACTERISTICAS	PESO (kg)	COSTO DE OPERACIÓN	
			HORARIO (S/.)	DIARIO (S/.)
EQUIPO IMPORTADO (49)				
Tractor sobre orugas	190-240 HP	20,520	84.20	673.60
Cargador Frontal s/llantas	125-155 HP, 3 Yd3	16,585	49.08	392.64
Cargador Frontal s/llantas	100-115 HP, 2-2.25 Yd3	10,308	40.86	326.88
Rodillo Vibrat. Liso Autop.	101-135 HP, 10-12 Ton	11,100	40.00	320.00
Rodillo Neumático Autoprop.	60-80 HP, 3-5 Ton	3,700	25.68	205.44
Planta Premixturadora de asfalto	ME 30, 30-60 Ton/H	9,000	17.67	141.36
EQUIPO NACIONAL (48)				
Camión Volquete	140-210 HP, 6 m3	15,000	49.00	392.88
Compresora Neumática	76 HP, 125-175 PCM	2,000	22.13	177.04
Grupo Electrónico	20 kw	500	2.55	20.40
Motobomba 2"	35 HP	90	0.14	1.12

TABLA DE COSTOS DE ALQUILER DE EQUIPO ()**

		PESO	COSTO DE OPERACIÓN
--	--	------	--------------------

EQUIPO MECANICO	CARACTERISTICAS	(kg)	HORARIO (S/.)	DIARIO (S/.)
Camión Volquete	178-210 HP, 1800 Gal	16,475	107.36	858.88
Compresora Neumática	69 HP, 10-16"	12,000	74.36	594.72

Tarifas proporcionadas mediante Memorando N° 1290-97-MTC/15.07.97 por la Dirección General de Caminos – Oficina de Equipo Mecánico (DEM).

(*) Solamente se considera el costo de operación diario

(**) Se considera costo de operación más costo de posesión, lo que nos da el costo de alquiler

JORNALES DE CONSTRUCCION CIVIL

AGOSTO '97

OBRA : MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA

DESCRIPCION	CATEGORIA		
	Operario S/.	Oficial S/.	Peón S/.
Remuneración Básica al 01.08.95	24.23	21.81	19.31
Total Leyes Sociales sobre la Remuneración Básica	32.12	28.83	25.52
Operario 134.66%			
Oficial 134.20%			
Peón 134.18%			
Bonificación Unificada de Construcción (BUC)	7.75	6.54	5.79
Bonificación Movilidad Acumulada (Resolución Directoral N° 777-87-DIR-LIM del 08.07.87)	4.20	4.20	4.20
Overol (Resolución Directora N° 777-87-DIR-LIM del 08.07.87)	0.36	0.36	0.36
Total por día de 8 horas	68.66	61.74	55.18
COSTO DE HORA HOMBRE (HH)	8.58	7.72	6.90

Capataz "A" (DH):

$$1.30 \times S/. 68.66 = S/. 89.26$$

Capataz "B" (DH):

$$1.20 \times S/. 68.66 = S/. 82.39$$

Capataz "C" (DH):

$$1.10 \times S/. 68.66 = S/. 75.53$$

COSTO DE MATERIALES PUESTOS EN OBRA

OBRA: MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA

FECHA: AGOSTO' 97

DESCRIPCION	UNIDAD	PROCEDENCIA	PESO (kg)	COSTO EN OBRA (S/.)
Cemento	Bol.	Río Branco	50,000	55.00
Disolvente de Pintura	Gal.	Lima		36.23
Emulsión de Rotura Lenta	Gal.	Lima	3,785	17.20
Emulsión de Rotura Rápida	Gal.	Lima	4,542	17.20
Pintura de Tráfico	Gal.	Lima		55.26

(*) Los costos de los Materiales incluyen fletes, mermas e I.G.V. y otros impuestos de acuerdo a las leyes vigentes, etc.

Nota: La procedencia de algunos materiales pudiera cambiar de lugar, pero en el desarrollo de este estudio se consideró de esta forma.

ANALISIS DEL CICLO DE TRANSPORTE

TRANSPORTE DE MATERIAL

Unidad de Transporte :	Camión Volquete. 140-210 HP, 6 m ³
Unidad de Carga :	Cargador Frontal s/llantas, 125-155 HP, 3 Yd ³
Velocidad cargado :	20.00 Km/h
Velocidad descargado :	30.00 Km/h
Tiempo trabajo efectivo :	55 min/h 440 min/día

1) Para d= 1.60 Km (Transporte de Cantera Río Purus)

Tiempo de recorrido cargado :	4.80 min
Tiempo de recorrido descargado:	3.20 min
Tiempo de carga y maniobras :	4.00 min
Tiempo de descarga y maniobras:	<u>2.00</u> min
	14.00 min

Rendimiento diario = 440 min/día x (6 m³ / 14.00 min) = 189.00 m³/día

2) Para d= 0.50 Km (Eliminación de material Excedente)

Tiempo de recorrido cargado :	1.50 min
Tiempo de recorrido descargado:	1.00 min
Tiempo de carga y maniobras :	4.00 min
Tiempo de descarga y maniobras:	<u>2.00</u> min
	8.50 min

Rendimiento diario = 440 min/día x (6 m³ / 8.50 min) = 311.00 m³/día

TRANSPORTE DE MORTERO ASFALTICO

Para d = 0.60 Km.

Unidad de Transporte : Camión Volquete. 140-210 HP, 6 m3
 Unidad de Carga : Cargador Frontal s/lantas, 125-155 HP, 3 Yd3
 Velocidad cargado : 20.00 Km/h
 Velocidad descargado : 30.00 Km/h
 Tiempo trabajo efectivo : 55 min/h 440 min/día

Ciclo de Transporte

Tiempo de recorrido cargado : 1.80 min
 Tiempo de recorrido descargado: 1.20 min
 Tiempo de carga y maniobras : 5.80 min
 Tiempo de descarga y maniobras: 11.50 min
 20.30 min

Rendimiento diario = 440 min/día x (6 m3 / 20.30 min) = 311.00 m3/día

TRANSPORTE DE AGUA

Se utilizará como fuente de abastecimiento el Río Purús ubicado a 1.6 Km aprox.

Fuente de Agua : Río Purús
 Unidad de Transporte : Camión Volquete, 140-210 HP, 6 m3 (1,585 Gal)
 Motobomba 2", 35 HP
 Velocidad Cargado : 20.00 Km/h
 Velocidad Descargado : 30.00 Km/h
 Distancia de transporte : 1.60 Km
 Tiempo efectivo de Trabajo : 55.00 min/h = 440 min/día

Ciclo de Transporte

Tiempo de recorrido cargado: 4.80 min
 Tiempo recorrido descargado: 3.20 min
 Tiempo de llenado : 15.00 min
 Tiempo de riego: 21.00 min
 44.00 min

$$\text{Rendimiento diario} = 1,585 \times \frac{3,785}{1,000} \times \frac{440 \text{ min}}{\text{día}} \times \frac{1}{44} = 60.00 \text{ m}^3/\text{día}$$

Fecha: Agosto '97				
COSTO POR M3 DE Aug				
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Camión Volquete 140-210 HP, 6 m3	1.00	392.88	60	6.55
Motobomba 2" 05 HP	1.00	1.12	60	0.02
Mano de Obra :				
Peón	1.00	55.18	60	0.92
TOTAL S/.				7.49

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA : MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA

ITEM P-TF-TRATAMIENTO DE FISURAS Y GRIETAS

				Unidad: M3
A) APLICACIÓN MATERIAL				Fecha: Agosto '97
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Compresora Neumática 76 HP, 125-175 PCM	0.50	177.04	75	1.18
Mano de Obra :				
Oficial	1.00	61.74	75	0.82
Peón	2.00	55.18	75	1.47
Materiales :				
Emulsión de Rotura Rápida (CSE-LH) (*)	66.76	17.20		1,148.27
Arena	1.20	5.61		6.73
Cemento	0.50	55.00		27.50
TOTAL S/.				1,185.97

(*) Se considera 5% de desperdicio

ITEM - RIEGO DE LIGA

				Unidad: M2
A) APLICACIÓN MATERIAL				Fecha: Agosto '97
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Camión Imprimador 178-210 HP, 1800 Gal	1.00	858.88	4,000	0.21
Compresora Neumática 76 HP, 125-175 PCM	1.00	177.04	4,000	0.04
Mano de Obra :				
Capataz "B"	0.50	82.39	4,000	0.01
Operario	1.00	68.66	4,000	0.02
Peón	3.00	55.18	4,000	0.04
Materiales :				
Emulsión de Rotura Rápida (RR-2C)	66.76	17.20		6.88
TOTAL S/.				7.20

ITEM MORTERO ASFALTICO

MEZCLA ASFALTICA EN FRIO

I FABRICACION DEL MORTERO ASFALTICO				Unidad: M3
Rendimiento = $250 / 1.20 = 210$ m3/día				Fecha: Agosto '97
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Planta Premixtuidora de asfalto ME 30, 30'60 Ton/H	1.00	141.36	210	0.67
Grupo Electrónico 20 Kw	1.00	20.40	210	0.10
Cargador Frontal s/llantas 100-115 HP, 2-2.25 Yd3	0.50	326.88	210	0.78
Mano de Obra :				
Capataz "A"	1.00	89.26	210	0.43
Operario	1.00	68.66	210	0.33
Oficial	1.00	61.74	210	0.29
Peón	2.00	55.18	210	0.53
Materiales :				
Arena	0.88	5.61		4.94
Emulsión de Rotura Lenta (CRL-LH)	56.99	17.20		980.23
(*)	0.50	55.00		27.50
Cemento				
SUB-TOTAL S/.				1,015.80

(*) Se considera 5% de desperdicio

II CARGUIO Y TRANSPORTE DEL MORTERO ASFALTICO A OBRA	Unidad: M3
D = 0.6 Km. Esponjamiento = 20%	Fecha: Agosto '97

RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Cargador Frontal s/llantas 100-115 HP, 2-2.25 Yd3	0.50	326.88	210	0.78
Camión Volquete 140-210 HP, 6 m3	1.92	392.88	210	3.59
Mano de Obra :				
Oficial	1.00	61.74	210	0.29
SUB-TOTAL S/.				4.66

AGREGADO PARA MORTERO ASFALTICO

AGREGADO DE CANTERA DE PURUS

Rendimiento : 95%

I EXTRACCION DE MATERIAL Y ZARANDEO DE MATERIAL				Unidad: M3
				Fecha: Agosto '97
Rendimiento = $530 * 0.95 = 504$ m3/día				
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Tractor sobre orugas 190-240 HP	1.00	673.60	504	1.34
Cargador Frontal s/llantas 100-115 HP, 2-2.25 Yd3	0.75	392.64	504	0.58
Mano de Obra:				
Capataz "B"	0.50	82.39	504	0.08
Peón	4.00	55.18	504	0.44
SUB-TOTAL S/.				2.44

II CARGUIO Y TRANSPORTE A PLANTA

Unidad: M3

D = 1.6 Km. Esponjamiento = 20%

Fecha: Agosto '97

Rendimiento $810 / 1.2 = 675$ m3/día

RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Cargador Frontal s/llantas 125-155 HP, 3 Yd3	1.00	326.64	675	0.58
Camión Volquete 140-210 HP, 6 m3	4.29	392.88	675	2.50
Mano de Obra :				
Oficial	1.00	61.74	675	0.09
SUB-TOTAL S/.				3.17

RESUMEN COSTO DE AGREGADO (M3)

DESCRIPCION	TOTAL PARTIDA S/.
I Extracción y Zarandeo de Material	2.44
II Carguio y Transporte a Planta	3.17
TOTAL POR M3 S/.	5.61

III COLOCACION Y COMPACTACION DEL MORTERO ASFALTICO				Unidad: M3
Rendimiento = $250 / 1.20 = 210$ m3/día			Fecha: Agosto '97	
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				

Pavimentadora sobre orugas 69 HP, 10-16"	1.00	594.72	210	2.83
Rodillo Vibrat. Liso Autop. 101-135 HP, 10-12 Ton	1.00	320.00	210	1.52
Rodillo Neumático Autopropulsado 60-80 HP, 3-5 Ton	1.00	205.44	210	0.98
Mano de Obra :				
Capataz "A"	0.50	89.26	210	0.21
Operario	1.00	68.66	210	0.33
Oficial	2.00	61.74	210	0.59
Peón	6.00	55.18	210	1.58
SUB-TOTAL S/.				8.04

RESUMEN MORTERO ASFALTICO (M3)

DESCRIPCION	TOTAL PARTIDA S/.
I Fabricación del Mortero Asfáltico	1,015.80
II TRANSPORTE DE Mortero Asfáltico a Obra	4.66
III Colocación y Compactación del Mortero Asfáltico	8.04
TOTAL S/.	1,028.50

ITEM P – 620: SEÑALIZACION

Unidad: M3				
Fecha: Agosto '97				
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO

Equipos:				
Camión Volquete 140-210 HP, 6 m3	0.50	392.88	120	1.64
Mano de Obra:				
Capataz "B"	0.50	82.39	120	0.34
Oficial	2.00	61.74	120	1.03
Peón	4.00	55.18	120	1.84
Materiales:				
Pintura de Tráfico	1.00	55.26	10	5.53
Disolvente de Pintura	0.25	36.23	10	0.91
TOTAL S/.				11.29

ITEM DRE: DRENAJE

				Unidad: M3
I EXCAVACION Y CONFORMACION				Fecha: Agosto '97
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Mano de Obra:				
Capataz "B"	0.20	82.39	32	0.51

Peón	8.00	55.18	32	13.80
Herramientas:				
5% de Mano de Obra	0.05	14.31		0.72
SUB-TOTAL S/.				2.44

II ELIMINACION DE MATERIAL: CARGUIO Y TRANSPORTE			Unidad: M3	
D = 0.5 Km. Esponjamiento = 20%			Fecha: Agosto '97	
Rendimiento 810 / 1.2 = 675 m3/día				
RECURSO	CANT.	P.U.	RENDIMIENTO	COSTO POR RECURSO
Equipos:				
Cargador Frontal s/llantas 125-155 HP, 3 Yd3	1.00	326.64	675	0.58
Camión Volquete 140-210 HP, 6 m3	2.60	392.88	675	1.51
Mano de Obra:				
Oficial	1.00	61.74	675	0.09
SUB-TOTAL S/.				2.18

RESUMEN ZANJAS DE DRENAJE

DESCRIPCION	TOTAL PARTIDA S/.
I Excavación y Conformación	15.03
II Eliminación de Material	2.18
TOTAL POR M3 S/.	17.21

B) COSTOS INDIRECTOS

ANALISIS DE LOS COSTOS INDIRECTOS

OBRA:MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA AGOSTO 1997

1.0 ADMINISTRACION Y GASTOS GENERALES DE OBRA	S/.	276,079.60
1.1 MANTENIMIENTO DE CAMPAMENTO	S/.	3,000.00
A) Mantenimiento	S/. 1000 x 3 meses	= 3,000.00
1.2 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	S/.	144,376.80

A)	Movilización y Desmovilización de		
	Equipo Mecánico (Anexo N° 01)	=	131,382.00
B)	Movilización del Personal (2) Pasajes		
	(ida y vuelta) S/. 850.00 x 2 x 3 meses	=	5,100.00
C)	Viáticos para el personal a cargo de la obra		
	2 x S/.87.72/día x 15 días x 3 meses	=	7,894.80

1.3 DIRECCION TECNICA Y ADMINISTRATIVA S/. 128.702.80

a)	Personal Técnico (Incluido Beneficios Sociales S/.		62,500.00
	1 Ingeniero Asistente	4,500 x 3 meses =	13,500.00
	1 Ingeniero de Pavimentos	4,500 x 3 meses =	13,500.00
	1 Ingeniero Mecánico	4,500 x 3 meses =	13,500.00
	1 Mecánico	2,000 x 3 meses =	6,000.00
	1 Topógrafo	2,500 x 3 meses =	7,500.00
	1 Laboratorista	2,500 x 3 meses =	7,500.00
	1 Dibujante	1,000 x 3 meses =	1,000.00
b)	Personal Administrativo (Incluido Benefic. Sociales) S/.		26,850.00
	1 Administrador (Contador) S/.	2,400 x 5 meses =	12,000.00
	1 Técnico en Contabilidad	750 x 3 meses =	2,250.00
	1 Almacenero	1,200 x 3 meses =	3,600.00
	1 Jefe de Abastecimiento	1,000 x 3 meses =	3,000.00
	1 Delegado	1,000 x 3 meses =	3,000.00
	1 Cocinero	1,000 x 3 meses =	3,000.00
c)	Gastos que demandan las supervisiones S/.		34,652.80
	con cargo al Proyecto (MTC – ODENA)		
	- Viáticos	4 x S/.87.72 x 15 días x 4 meses =	21,052.80
	- Pasajes (ida y vuelta)	4 x S/.850.00 x 4 meses =	13,600.00
d)	Pago de gratificac. personal militar D. S. 0003-75-60 S/.		4,700.00
	- Jefe de Proyectos	1 x S/.400 x 5 meses =	2,000.00
	- 03 Oficiales	3 x S/.300 x 3 meses =	2,700.00

2.0 ADMINISTRACION Y GASTOS GENERALES EN OFICINA CENTRAL S/. 160,491.00

2.1 IMPRESOS, UTILES DE ESCRITORIO, ETC. S/. 2,400.00

	Costo mensual estimado S/. 800.00 x 3 meses	S/.	2,400.00
2.2	VARIOS	S/.	150,091.00
	a) Mantenimiento de Acceso a Canteras y Franjas de Pistas		12,000.00
	b) Materiales para replanteo topográfico		3,000.00
	c) Alquiler de Oficina (Pucallpa)		3,000.00
	d) Medicinas		1,000.00
	e) Alquiler de Computadora (S/.300 x 3 meses)		900.00
	f) Alquiler de Equipo de Topografía y Laboratorio		15,000.00
	g) Confección de Zaranda		5,000.00
	h) Alquiler de almacén (Aeropuerto de Pucallpa)		1,500.00
	i) Adquisición de cilindros para combustible		5,000.00
	j) Cobertura para protección de agregados		3,000.00
	k) Gastos de Concurso Público y Licitación para adquisición de Emulsión y transporte		20,000.00
	l) Flete de Petróleo (Lima – Puerto Esperanza) (Anexo 2)		65,691.00
	m) Gastos de Liquidación de Obra		15,000.00
2.3	IMPREVISTO EMERGENCIAS		8,000.00
3.0	<u>GASTOS FINANCIEROS</u>	S/.	10,500.00
3.1	SEGURO DE PERSONAL	S/.	4,000.00
3.2	SEGURO DE MAQUINARIA	S/.	6,500.00

ANEXO N° 1

MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO MECANICO

EQUIPO MECANICO

UNIDAD	PESO	CANTIDAD	PARCIAL (kg)
Camión Imprimador 178-210 HP, 1800 Gal	16,475	1	16,475.00
Pavimentadora sobre Orugas 69 HP, 10-16°	12,000	1	12,000.00
TOTAL			28,475.00

MEDIO DE TRANSPORTE: AEREO

ITINERARIO: Lima – Puerto Esperanza (Movilización)

UNIDAD DE TRANSPORTE: Hércules C – 130

Importe por Vuelo: US\$ 12,165 x 2.70 = S/. 32,845.50

Numero de Vuelo (ida y Vuelta) = 4

TOTAL MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO = 4 X 32,845.50
= S/.131,382.00

A N E X O N º 2

COSTO DEL TRASLADO DE COMBUSTIBLE (PETROLEO)

1) COMPRESORA NEUMATICA 76 HP

Número de horas de trabajo:

$$\frac{16.30 \text{ m}^3}{75 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 2 \text{ horas (Trat.Juntas)}$$

$$\frac{48,484.13 \text{ m}^2}{4,000 \text{ m}^2/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 97 \text{ horas (Imprimación)}$$

99 hr

2) CAMION IMPRIMADOR 1800

Número de horas de trabajo:

$$\frac{48,484.13 \text{ m}^2}{4,000 \text{ m}^2/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 97 \text{ horas}$$

3) TROCTOR SOBRE ORUGAS 190-240 HP

Número de horas de trabajo:

$$\frac{1,939.37 \text{ m}^3}{504 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 31 \text{ horas (extrac. Material)}$$

4) CARGADOR FRONTAL 125-155 HP

Número de horas de trabajo:

$$\frac{0.75 \times 1939.37 \text{ m}^3}{504 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 23 \text{ hr (zarandeo Material)}$$

$$\frac{1,939.37 \text{ m}^3}{675 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 23 \text{ hr (Carguío y Transp. a Planta)}$$

$$\frac{1,783.80 \text{ m}^3}{675 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 21 \text{ hr (Elimin.Mater.-Zanja Drenaje)}$$

67 hr

5) CAMION VOLQUETE 140-210 HP, 6 M3

Número de horas de trabajo:

$$4.68 \times 1,939.37 \text{ m}^3 \times 8 \text{ hr/día} = 107 \text{ hr (Carguío y Transp. a Planta)}$$

675 m3/día

$$\frac{2.94 \times 1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 182 \text{ hr (Transp. Mortero Asfal.)}$$

$$\frac{3.01 \times 1,783.8 \text{ m}}{675 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 64 \text{ hr (Transp. Mater. Zanja Drenaje)}$$

$$\frac{5,651.20 \text{ m}^3}{120 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 377 \text{ hr (Señalización)}$$

730 hr

6) GRUPO ELECTROGENO 20 kw

Número de horas de trabajo:

$$\frac{1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 62 \text{ horas}$$

7) CARGADOR FRONTAL 100-115 HP, 2yd3

Número de horas de trabajo:

$$0.5 \times \frac{1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 31 \text{ hr (Fabricación de Mortero)}$$

$$0.5 \times \frac{1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 31 \text{ hr (Carguío de Mortero)}$$

62 hr

8) PAVIMENTADORA

Número de horas de trabajo:

$$\frac{1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 62 \text{ hr (Colocación Mortero Asfát.)}$$

9) RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO 101-135 HP

Número de horas de trabajo:

$$\frac{1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 62 \text{ (Compact. Mortero Asfált.)}$$

10) RODILLO NEUMÁTICO 60-80 HP

Número de horas de trabajo:

$$\frac{1,939.37 \text{ m}^3}{250 \text{ m}^3/\text{día}} \times 8 \text{ hr/día} = 62 \text{ horas}$$

RESUMEN

Nº	UNIDAD	Nº HORAS	CONSUMO POR HORA	CONSUMO TOTAL
1	Compresora Neumática 76 HP	99	2.00	198.00
2	Camión Imprimador 1800 Gal	97	5.59	542.23
3	Tractor sobre Orugas 190-240 HP	31	7.7.	238.70
4	Cargador Frontal 125-155 HP	67	4.60	308.20

5	Camión Volquete 140-210 HP, 6 m3	730	5.59	4,080.70
6	Grupo Electrónico 20 Kw	62	4.00	248.00
7	Cargador Frontal 100-115 HP, 2 Yd3	62	3.40	210.80
8	Pavimentadora	62	1.86	115.32
9	Rodillo Vib. Liso Autop. 101-135 HP	62	3.60	223.20
10	Rodillo Neumático 60-80 HP	62	0.08	4.96
TOTAL				6,170.11

Cantidad de Combustible a Transportar (Gal) 6170.11 Gal

En Cilindros $\frac{6170.11 \text{ Gal}}{55 \text{ Gal/cil}}$ = 112 cil

MEDIO DE TRANSPORTE: AEREO

ITINERARIO: Lima – Puerto Esperanza

Nº Cilindros por vuelo: 60

Número de Vuelos: $112/60 = 2$ Vuelos

Importe por Vuelo: US\$ 12,165 x 2.70 = S/. 32,845.50

COSTO TOTAL DE TRASLADO DE COMBUSTIBLE = 32,845.50 X 2 = 65,691.00

RESUMEN DE COSTOS INDIRECTOS

Nº	DESCRIPCION	PARCIAL S/.	SUB-TOTAL S/.
1.0	ADMINISTRACION Y GASTOS DE OBRA		276,079.60
	1.1 Mantenimiento de Campamento	3,000.00	
	1.2 Movilización y Desmovilización	144,376.80	
	1.3 Dirección Técnica y Administración	128,702.80	
2.0	ADMINISTRACION Y GASTOS GENERALES EN OFICINA CENTRAL		160,491.00
	2.1 Impresos, útiles de escritorio y oficina	2,400.00	
	2.2 Varios	150,091.00	

2.3	Imprevistos	8,000.00	
3.0	GASTO FINANCIEROS		
3.1	Seguro del Personal	4,000.00	
3.2	Seguro de Maquinaria	6,500.00	10,500.00
5.0	TOTAL COSTOS INDIRECTOS		447,070.60
6.0	FACTOR DE INCIDENCIA		
	Costo Directo Total	2,457,560.42	
	Costo Indirecto Total	447,070.60	
	Costo Total de la Obra	2,904,631.02	
	Relación del Costo Total/Costos Directos:	1.181916	
	Porcentaje de Costo Indirecto	18.1916%	

2.10 Presupuesto de Obra

PRESUPUESTO DE OBRA

OBRA: **MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA**

DEPARTAMENTO: **UCAYALI** FECHA: **AGOSTO 1997**

MODALIDAD: **ENCARGO**

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRECIO UNIT. S/.	PARCIAL S/.	SUB-TOTAL S/.
P-TF	TRATAMIENTO DE JUNTAS a)Aplicación Material Bituminoso	M3	16.30	1,185.97	19,331.38	19,331.38
P602	PAVIMENTOS RIEGO DE LIGA a)Aplicación de Material Ligante	M2	48,484.13	7.20	349,085.74	349,085.74
	MORTERO ASFALTICO					

MA	a)Mezcla Asfáltica en frío	M3	1,939.37	1,028.5	1,994,642.05	1,994,642.05
P620	SEÑALIZACION a)Pintura Pista, Acceso y Plataforma	M2	5,651.20	11.29	63,802.05	63,802.05
DRE	DRENAJE a)Mantenimiento de Zanja Drenaje	M3	1,783.80	17.21	30,699.20	30,699.20

2,457,560.42	COSTO DIRECTO :	S/.
	GASTOS GENERALES (18.19%) :	447,070.60
	COSTO TOTAL DE OBRA	S/. 2,904,631.02

SON:
DOS MILLONES NOVECIENTOS CUATRO MIL SEISCIENTOS TREINTIUNO Y 02/100 NUEVOS SOLES

2.11 CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA

OBRA: MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE PUERTO ESPERANZA

PARTIDA	MESES		
	1	2	3
TRATAMIENTO DE JUNTAS			
PAVIMENTO			
VARIOS			

2.12 ANEXOS

2.13 PLANOS

Lima 15 de Mayo de 1,998.

Señores.

Ministerio de Defensa
Oficina de Desarrollo Nacional (ODENA)

Atte. Comandante Ingenieria. Enrique, RAMIREZ HERRERA
 Jefe de Proyecto " Mejoramiento del Acueducto
 Puerto Esperanza "

De mi Consideración.

Me complace remitir a Ud. el presente Informe en Relación a la Producción de Mezcla Arena - Emulsión en la planta Mezcladora.

1.- Equipo Utilizado.

- Mezcladora
- Cargador (1)
- Volquete (1)

2.- Personal.

- 01 un Metarista
- 01 un Operador de Mezcladora
- 02 dos Abastecedores de Emulsión
- 04 cuatro Llenadores de Volquete
- 02 dos Abastecedores de Arena en la Telva.

3.- Producción de Mezcla.

La producción de mezcla ha sido muy irregular debido a las condiciones climatológicas y mecánica de la planta, acompañe Relación de m³ per día teniendo un acumulado de 455.2m³ al día 14 de Mayo.
La producción máxima de la planta en horario normal de trabajo es de - 96 m³/día/

4.- RENDIMIENTO DE EMULSION

Es de 57.20 gls/m³ de mezcla.
Lo que quiere decir que estamos en un 5 % sobre la dosificación.

5.- RENDIMIENTO DE LA ARENA.

Es de 1 m³/m³ de mezcla.

6.- CALIDAD DE LA MEZCLA.

Contamos con un laboratorio de Campaña que nos ayuda a determinar - Residuo Asfáltico de la mezcla y esta en capacidad de corregir la calidad en la planta, adjuntamos reportes de laboratorio a la fecha.

7.- MATERIALES DE CANCHA.

CONCLUSION.

Referente al rendimiento de la emulsión damos las siguientes causas :

VAN////

VIENE/////

- a.- La alta humedad del lugar y variación de la misma.
Per lo que tenemos una calibración VARIABLE ajustada por los señores -
de BITUPER.
- Según el informe del 23 de Abril del Asesor Ing Carlos ARA VALERA reco-
mienda ~~usar~~ para estos casos una variación hasta 1 % el porcentaje de
emulsión en la mezcla, lo que significa hasta 4.5 gls/m³ de emulsión -
en la mezcla.
- b.- El desperdicio por la formación de grumos y nata en los cilindros de -
emulsión
- c.- La variación en la descarga a caudal de emulsión
- d.- Per lo que recomendamos utilizar el rendimiento mencionado para calcular -
el volumen necesario de emulsión en la culminación del proyecto. Referente
al rendimiento de la arena al igual recomendamos tener en cuenta la dife-
rencia para recalcular el requerimiento de este material.

- Emulsión.

979 Cilindros de RI - 10

329 Cilindros de RR - 25

los cuales se encuentran en buen estado.

- Arena.

1300 m³

PROYECTO MEJORAMIENTO DEL
AERODROMO DE PUERTO ESPERANZA

[Handwritten Signature]
Rafael Rodríguez

L.E. 04101334
JEFE DE PLANTA

Recibido

[Handwritten Signature]
He Ces E Ramirez H.
161000 MAY 98

Lima , 20 de Mayo de 1,998.

Señores.

Ministerio de Defensa
Oficina de Desarrollo Nacional (ODINA)

Atte. Cndte. Ingeniería Enrique, RAMIREZ HERRERA
Jefe de Proyecto " Mejoramiento del Aeropuerto
Puerto Esperanza."

De mi Consideración.

Con la presente remito a Ud. las tablas con los -
resultados de la calibración realizada el 22 y 23 de Abril, que fuera -
realizada conjuntamente con el Ing, IVAN CHAVEZ, de la firma BITUPER S.A.
Lo cual hago entrega para los fines que usted crea conveniente.

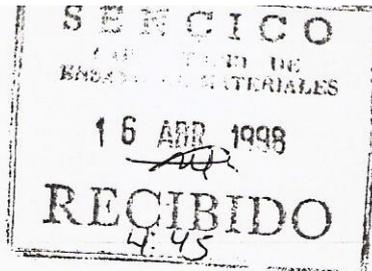
Atentamente.


Ce. E. Ramirez H.
20945 May 98

PROYECTO MEJORAMIENTO DEL
AERODROMO DE PUERTO ESPERANZA


Paul Calle Velásquez

I.E. 00181304
JEFE DE PLANTA



Lima, 16 de Abril de 1998.

Señores:
SENCICO - LABORATORIO DISEÑO DE MATERIALES.
Att. Ing.: Carlos Pérez.
Asunto : Asfalto de Aeródromo de Puerto Esperanza.

De nuestra consideración :

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo y exponerle nuestra necesidad de acuerdo a los trabajos que se vienen realizando en el Aeródromo de Puerto Esperanza, ubicado en el Departamento De Ucayali, Provincia de Purus, Localidad de Puerto Esperanza, debemos contar con una centrífuga de labado de mezcla (de 1500 gr.) para nuestro laboratorio de campaña, por el período de 45 días.

Teniendo conocimiento que ustedes cuentan con un equipo de dichas características, solicitamos se nos conceda en calidad de alquiler, por el período antes expuesto.

Conocedores de su espíritu de colaboración agradecemos por anticipado su apoyo, esperamos nos transmita su respuesta a la brevedad posible a los teléfonos: 935-0931 - 938-3834 - 9772905.

Atentamente:

Ing. Raúl Calle Velásquez.
PROYECTO MEJORAMIENTO AERODROMO.
PUERTO ESPERANZA.

Celular = 9 968341

Contratista : Ministerio de Defensa-ODENA

Cantera : Puerto Esperanza

Obra : Aeródromo de Puerto
Esperanza

Ubicación : Puerto Esperanza

Muestra N°: 04 ODENA

Muestreado por : Sr. Rommel Arévalo

Fecha : 24/04/98

Responsable : I.Chávez

% DE RESIDUO ASFALTICO DE MEZCLA	8.8 %
% DE AGUA DE CUBRIMIENTO	12%
% DE AGUA PARA COMPACTACION	5%
ESTABILIDAD	510 Kg
FLUJO	14.5 (0.01")
% VACIOS	7.8 %
PESO BULK	2.035 Kg/cc
EQUIVALENTE DE ARENA	97%
FILLER (Aumentar el 0.7% de Emulsión)	0.5 %

Laboratorista

**LABORATORIO DE MATERIALES
REPORTE DE SLURRY SEAL**

Contratista : Ministerio de Defensa -
Odena

Cantera : Puerto Esperanza

Obra : Mejoramiento Aeródromo Puerto Esperanza

Ubicación : Puerto Esperanza



Carlos Ara Valera INGENIERO

AV. TOMAS MARZANO 2880 HIGUERETA - SURCO - TELF. 481687

FAX: 064-572370

Lima, 10 de Febrero de 1,998

Señores
MINISTERIO DE DEFENSA
OFICINA DE DESARROLLO NACIONAL (ODENA)
Att.: Chufe, Ingeniero Enrique Ramirez.
Jefe de Proyecto "Mejoramiento del Aerodromo Puerto
Esperanza".

De nuestra consideración:

Con la presente reitero a Usted las dosificaciones de obra, de emulsiones asfálticas, que le comunicamos por escrito para la fecha 28/11/97:

1.- Sellado de Grietas y tratamiento de Juntas.

Peso específico de la arena : 1,369.7 Kilos.
Porcentaje de Emulsión : 17.58
Dosificación de Emulsión : 239.7 Lts. ó 63.3 glns./m³.
Tipo de Emulsión : CSE-1h

En respecta mas de 2 cm

2.- Riego de Liga

Residuo Asfáltico : 0.25 glns./m².
Riego de Emulsión : 0.40 glns./m².
Tipo de Emulsión : RR-2C

3.- Mezcla Asfáltica

Peso de la Arena : 1,369.7 Kilos/m³.
Porcentaje de Emulsión : 158
Dosificación de Emulsión : 205.45 Lts. ó 54.3 glns./m³
Tipo de Emulsión : RL-1h

NOTA:

8.85 R.A.
H.L. 12%

Reiteramos que estas dosificaciones se deben ir verificando y ajustando según los resultados y la calidad de la arena en obra.

Atentamente,


CARLOS ARA VALERA
Ingeniero Civil
Reg. CIP. 6774

CAV/no.

CAPITULO III

CAPITULO III

MEZCLAS ASFALTICAS EMULSIONADAS

3.1 Consideraciones Generales

Hasta hace pocos años. Los ingenieros consideraban las mezclas emulsión-agregado, como de calidad inferior, comparadas con las mezclas en planta, en caliente, hechas con cemento asfáltico. Existía el error común de creer que las mezclas con emulsión podían usarse solamente en vías secundarias con bajas cargas de tráfico. Esto no es así, los avances tecnológicos hacen posible que las mezclas con emulsión se desempeñen tan bien como otros tipos probados de mezclas asfálticas. Pueden usarse en la totalidad del sistema de pavimentos desde trabajos livianos hasta los más pesados. En la figura III -1 se listan algunos de los más importantes usos de las mezclas con emulsión asfáltica junto con algunos requisitos sugeridos para su diseño.

3.2 Ensayos de Resistencia

Existen varios ensayos de resistencia para evaluar la contribución estructural de la mezcla a una sección de pavimento. El ensayo del módulo de resistencia, ensayo MR, es uno que esta ganando amplia aceptación. Otro, con uso generalizado, es un ensayo de soporte o estabilidad (exceptuando las mezclas abiertas) que mide la resistencia, valor-R. Este ensayo se realiza en el estabilómetro Hveem usando 160 psi (1103 K Pa) de presión vertical máxima. Después de determinar el valor-R, se evalúa a la cohesión la misma muestra de ensayo. Otro ensayo, también usado para la evaluación de la estabilidad o capacidad de soporte, es la medida de un estabilómetro, valor-S. En este ensayo también se usa el estabilómetro de Hveem. En este caso los resultados del ensayo se relacionan con los desplazamientos de la muestra bajo varias condiciones de presión y carga.

Se ha trabajado en desarrollar el diseño de las mezclas de emulsión-agregado usando muchos procedimientos, incluyendo la estabilidad Marshall y ensayos de rompimiento por tensión. Aunque es posible que algunos de estos procedimientos no hayan sido usados en proyectos reales.

TIPO DE MEZCLA	REQUISITOS SUGERIDOS PARA SU DISEÑO
Como Ayuda constructiva	Debe cumplir los requisitos para base de la entidad usuaria. 2.3 % de asfalto residual usualmente.
Para mayor agregado marginal a una cantidad de base granular sin tratar.	Debe cumplir valor de resistencia R_t de mínimo 70 (curado inicial) y mínimo 78 (curado final) después de saturada en vacío. Densidad de campo debe ser el 95% de densidad de laboratorio. Contenido de asfalto residual 4.5 a 8%.
Como una superficie de rodadura temporal	Debe cumplir valor de resistencia de 78 mínimo más un valor de cohesión de 50 mínimo a temperatura inferior del recinto (curado inicial) y 100 (curado final). Contenido de asfalto 5.5 a 10% usualmente.
Para reducir el espesor del pavimento	Debe reunir los mínimos requisitos dichos. Módulos resiliencia y vacíos de la mezcla usados para determinar el espesor de la capa. Los contenidos típicos del asfalto residual van de 5.0 a 10%
Capas de rodadura y bases abiertas de gradación	La mezcla no debe exudar emulsión o lavarse por el agua. Drenaje del 0.5% de asfalto máximo. Lavado 0.5% máximo (donde sea aplicable). Contenidos de asfalto residual típicos 4.5 a 8%
Rodadura de gradación densa	Usar el mas alto contenido de emulsión con el S del estabilómetro de 30 mínimo con valor C del cohesiómetro 100 mínimo, ambos medidos a 140° F (60° C). Los contenidos típicos del asfalto residual van del 6.0 al 15.0% dependiendo de la gradación del agregado
Sub-base	Debe cumplir valor de resistencia R_t de 60 mínimo. Rango de asfalto residual de 4.5 a 8.0%

Figura III-1 Usos importantes de mezclas asfálticas emulsionadas.

3.3 Requisitos de los Agregados

Las discusiones sobre ensayos están en gran parte dirigidas hacia el cemento asfáltico base y las propiedades de las emulsiones terminadas. Son igualmente importantes para lograr buenos resultados, las características de los agregados, en cualquier mezcla agregado-emulsión. Aspectos como la responsabilidad en la evaluación apropiada de materiales, los buenos procedimientos de diseño, la adherencia a prácticas de construcción establecidas, y la evaluación de la estructura completa del pavimento, no deben menoscabarse en manera alguna cuando se usa una emulsión. Para lograr resultados aceptables deben seguirse, en todo lo pertinente y en cada detalle, buenas prácticas de ingeniería, como se hace con cualquier otro tipo de operación constructiva.

El agregado construye entre el 90 y el 95% en peso de una mezcla con emulsión. Puede usarse exitosamente una amplia variedad de tipos de gradación para mezclas frías o calientes. Pero deben mantenerse algunas especificaciones si la mezcla ha de cumplir requisitos de estabilidad, flexibilidad, resistencia al deslizamiento y durabilidad. Muchas de las gradaciones se aplican solamente a agregados locales, o con un mínimo de material importado. Otras se aplican a la producción mezclas bien gradadas cuidadosamente controladas. Las Tablas III-1 y III-2 contienen límites para tamaños de agregados normalizados que pueden mezclarse para producir virtualmente cualquier mezcla deseada. Pueden minimizarse los problemas de disponibilidad de agregado, usando tamaños normalizados.

3.4 Ensayos de agregados

Para evaluar las propiedades de los agregados, se usan procedimientos normalizados de ensayos. Los agregados minerales deben ensayarse.

Además de cumplir con los requisitos expuestos arriba, los agregados deben ser limpios y estar libres de películas de polvo, mugre, y cualquier tipo de material extraño. La compatibilidad del agregado con la emulsión asfáltica es más crítica que en una mezcla en planta con cemento asfáltico. La composición mineral del agregado puede tener importancia significativa en el desempeño de campo. Por esta razón es necesario que se preparen mezclas de pruebas en el laboratorio.

TABLA III-2 AGREGADOS FINOS PARA MEZCLAS DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

(ASTM D-1073)

Tamaño del Tamiz	Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadrados), porcentaje del peso		
	Gradación	Gradación	Gradación
	N°. 1	N°. 2	N°. 3
9.52 mm (3/8")	100	-	100
4.76 mm (N°.4)	95 – 100	100	80 – 100
2.38 mm (N°.8)	70 – 100	95 – 100	65 – 100
1.19 mm (N°.16)	40 – 80	85 – 100	40 – 80
0.595 mm (N°.30)	20 – 65	65 – 90	20 – 65
0.297 mm (N°.50)	7 – 40	30 – 60	7 – 40
0.149 mm (N°.100)	2 – 20	5 – 25	2 – 20
0.074 mm (N°.200)	0 – 10	0 – 5	0 – 10

Nota: Se reconoce que para ciertos propósitos se pueden obtener resultados satisfactorios con materiales que no cumplan estas especificaciones. En tales casos, el uso de agregados finos que no se ajustan a los requisitos de gradación de estas especificaciones, puede autorizarse solamente bajo precauciones especiales, basadas en experiencias de campo o estudios de laboratorio de la posibilidad de diseñar una mezcla con los materiales que se usarán en la obra y que produzcan mezclas de pavimentos bituminosos equivalentes en calidad a los requisitos de la mezcla de la obra.

3.5 Mezclas de Prueba

Es esencial que se hagan mezclas de pruebas en el laboratorio con los agregados reales para determinar el tipo y grado de emulsión que debe usarse en el proyecto.

3.6 Selección del Asfalto

El tipo de grado de producto asfáltico seleccionado para usar en la construcción de pavimentos asfálticos en frío, depende en gran parte del agregado utilizado, método de mezclado y condiciones climáticas. En la Tabla III-3 se indican los productos asfálticos (emulsiones catiónicas) recomendados para los distintos tipos de mezclas en frío para pavimentación. Usualmente el tipo de agregado decide el tipo de producto asfáltico a usar, mientras que el método de mezclado y las condiciones climáticas determinan el grado, dentro de un tipo dado.

Las mezclas preparadas en plantas fijas por lo general permiten un grado más viscoso de producto asfáltico que el usado en el método de mezclado en sitio (camino). El tiempo fresco requiere un grado de viscosidad más bajo y permite seleccionar un asfalto de curado o corte más rápido que en condiciones cálidas.

Las mezclas preparadas con asfalto emulsionado no requieren agregados tan secos como las preparadas con asfaltos diluidos. Esto disminuye el período de manipuleo y extensión para el secado previo al aire de la mezcla de agregado y producto asfáltico.

Las mezclas frías preparadas para mantenimiento de pavimentos, que son almacenadas por un cierto tiempo, se confeccionan por lo común usando uno de los grados de menor viscosidad de asfaltos diluidos EM o EL (MC o SC).

3.7 Proporciones de los Materiales

La cantidad de producto asfáltico para mezclas en frío puede terminarse por medio de los siguientes procedimientos de laboratorio:

Método de ensayo de resistencia a la Deformación y Cohesión de mezclas bituminosas con Aparato de Hveem; ASTM D 1560.

Método de Equivalente Centrífugo de Kerosene (ECK).

Cuando se dispone de equipos de laboratorio, pueden usarse formulas para aproximar el contenido de producto asfáltico en la muestra de prueba.

Para una estimación de l contenido de asfalto emulsionado en la mezcla, se usa la siguiente fórmula:

$$P = 0.05A + 0.1B + 0.5C$$

TABLA III-3 USOS GENERALES DE LAS EMULSIONES CATIONICAS

NOTA: Sólo se han indicado aquí aquellos tipos de emulsiones de uso general. Es posible que, con ciertas variaciones de agregados, condiciones climáticas, o ambas, puedan ser apropiadas selecciones adicionales. Cuando se contemple el uso de emulsiones diferentes a las listadas en esta tabla, deberá consultarse al fabricante de la misma.

Tipo de Construcción	Especificación ASTM D2397 (Catiónica)					
	CRR-1	CRR-2	CRM-2	CRM-2h	CRL-1	CRL-1h
Mezclas Agregado-Bitumen: Para bases, superficiales de pavimentos: Mezclas planta (frío) Agregado gradación abierta	-	-	X	X	-	-

Agregado gradación densa	-	-	-	-	X	X
Arena	-	-	-	-	X	X
Mezclas in situ:						
Agregado gradación abierta	-	-	X	X	-	-
Agregado gradación densa	-	-	-	-	X	X
Arena	-	-	-	-	X	X
Suelo arenoso	-	-	-	-	X	X
Sello lechada (Slurry Seal)	-	-	-	-	X	X
Aplicaciones Bitúmenes-Agregado:						
Tratamiento y sellos:						
Tratamientos simples (sello gravilla)	X	X	-	-	-	-
Tratamiento multicapa	X	X	-	-	-	-
Sello arena	X	X	-	-	-	-
Macadam de penetración:						
Vacíos grandes	-	X	-	-	-	-
Vacíos pequeñas	X	-	-	-	-	-
Aplicaciones de Bitúmen:						
Riego negro (Fog Seal)	-	-	-	-	X*	X*
Riego de imprimación	-	-	-	-	X*	X*
Riego de liga	-	-	-	-	X*	X*
Riego anti-polvo	-	-	-	-	X*	X*
Cubrimiento de taludes (Mulch Treatmen)	-	-	-	-	X*	X*
Sellado de grietas	-	-	X	X	X	X
Mezclas para Mantenimiento:						
Uso inmediato	-	-	X	X	-	-

* Diluidas con agua.

Donde:

P = porcentaje de emulsión asfálticas en peso del agregado seco

A = porcentaje de agregado retenido en el tamiz de 2.36mm (N° 8)

B = porcentaje de agregado que pasa el tamiz de 2.36mm (N° 8) y es retenido en 75 µm (N°200) y

C = porcentaje de agregado que pasa el tamiz de 75 µm (N°200).

Ejemplo:

Dado el siguiente agregado

19.0 mm 9.5 mm 4.75 mm 2.36 mm 600 µm 300 µm 150 µm 75µm

Tamiz (3/4") (3/8") (N°.4) (N°.8) (N°.30) (N°.50) (N°.100) (N°.200)

% que pasa 100 72 60 53 34 27 14 6

Solución:

$$P = 0.05(100 - 53) + 0.1(53 - 6) + 0.5(6) = 10.05$$

(se adopta el 10% en peso del agregado seco)

Cuando se usa un asfalto diluido EM o EL (MC o SC), el contenido de asfalto puede determinarse mediante la ecuación:

$$P = 0.02a + 0.07b + 0.15c + 0.20d$$

Donde:

P = porcentaje de asfalto en peso de agregado seco

a = porcentaje de agregado retenido en tamiz de 300 μm (N°50)

b = % que pasa el tamiz de 300 μm (N°50) y retenido en el tamiz de 150 μm (N°100)

c = % de agregado que pasa el tamiz de 150 μm (N°100) y es retenido en 75 μm (N°200) y

d = porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (N°200)

Puede requerirse un contenido de producto asfáltico adicional para agregados absorbentes, tales como escorias, piedra caliza, etc.

Ejemplo:

Método de construcción: mezclado con cuchilla de motoniveladora;

Agregado: grava no absorbente cuya granulometría figura más arriba; y

Producto asfáltico: MC-250

Solución:

$$P = 0.02(100-27) + 0.07(27- 14) + 0.15(14- 6) + 0.20(6) = 4.8$$

(se adopta 5% en peso de agregado seco).

3.8 Mezclas in Situ

En varias construcciones con mezcla in situ, es necesario colocar el agregado en caballetes. Se usan calibradores de caballetes para asegurar el volumen correcto para el espesor deseado de pavimento.

Generalmente el material suelto en la superficie del camino se halla en cantidad muy pequeña y no es suficientemente uniforme para usarlo en la mezcla del camino. En tales casos se lleva el material sobre las banquetas. Si se utiliza el material del

camino, se lo debe colocar en caballete y medirlo. Para mejorar la granulometría o para proveer el volumen requerido, deberá añadirse agregado adicional, tanto como sea necesario.

Si se combinan dos o más materiales en el área que está siendo pavimentada, cada uno será colocado en su propio caballete calibrado. Estos caballetes, son luego totalmente mezclados antes de adicionar el producto asfáltico.

3.8.1 Plantas Viajeras

Las plantas viajeras son molinos autopropulsados que dosifican y mezclan en el sitio los agregados con la emulsión, a medida que se mueven a lo largo del camino. Hay dos tipos generales de plantas viajeras:

Una que se mueve a lo largo de un cordón de agregado preparado sobre la vía, recoge el material, añade y mezcla la emulsión mientras avanza y descarga posteriormente un cordón mezclado listo para aireación y extendido. Ver Figura III-2.

Otra, que recibe agregado en una tolva de camiones, añade y mezcla emulsión y esparce la mezcla posteriormente a medida que avanza sobre la vía. Figura III-3

Independientemente del tipo de equipo usado, el propósito de la planta viajera es dejar sobre la vía una mezcla agregado-emulsión, apropiadamente cubierta y uniforme. En algunos tipos de mecanismos para dosificar se relacionan para asegurar una mezcla uniforme agregado-emulsión. En otras, el sistema de dosificar está regulado a la velocidad del mezclador.

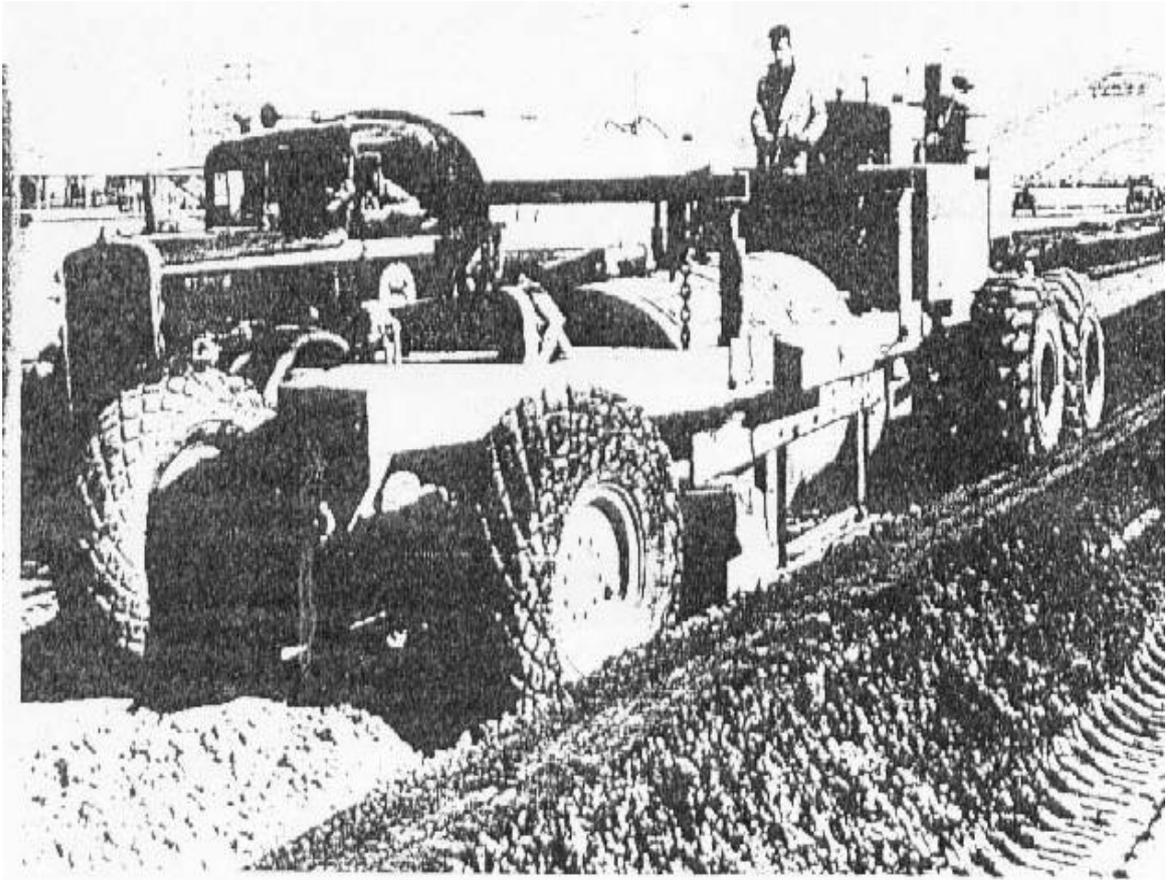


Figura III-2 Planta viajera, tipo cordón.

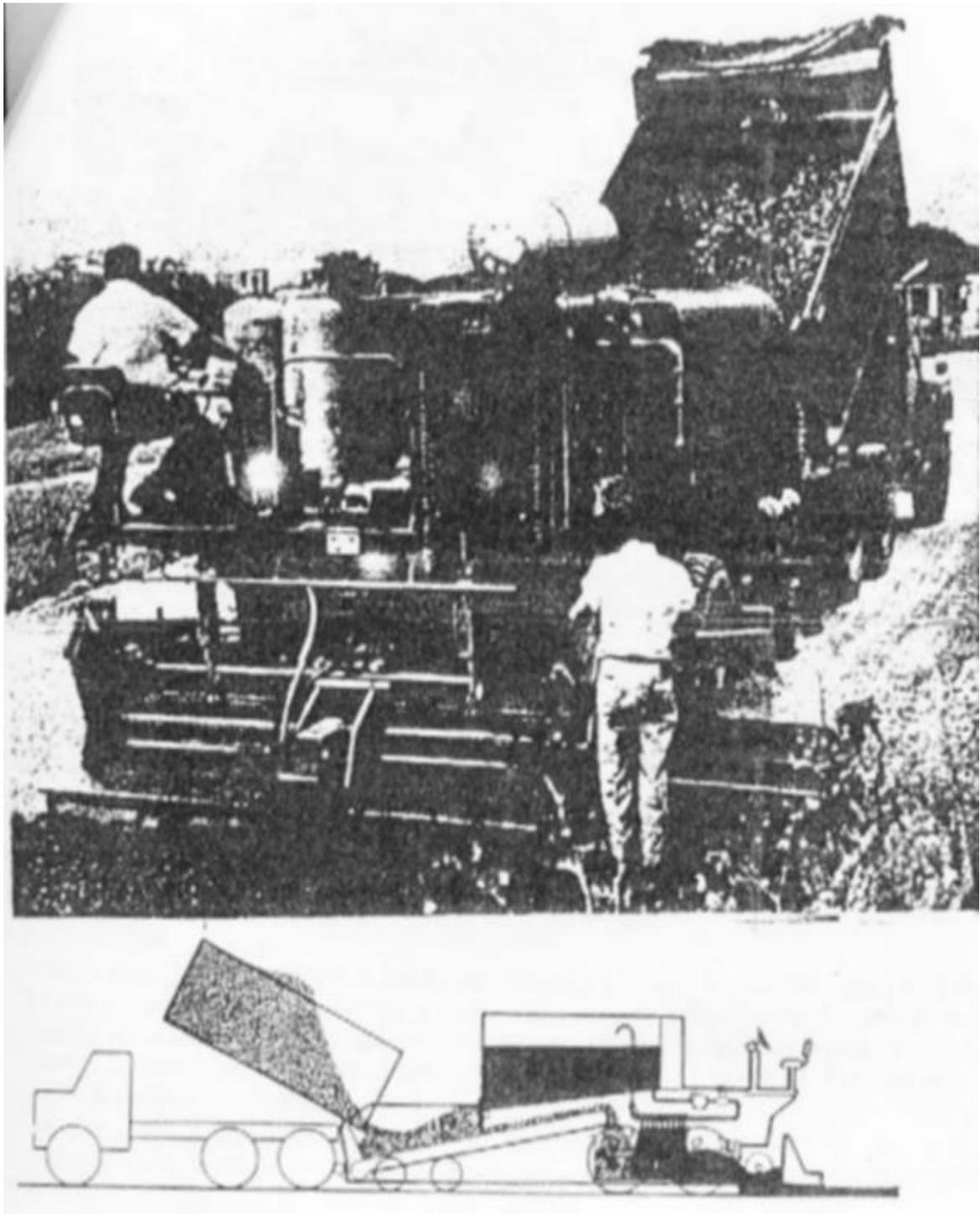


Figura III-3 Planta viajera, tipo tolva.

3.8.2 Mezcladores Rotatorios

Un mezclador de tipo rotatorio consiste en una cámara mezcladora móvil montada sobre una máquina autopropulsada. La cámara está abierta en el fondo y tiene un ancho aproximado de 7 pies (2.1 m). En el interior van uno o más ejes rotatorios sobre los cuales se montan piñones o cuchillas. Figura III-4 y III-5. Estas cuchillas sirven un doble propósito; cortar el material colocado a una profundidad determinada y mezclarlo con la emulsión. Cuando la máquina avanza, expulsa el material mezclado fresco a un nivel predeterminado.

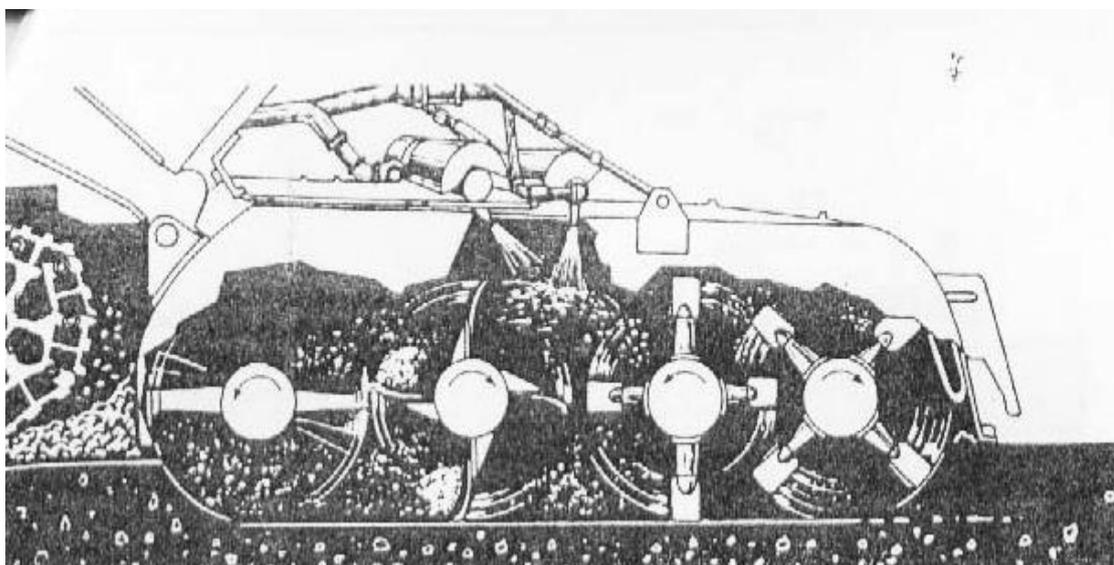


Figura III-4 Cámara procesadora de mezclador rotatorio múltiple.

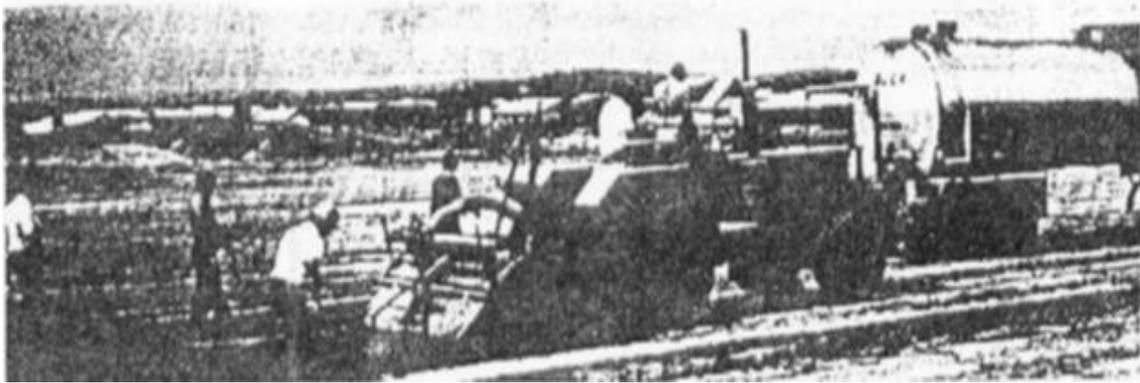


Figura III-5 Mezclador Rotatorio, Tipo Pulvimezclador.

Entra a través de una barra de irrigación y luego se extiende por La emulsión puede introducirse de una de dos maneras. En algunos mezcladores, medio de la cámara de mezclado, siendo gobernada la cantidad irrigada, por la velocidad de la unidad. En el segundo método, un distribuidor de asfalto irriga la emulsión sobre el agregado delante de la mezcladora móvil. Los materiales se vierten en la cámara mezcladora a medida que avanza la máquina.

Las mezcladoras rotatorias pueden usarse para cortar y escarificar el material de la vía (sea pavimento viejo o agregado nuevo) sin la introducción de emulsión u otro medio ligante. También pueden usarse para aireación.

3.8.3 Mezclado con Motoniveladora

El mezclado con motoniveladora, aunque no tan eficiente como los sistemas descritos previamente, es, tal vez, el menos complicado de todos los métodos. Aún así, se requiere operadores experimentados. La emulsión se aplica con un distribuidor sobre un cordón aplanado de material importado o escarificado en el sitio, inmediatamente delante de la motoniveladora. La cuchilla de la motoniveladora mezcla el material por medio de una serie de acciones de volteado y volcado. Figura III-6. Escarificadores o implementos de arados en la motoniveladora ayudan a romper el material en la vía.



Figura III-6 Mezclado con motoniveladora.

Cuando se usa la motoniveladora para el nivelado final de la superficie terminada, se debe equipar con neumáticos suaves, y no labrados.

En el procedimiento usual, se coloca el material en el cordón, bien sea con un esparcidor o bien recorriendo el cordón con un medidor, antes de añadir la emulsión. Se debe determinar la demanda de emulsión del agregado en el cordón y calcular la cantidad necesaria por pie lineal (o metro) de cordón. Para permitir la evaporación, se debe aplicar al cordón un poco más de agua de la requerida por el diseño y mezclarse suficientemente con el agregado. Luego, se aplica la emulsión sobre el cordón aplanado en pasadas sucesivas del camión distribuidor y se incorpora dentro del cordón, inmediatamente después de cada pasada.

Existe la posibilidad de variaciones de la gradación del agregado en el cordón y por consiguiente, fluctuaciones en la demanda de asfalto. Entonces, a medida que progresa el mezclado, se debe poner especial atención a la apariencia de la mezcla. Es importante que se obtengan uniformidad en la gradación y en la humedad. El mezclado debe consistir de tantas manipulaciones con la cuchilla de la motoniveladora, como sean necesarias,

para dispersar el asfalto suficientemente y cubrir las partículas del agregado. Demasiadas pasadas, sin embargo, pueden producir limpiado del recubrimiento de asfalto del agregado.

Cuando se mezcla, debe ajustarse la hoja de moldeo de la motoniveladora, para producir una acción de envoltura del material con la cuchilla al moverse a lo largo del cordón. Se debe cuidar, también, que no se tome material extraño de la vía y se incorpore al cordón. A la vez, ninguna parte del cordón debe perderse en la vía.

Después de completar el mezclado, debe colocarse el cordón a un lado de la vía, en preparación para su extendido.

3.8.4 Extensión y Compactación

Debe siempre extenderse la mezcla con espesor uniforme, sea en una sola o en varias pasadas, dejando capas delgadas, de modo que no aparezcan trozos delgados en la carpeta final. Las mezclas que no necesiten aireación, pueden extenderse en el espesor necesario después del mezclado, y compactarse entonces con vibrador de llanta neumática, o compactador de rueda metálica.

Deben lograrse varias capas sucesivas al extender con motoniveladora, ninguna de las tendrá un espesor inferior a dos veces el diámetro Máximo del agregado. Cada vez que se extienda una capa, debe hacerse la compactación, casi inmediatamente después, con compactador de llantas neumática.

La experiencia ha mostrado que la primera compactación de las bases emulsionadas deben comenzar inmediatamente antes, o al mismo tiempo, que la emulsión comience a romper (hecho indicado por un marcado cambio, de marrón a negro, en el color). En este instante, el contenido de humedad de la mezcla es suficiente para actuar como lubricante entre las partículas de agregado, pero se ha reducido al punto en que no llena los espacios vacíos, permitiendo la reducción de volumen bajo las fuerzas de compactación. En este momento también, la mezcla debe ser capaz de soportar el compactador sin desplazamientos indebidos.

En razón de que las llantas de la motoniveladora compactan la mezcla recién extendida, sus huellas aparecen como surcos en la carpeta terminada a menos que se haga una compactación adecuada después del extendido de cada sucesiva nueva capa. El compactador debe seguir inmediatamente detrás de la moto para eliminar estos surcos.

Si en algún momento durante la compactación, el asfalto demuestra canales o deformaciones indebidas, esta debe suspenderse. No se debe intentar compactar hasta cuando haya una reducción de diluyentes, lo que ocurre o bien espontáneamente o por aireación mecánica.

Después de haber compactado y curado suficientemente una capa, puede colocarse sobre ella nuevas capas adicionales. Esta operación puede repetirse, tantas veces como sea necesario, hasta llevar la vía a la pendiente y coronación apropiada. Para obtener una superficie suave de rodamiento, se debe arreglar y nivelar con la motoniveladora, una vez el compactador termine la compactación de la capa superior.

Después de conformar la carpeta a la sección requerida, debe darse una compactación final, preferiblemente con un compactador metálico, hasta conseguir que se borren todas las marcas de la compactación.

3.9 Mezcla Emulsionada de Planta (Fría)

Como se dijo previamente, pueden producirse mezcla emulsionadas para una amplia variedad de condiciones de servicio que van desde el tráfico liviano, a estructuras de pavimento para tráfico pesado de vehículos y equipos fuera de vía. Pueden usarse para bases, rodaduras, nivelaciones, ampliaciones, y sobre capas, y son espacialmente adaptables al mejoramiento y refuerzo de pavimentos delgados. Cuando se selecciona el tipo de mezcla para un proyecto, deben considerarse el peso y volumen del tráfico, la disponibilidad de agregados, y la localización y tamaño del proyecto. Puede diseñarse luego, la clase de mezcla que más económicamente satisfaga todos los requisitos involucrados.

Las mezclas en frío son mezclas de agregados no calentados y emulsión. La variedad de tipos y grados de emulsión disponibles, es una clara ventaja cuando se usan agregados de canteras o agregados de calidad marginal, o de río.

Esta ventaja disminuye cuando se escogen mezclas de alta resistencia y alta calidad, donde los controles de calidad requeridos son similares a los de la mezclas de concreto asfáltico en caliente. Pero aún en estas situaciones, las mezclas en frío con emulsión ofrecen algunas ventajas sobre las calientes tales como:

Economía -Altas tasas de producción combinadas con movilidad y bajo costo de inversiones en equipo. Ideal para proyectos en áreas remotas.

No Polucionante-Con la excepción del polvo proveniente de los montones de material, no existen virtualmente emisiones contaminantes en la producción, acarreo y colocación en frío.

Seguridad -En áreas con peligro de incendio, por ejemplo en bosques, se reducen los peligros de incendio por no existir resecamiento, ni mezclas, ni cemento asfáltico a alta temperatura usados en la construcción.

3.9.1 Plantas de Mezcla

Los montajes para las plantas de mezclas varían de acuerdo con la calidad y tipos de mezclas producidas. El mínimo debe consistir en un mezclador, un tanque de almacenamiento para emulsión, bomba y tubería de medición, equipo de alimentación de agua y aditivos, controles para ajuste y observación de los componentes, un alimentador de agregado, una barra de irrigación para el agua de premojado, y, naturalmente una fuente de potencia.

Puede incluir también, una o más tolvas de agregado, alimentadores para dosificar el agregado, mallas descascadoras, dispositivos para pesar el agregado, y tolva de agitado o silo de almacenamiento. Pueden usarse los molinos de tipo de bachada. Sin embargo, esta producción es idealmente apta para mezcladores continuos, los cuales se usan casi exclusivamente.

Para asegurar el éxito en la producción de mezclas en frío de alta calidad para pavimentos de uso pesado, se requiere una planta bien controlada. Adicionalmente a supervisión y control bien ejecutados, de la mezcla del agregado, la emulsión y, en algunos casos, el agua; el mezclador debe ser de

un tipo que permita variación en el tiempo de mezclado entre 5 y 30 segundos. En un mezclador continuo esto puede controlarse desviando la barra de irrigación, o ajustando la profundidad del material, o de ambas maneras. Son altamente deseables tolvas o silos de almacenamiento, pues minimizan los cortes de operación y mejoran la uniformidad de la mezcla. Un dibujo esquemático de una planta continua de mezcla en frío se muestra en la Figura III-7.

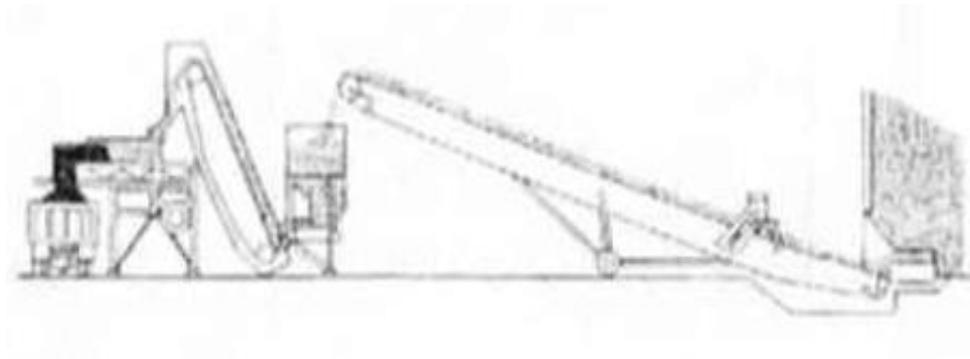


Figura III-7 Diagrama de flujo de una planta continua de mezcla en frío.

3.9.2 Mezclas de Gradación Abierta

Las mezclas abiertas con emulsión se han usado por mucho años para bases y rodaduras. En razón de la relativa simplicidad de los equipos requeridos, la economía constructiva favorece fuertemente este tipo de operación. La durabilidad y el desempeño en el terreno de las mezclas abiertas han sido comparables a los de otros tipos de pavimentos asfálticos. Su flexibilidad y

alto contenido de vacíos las hacen altamente resistentes a la fatiga y a los agrietamientos por reflexión. Las mezclas abiertas, si se usan en capas de rodadura, funcionan de una manera diferente a cuando se usan en capas de base. Más aún, las gradaciones son diferentes. Como capas de rodadura, permiten la remoción rápida del agua superficial por su alta permeabilidad, reduciendo así el problema de hidroplaneo. Esto automáticamente significa que debe suministrarse un buen drenaje para facilitar una rápida remoción del agua. Cuando se usa una mezcla abierta en una capa de base, y cuando los materiales de la subrasante son susceptibles al agua, debe colocarse un sello a la humedad dentro o de la capa de gradación abierta para prevenir la entrada del agua y el debilitamiento de la subrasante.

3.9.3 Materiales para las Mezclas de Gradación Abierta.

Deben remitirse al laboratorio, muestras de todos los materiales que ase usarán en la mezcla, para ensayarlos de acuerdo con los procedimientos descritos. Se ha usado una gran variedad de gradaciones para las mezclas abiertas en frío, con distintos grados de éxito. La mayor parte de la investigación y trabajos en años recientes se ha centrado en los estados del Noroeste (EE. UU) donde se han usado exitosamente como bases y capas de rodadura para muchas millas de carretera federales, estatales y municipales y vías de uso pesado. La gradación y los requisitos de caída varían algo pero la mayoría de ellos se aproximan a los listados en la Tabla III-4. Se ha intentado usar agregados que pasan hasta el 20% el tamiz de 2.36 mm. (N°8) y 5% pasan el tamiz de 75 μm (N°. 200) usando emulsión CMS-2s*. Ha sido variable su desempeño como bases y capas de rodadura de alta calidad.

TABLA III-4 AGREGADOS PARA MEZCLAS ABIERTAS

Tamaño Tamiz	Base		Rodadura
	Grueso	Mediano	Fino
38.1 mm (1-1/2")	100		
25.0 mm (1")	95 – 100	100 90 – 100	

19.0 mm (3/4")			100
12.5 mm (1/2")	25 – 60	20 – 55	85 – 100
9.5 mm (3/8")		0 – 10	
4.75 mm (N°.4)	0 – 10	0 – 5	0 – 10
2.36 mm (N°.8)	0 – 5		0 – 5
1.18 mm (N°.16)		0 – 2	0 – 2
75 µm (N°.200)	0 – 2		
Perdida en máquina de los Angeles			
© 500 Rev. (ASTM-C-131)	40 máx	40 máx	40 máx
Porcentaje de caras fracturadas	65 mín	65 mín	65 mín
Grados de emulsión	MS-2, MS-2h, HFMS-2h, CMS-2 o CMS-2h		

Algunas entidades usuarias especifican para mezcla con arena, un grado de emulsión catiónica, designada CMS-2s. La CMS-2s se usa para mezclas de arena y arena limosa, contiene más solvente que los grados CMS normales.

3.9.4 Métodos de Diseño para Mezclas Abiertas

Algunos laboratorios particulares han desarrollado sus propios métodos para determinar los porcentajes óptimos de agregados, asfalto y agua para las mezclas abiertas. En general, se trata de usar el máximo de asfalto sin escurrimiento excesivo. El contenido inicial de asfalto puede seleccionarse por experiencia o por algún método de ensayo como el de capacidad superficial para agregados gruesos (Kc) como se determina en el método de Hveem para diseño de mezcla. Se preparan cochadas sucesivas de ensayo con cantidades crecientes de asfalto y contenido variable de humedad, hasta determinar el óptimo de asfalto. Facilidad y tiempo de mezclado, porcentaje recubierto y contenido de humedad: son todos factores que afectan el contenido de emulsión seleccionado. Usualmente se requiere un mínimo de 75 a 85 % de cubrimiento y una humedad entre 0.5 y 3 %. Contenidos de humedad por encima del 3 % usualmente ocasionan problemas de mezclado

y recubrimiento así como excesivo recubrimiento durante el transporte y la colocación. Agregados amontonados con exceso de finos (más del 2 % pasa el tamiz de 75 μm (N°.200)), frecuentemente contienen más del 3% de agua, lo que constituye, una razón para minimizar los finos. Determinadas las proporciones de la mezcla, se compactan muestras de ella, a menudo en moldes Marshall o Hveem, para análisis de densidad y vacíos. Los criterios convencionales de resistencia y estabilidad no son aplicables a estas mezclas pues tienen muy poca cohesión.

Su estabilidad en servicio depende en gran parte de la fricción entre partículas y la presión de confinamiento.

La mejor garantía de éxito, cuando se usa las mezclas abiertas para bases y rodaduras de tránsito pesado, radica en ceñirse estrictamente a las limitaciones del clima y los controles de calidad, para todos los materiales y plantas de mezclado.

3.9.5 Mezclas Densas

Las mezclas densas se gradan desde los máximos tamaños hasta el que pasa tamiz de 75 μm (N°. 200). Comprenden una amplia variedad de tipos de agregados y gradaciones y, similarmente, se pueden usar para toda la gama de bases y rodaduras, dependiendo de la calidad del agregado y del equipo usado. Pueden obtenerse como economías sustanciales cuando se utilizan agregados sin procesar localmente disponibles, por vías de tránsito liviano y en bases para pavimento de tránsito pesado.

3.9.6 Materiales para Mezclas Densas

Deben someterse a los ensayos previamente anotados, muestras de todos los agregados que se intenten usar en las mezclas. Las gradaciones de los agregados recomendados y los requisitos de calidad para las mezclas densas, se muestran en la tabla III-5. Se usan para mezclas densas emulsiones tipo SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h.

La calidad de un agregado es un factor de importancia en el comportamiento del pavimento, el cual deberá poseer ciertas propiedades de buena calidad como las que se mencionan a continuación:

- Graduación y tamaño de partícula
- Limpieza
- Dureza
- Forma de partícula
- Textura de la superficie
- Capacidad de absorción
- Afinidad con el asfalto
- Peso Específico

Los parámetros antes citados deberán ajustarse a las recomendaciones establecidas en el Manual MS-22 del Instituto del Asfalto (USA) y el Manual MS-19 del Instituto del Asfalto y la AEMA.

Especificaciones Granulométricas para Mezclas Densas con Emulsión

Tamaño del tamiz	Semiprocesado de trituración, cantera o de río	Granulometría para Mezclas Asfálticas Densas				
		Porcentaje que pasa en peso				
2"	-	100	-	-	-	-
1 ½"	100	90 – 100	100	-	-	-
1"	80 – 90	-	90 – 100	100	-	-

¾"	-	60 – 80	-	90 – 100	100	-
½"	-	-	60 – 80	-	90 – 100	100
3/8"	-	-	-	60 – 80	-	90 – 100
#4	25 – 85	20 – 55	25 – 60	35 – 65	45 – 70	60 – 80
#8	-	10 – 40	15 – 45	20 – 50	25 – 55	35 – 65
#16	-	-	-	-	-	-
#30	-	-	-	-	-	-
#50	-	2 – 16	3 – 18	3 – 20	5 – 20	6 – 25
#100	-	-	-	-	-	-
#200	3 – 15	0 - 5	1 - 7	2 - 8	2 – 9	2 – 10
Eq. Arena	30 min	35 min	35 min	35 min	35 min	35 min
Abrasión	-	40 max	40 max	40 max	40 max	40 max
Caras	-	65 min	65 min	65 min	65 min	65 min
fracturadas	CRL	CRL	CRL	CRL	CRL	CRL

Tabla N^a III - 5

3.9.7 Método de Diseño para Mezclas Densas

Cuando se formulan mezclas densas, se usa generalmente el método de equivalente de kerosene centrifugado (CKE) para determinar el contenido de emulsión inicial. Este valor se multiplica por 1.4 para corregir el agua de la emulsión. Se hacen sucesivas cochadas de ensayo, como en las mezclas abiertas, pero añadiendo más agua para obtener recubrimiento y manejabilidad adecuados de la mezcla. Para las mezclas densas, generalmente no se considera necesario un completo recubrimiento de las partículas. Los fluidos óptimos (emulsión y agua) para mezclar, se comparan con los necesarios para compactar, pues una amplia variación en estos valores puede dificultar la colocación y compactación de la mezcla. Se usan modificaciones a los procedimientos Marshall o Hveem para compactar muestras para análisis de densidad y vacíos. Las muestras compactadas y curadas pueden ser, además, ensayadas para determinar el módulo de resistencia (Mr), estabilidad Marshall o Hveem o valor de resistencia (R).

El último ensayo se usa frecuentemente con agregados marginales y pobremente gradados, usados en bases asfálticas emulsionadas.

Las mezclas densas con emulsión pueden mejorarse adicionando 0.5 a 2.0 % de cemento portland durante el mezclado. Deben evitarse cantidades excesivas. El cemento sirve un cuádruple propósito:

Mejora la manejabilidad durante el mezclado y la extensión.

Ocurre una rápida deshidratación de la mezcla, permitiendo proseguir casi inmediatamente con la compactación.

Se obtiene una mayor estabilidad de la mezcla y por ende se da mejor servicio para un tráfico temprano. Posteriormente la resistencia del asfalto sobrepasa la resistencia inicial atribuida al cemento.

La resistencia retenida en una condición de saturación de agua, es mayor, confiriendo más larga vida al pavimento.

Como ocurre con las mezclas abiertas, cuando se usan agregados de alta calidad, equipo adecuado y requisitos exigentes de producción, las mezclas densas con emulsión suministran resistencia y durabilidad equivalente a las mezclas con concreto asfáltico, mezclado en caliente. Pueden considerarse muchos casos históricos que revelan un alto nivel de desempeño con costos limitados de mantenimiento, después de varios años de uso por camiones pesados.

3.9.8 Mezclas con Arena

Se aplican los mismos principios básicos, tanto a la producción de mezclas en planta arena-emulsión, como a las mezclas densas, pero exceptuando la gradación de los agregados. Las mezclas arena-emulsión pueden usarse para base o para rodadura. Los procedimientos de mezclado, transporte, extendido y compactación son paralelos a los descritos en los artículos 4.16 y 4.24.

La adición de 1 a 2 % de cemento Pórtland ayudara en el desarrollo de una temprana resistencia inicial. Es esencial un concienzudo mezclado para lograr una distribución uniforme del cemento en la mezcla.

La amplia variedad de agregados finos en todo el país (USA) ha producido resultados satisfactorios. Puede ser necesario el mezclado de 2, ó más, agregados diferentes para producir las características deseadas de la mezcla.

Se han usado exitosamente las gradaciones de la tabla III-6.

El contenido de asfalto varía normalmente entre 6 y 15 %. Pueden usarse los tipos de emulsión SS-1h, CSS-1 ó CSS-1h si se determina en el laboratorio la cantidad de agua de mezclado que debe adicionarse.

TABLA III-6 MEZCLAS ARENA EMULSION

Abertura del Tamiz	Porcentaje total que pasa		
	Pobrementemente Gradado	Bien Gradado	Arena limosa
12.5 μm (1/2")	100	100	100
4.75 mm (N°. 4)	75 – 100	75 – 100	75 – 100
300 μm (N°.50)	-	15 – 30	-

150 μm (N°.100)	-	-	16 – 65
75 μm (N°.200)	0 – 12	5 – 12	12 – 20
Equivalente de aren, %	30 min	30 min	30 min
Indice de plasticidad	NP	NP	NP

3.9.9. Estabilización de Suelos y Bases.

La modificación de suelos o agregados mediante la incorporación de materiales, incrementa la capacidad portante, la firmeza y la resistencia al desplazamiento por la acción del clima.

Los materiales pétreos que se usan en sub-base y bases de un pavimento, son materiales seleccionados, que se emplean en la construcción de estas capas; ya sea que se estabilicen o no, con un producto natural o elaborado.

La estabilización de suelos para pavimentos, según el Dr. M. Duriez de Francia, es la consolidación de una capa del pavimento o del material de terracería, tanto desde el punto de vista de la resistencia a la deformación por carga, como de la insensibilidad a la acción del agua. Esto se logra mediante la selección adecuada de los materiales por su estructura, la compactación mecánica o el empleo de algún producto cementante. El suelo así tratado, puede servir para sub-base o base; rara vez como superficie de rodadura.

Los suelos empleados en las estabilizaciones según el Dr. E. J. Yoder de Estados Unidos, son aquellos materiales pétreos que se estabilizan empleando métodos tales como:

Acción mecánica.

Cementantes naturales.

Productos asfálticos.

Productos químicos.

En este aspecto, todas las definiciones están de acuerdo en un punto: los agregados pétreos para cada capa de terracería, sub-base y base de un pavimento, para ser admitidos como materiales en cada caso, deberán cumplir con las especificaciones establecidas previamente para ellos; sea mejorando o no sus propiedades mecánicas. La estabilización con emulsión asfáltica es muy adaptable a la construcción por etapas en la que nuevas capas se agregan en la medida que el tráfico aumenta.

Debido a las propiedades cementantes e impermeabilizantes la emulsión asfáltica puede ser excelente para estabilizaciones, los progresos en la tecnología de las emulsiones asfálticas hacen posible el empleo de mezclas con Emulsiones que tienen una amplia variedad de aplicaciones en construcción, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos.

La pregunta que cabe hacer en la aseveración de que los materiales pétreos deben cumplir con las especificaciones de calidad, es la siguiente: Qué ventajas se obtienen al realizar una estabilización con algún ligante asfáltico, si ya el material pétreo de antemano cumple con la calidad especificada?

Al mejorar la calidad del material, su comportamiento mecánico también se mejora; por lo tanto, con un menor espesor de la capa se tendrán iguales o mejores valores-soporte. Este menor espesor reduce el acarreo de materiales pétreos, además de quedar insensibilizados a la acción del agua.

Dosificación de la Mezcla.

En general, todos los métodos existentes se basan en un ensayo de estabilidad, que se hace con distintas cantidades de ligante, otro ensayo de absorción de agua y, a veces, un tercero de cambio de volumen. Otros métodos caracterizan la acción del agua, no solo por la absorción, sino por la estabilidad conservada después de sumergir las probetas en agua durante un periodo de tiempo prolongado.

La emulsión adecuada para cada suelo se determina previamente mediante ensayos de envuelta eficaz y de estabilidad o tiempo de manejabilidad de la mezcla. En los suelos de grano fino, y cuanto menores sean las partículas, más importante será la estabilidad de la emulsión y la necesidad de formar una mezcla homogénea y resistente, una vez compactado el suelo. Esta resistencia debe conservarse en proporción importante después de periodos prolongados de inmersión en agua. Estos

resultados deben ser obtenidos en laboratorio, se deberá coordinar con el laboratorio de el fabricante de la emulsión, el envío de muestras del suelo o material de base para los diseños correspondientes.

Especificaciones Técnicas.

Los áridos deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

CONDICION	SUBRASANTE
TAMAÑO MAXIMO	75 mm
% MAX. PIEDRA	-
INDICA PLASTICIDAD	<10%
ABRASION. LOS ANGELES	<60%
TIPO MATERIAL	A-1-a,A-1-b,A-2-4,A-2-6 Y A-3

Según el AASHTO M-147, para afirmados tenemos:

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA	
	A-1	A-2
2"	100	-
1 ½"	100	-
1"	90 – 100	100
¾"	65 – 100	80 – 100
3/8"	45 – 80	65 – 100
#4	30 – 65	50 – 85
#10	22 – 52	33 – 67
#40	15 – 35	20 – 45
#200	5 - 20	5 – 20

También:

Abrasión. Los Angeles : 50% max

Límite líquido : 35% max

Índice de plasticidad : 4 – 9

CBR (1) : 40% min

Equivalente de arena : 20% min

Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm).

Para Sub-Base granular:

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACION A (1)	GRADACION B	GRADACION C	GRADACION D
2"	100	100	-	-
1"	-	75 – 95	100	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
#4	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
#10	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
#40	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
#200	2 - 8	5 - 15	5 – 15	8 - 15

(1)La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o

superior a 3000 m.s.n.m., Además:

ENSAYO	< 3000 m.s.n.m.	>= 3000 m.s.n.m.
ABRASION	50% MAX	50% MAX
CBR (1)	40% MIN	40% MIN
LIMITE LIQUIDO	25% MAX	25% MAX
INDICE PLASTICIDAD	6% MAX	4% MAX
EQUIVALENTE ARENA	25% MIN	35% MIN
SALES SOLUBLES	1% MAX	1% MAX
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (2)	20% MAX	20% MAX

Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1".

La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud).

Para Bases Granulares:

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACION A	GRADACION B	GRADACION C	GRADACION D
2"	100	100	-	-
1"	-	75 – 95	100	100
3/8"	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
#4	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
#10	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
#40	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
#200	5 - 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Además:

VALOR RELATIVO DE SOPORTE, CBR (1)	TRAFICO LIGERO Y MEDIO	MIN 80%
	TRAFICO PESADO	MIN 100%

Referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1".

Los requerimientos para el Agregado Grueso (ret. Malla#4) son los siguientes:

ENSAYO	< 3000 m.s.n.m.	>= 3000 m.s.n.m.
Particulas Con Una Cara Fracturada	80% MIN	80% MIN
Particulas Con Dos Caras Fracturadas	40% MIN	50% MIN
Abrasion. Los Angeles	40% MIN	40% MIN
Particulas Chatas Y Alargadas (1)	15% MIN	15% MIN
Sales Solubles Totales	0.5% MIN	0.5% MIN
Perdida Con Sulfato De Sodio	-	12% MIN
Perdida Con Sulfato De Magnesio	-	18% MIN

Los requerimientos para el Agregado Fino (pasa malla#4) son los siguientes:

ENSAYO	< 3000 m.s.n.m.	>= 3000 m.s.n.m.
Indice Plastico	4% MAX	2% MAX
Equivalente De Arena	35% MIN	45% MIN
Sales Solubles Totales	0.55% MAX	0.5% MAX
Indice De Durabilidad	35% MIN	35% MIN

Puesta en Obra.

La mezcla del suelo con la emulsión puede hacerse in situ o en una planta fija. En el segundo caso, El sistema de fabricación y el equipo es análogo al que se usa en mezclas para carpeta de rodadura.

En la mezcla in situ pueden presentarse dos casos: que el suelo existente reúna las características adecuadas para su estabilización o que sea necesario aportar previamente otro suelo de características complementarias, que debe mezclarse homogéneamente con el primero antes de la aportación del ligante.

La operación puede hacerse distribuyendo en cordón o en capa de espesor uniforme, mediante la maquinaria adecuada, el suelo de aportación para seguidamente mediante una motoniveladora o grada de disco conseguir la mezcla uniforme con el suelo existente y la disgregación adecuada de los mismos.

El suelo deberá tener un contenido de agua superior a un mínimo determinado. Es preferible que la humedad del suelo exista previamente a la extensión del ligante, y que la distribución sea uniforme, por lo que el agua debe añadirse al suelo antes de

proceder al reparto del ligante y a la realización de la mezcla. En muchos casos, es conveniente proceder a la aireación de la mezcla mediante varias pasadas de la motoniveladora.

El aspecto anterior humedad-densidad-energía de compactación, es mas importante en un suelo estabilizado con asfalto que en un suelo solo, ya que las características mecánicas finales y la susceptibilidad de la acción del agua en el tiempo, dependen en gran parte de la densidad alcanzada.

3.10 Equipo para la pavimentación Asfáltica.

La operación de Pavimentación

La distribución y compactación de la mezcla asfáltica son operaciones hacia las cuales están dirigidos todos a otros procesos. Los agregados han sido seleccionados y combinados; la mezcla a sido diseñada; la planta y su equipo auxiliar han sido preparados calibrados e inspeccionados y los materiales han sido mezclados y llevados a la pavimentadora.

La mezcla asfáltica es transportada al lugar de pavimentación en camiones y depositada directamente en la pavimentadora o en caballetes delante de la misma. La pavimentadora extiende la mezcla en un ancho y espesor determinados a medida que se mueve hacia delante mientras va compactando parcialmente el material. Inmediatamente, o después de un corto lapso de tiempo, y mientras la mezcla está aún caliente, se hacen pasar rodillos neumáticos, de acero o vibratorios sobre la franja de pavimento fresco, compactando más profundamente la mezcla. El rodillo continúa usualmente hasta que el pavimento alcanza la densidad requerida, o que la temperatura ha disminuido hasta un punto donde una mayor compactación podría producir resultados negativos.

Después que la capa ha sido compactada y se deja enfriar, está lista para recibir capas adicionales de pavimentos o para soportar cargas de tráfico.

Planificación y Preparación

Las operaciones de pavimentación requieren una cuidadosa planificación y preparación. La superficie a pavimentar debe ser preparada adecuadamente. Se dispondrá de un número suficiente de vehículos y equipos en buenas condiciones de

operación para proveer de un flujo continuo de materiales y permitir que la obra progrese sin demoras. La producción de la planta será cuidadosamente coordinada con la operación de pavimentación, y la compactación de la mezcla fresca será de modo oportuno y apropiado.

Equipo para la pavimentación asfáltica

La mayoría de las mezclas hechas en planta son colocadas mediante pavimentadoras y compactadas mediante rodillos de acero neumáticos, o ambos. Este es el equipo básico. Otro equipamiento usado, conectado con la operación de pavimentación, incluye: el distribuidor de asfalto, motoniveladora, equipo para conformación de caballetes, herramientas manuales y maquinarias e implementos varios.

3.10.1 La pavimentadora asfáltica

Operación de la pavimentadora

La pavimentadora distribuye la mezcla en la forma y espesor deseado, o finaliza la capa a la elevación y sección transversal requeridas, lista para la compactación. Las pavimentadoras modernas están soportadas por orugas o por ruedas. Estas máquinas pueden colocar una capa de menos de 25 mm de espesor (1 plg) hasta 250 mm (10 plg) de espesor en un ancho de 8 a 9,8m (6 a 32 pies). La velocidad de trabajo generalmente van de 3,05 a 21,3 m (10 a 70 pies) por minuto.

La pavimentadora es una máquina relativamente grande con muchas partes y ajustes intrincados. La mayoría de las que se usan actualmente pueden diferir en algunos detalles pero en principio son todas similares.

La Figura III-8 muestra en planta y elevación el flujo de la mezcla asfáltica desde la tolva receptora frontal de la pavimentadora, hasta el pavimento terminado por detrás de la unidad de enrase, en la parte posterior de la máquina. La mezcla es vertida en la tolva receptora, procedente de un camión que es empujado por la máquina, a la cabeza de la misma. Los rodillos montados en la parte frontal están en contacto con los neumáticos traseros

del camión y permiten a la terminadora empujarlo mientras se descarga el material en la tolva.

Otro método desarrollado para cargar la pavimentadora consiste en colocar la mezcla delante de la máquina en forma de caballete calibrado levantándola mediante un accesorio montado en la pavimentadora. Esta unidad es llamada cargador de caballete, y levanta el material depositándolo en la tolva receptora a medida que la terminadora avanza.

Después de recibir el material en la tolva, dos cintas transportadoras controladas independientemente, conducen la mezcla a través de las compuertas de control, a los tornillos distribuidores.

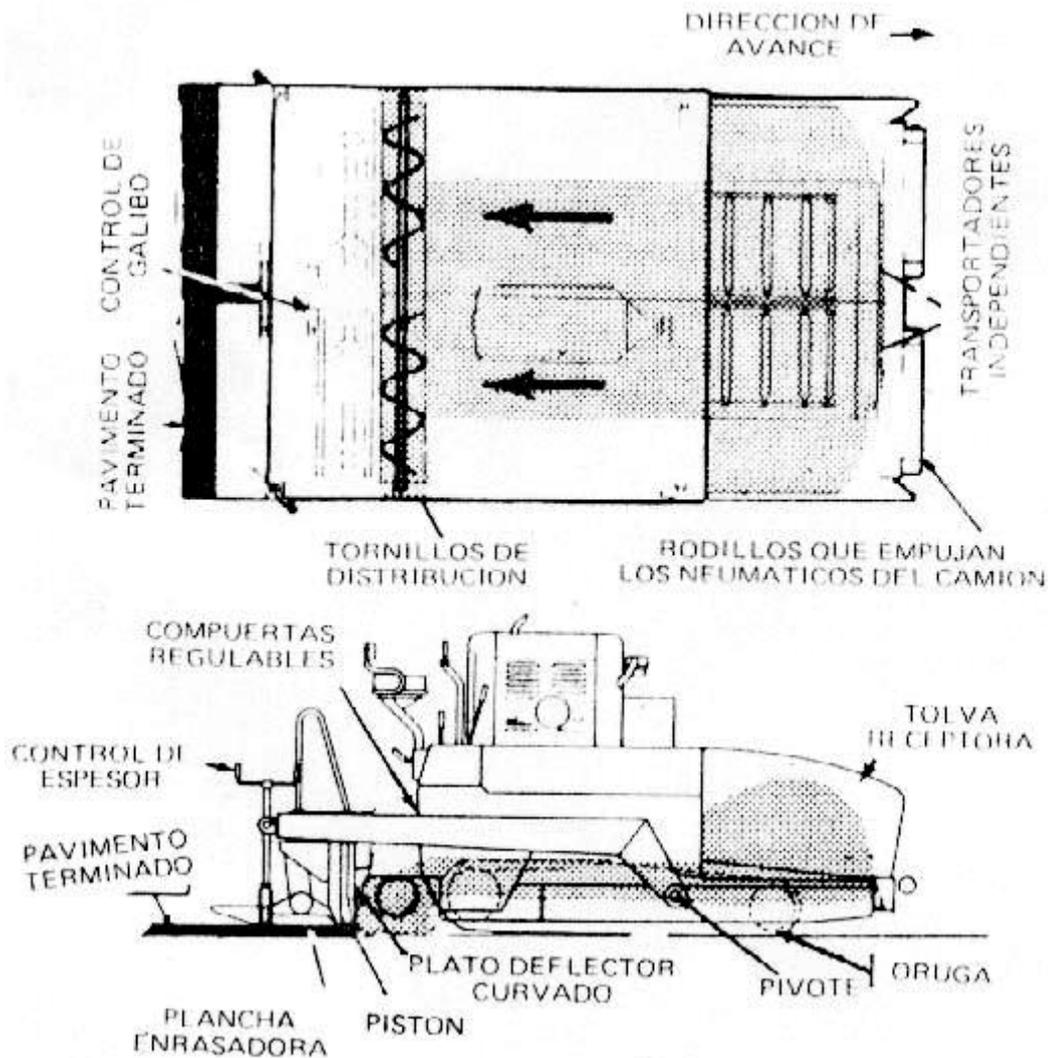


Figura III-8. Flujo de material a través de la pavimentadora

Cada tornillo distribuidor y sus respectivos alimentadores están sincronizados permitiendo al operador distribuir cuidadosamente la mezcla al frente de la plancha de enrase.

La unidad de enrase está unida a la unidad tractora a través de dos largos brazos de arrastre que pivotean hacia la parte delantera de la máquina. Los brazos no proveen un soporte a la enrasadora cuando está en posición de trabajo. A medida que el tractor arrastra la enrasadora, esta buscará el nivel donde la trayectoria de su superficie inferior sea paralela a la dirección de la posición operación, o sea, paralela a la dirección de empuje.

Para limitar el ancho de la capa o extender el ancho normal de la unidad de enrase, puede instalarse patines de cierre tanto como extensiones de la plancha.

La unidad tractor

La pavimentadora asfáltica consiste esencialmente en una unidad tractora y en una unidad de enrase. La unidad tractora provee la fuerza motriz a través de orugas o llantas neumáticas. Incluye la plata motriz, la tolva receptora, el transportador de alimentación, los tornillos de distribución, los controles y el asiento del operador. La mayoría de las terminadoras están equipadas con controles duales de manera tal que el operador se pueda sentar en cualquiera de los dos lados mientras maneja la pavimentadora.

No es práctico describir en detalle todas las unidades tractoras de uso corriente. Existen varios aspectos, sin embargo, que son generalmente comunes a todas y que deben ser inspeccionados al inicio de la operación de pavimentación y examinados en forma periódica. La mayoría de los puntos a ser controlados incluyen partes móviles o de trabajo. Para una información más detallada se debe estudiar cuidadosamente los manuales de servicio provistos por el fabricante.

El regulador del motor debe ser controlado para lograr un funcionamiento adecuado. Es importante que la unidad tractora provea un arrastre constantemente suave a los brazos de la enrasadora. Si la pavimentadora está equipada con llantas neumáticas, la presión de aire debe ser recomendada. En las máquinas con orugas, estas deben ser ajustadas pero no en forma excesiva. Cualquier movimiento innecesario causado por una baja presión de los neumáticos u orugas mal ajustadas cuando la máquina arranca, o se para, se reflejará en la superficie de la capa a medida que la enrasadora se mueve hacia delante.

Las compuertas de control en la parte trasera de la tolva sobre cada uno de los transportadores pueden ser ajustadas individualmente para regular el flujo de material hacia los tornillos distribuidores. Los controles automáticos accionan estos tornillos y los alimentadores a listones para conservar una profundidad de material constante, frente a la plancha de enrase.

Fundamentos de la operación de extendido

La unidad de enrase, excluido cualquier tipo de control, se engancha a la unidad tractora mediante dos largos brazos que pivotean alrededor de un punto, delantero de la máquina.

El principio básico de la extendidora es que al ser arrastrada sobre el material depositado frente a ella mediante los tornillos distribuidores, se eleva o baja automáticamente, buscando el nivel donde la trayectoria de su superficie plana inferior sea paralela a la dirección de arrastre.

La enrasadora trata continuamente de mantener las fuerzas balanceadas. Esto explica por que es importante regular apropiadamente las compuertas de flujo, mantener los alimentadores operando uniformemente, conservar una altura de material uniforme al frente de la enrasadora y no sobrecontrolar la misma. La temperatura de la mezcla debe permanecer constante de manera tal que su viscosidad no cambie e influya en el balance de las fuerzas que actúan en la enrasadora.

La unidad de extendido

La unidad de enrase en pareja, compacta parcialmente y aplanada la superficie de la capa a medida que es arrastrada por delante. Existe una considerable variación en los detalles y principios de la compactación inicial. Por esta razón se deben estudiar los manuales y literatura provistos por el fabricante.

Muchas unidades de enrase tienen una barra apisonadora la cual vibra verticalmente y enrasa la mezcla del pavimento de manera tal que la plancha pueda deslizarse suavemente sobre ella. La barra apisonadora imparte la mayor parte de la compactación de la mezcla en la operación de distribución. Otras enrasadoras vibran pero no tienen barras apisonadoras. La vibración se logra con vibradores eléctricos o árboles rotativos excéntricamente cargados. La frecuencia de vibración debe ser controlada, de manera tal de obtener el máximo esfuerzo de compactación.

Tanto el gálido del borde de ataque como el de salida de la enrasadora son ajustables. El primer borde debe tener un ligero bombeo mayor que el segundo, para proveer un flujo suave de material bajo la enrasadora. Una flecha muy grande en el borde de ataque, sin embargo puede crear una textura abierta a lo largo de los bordes de la capa. Los ajustes del gálido pueden ser hechos independientemente, o simultáneamente con la operación de pavimentación.

Inspección de la unidad de extendido

Muchas condiciones del trabajo y ajustes pueden ser controlados solo mediante el resultado final o más específicamente, por la calidad de la capa que se coloca. Antes de

comenzar el trabajo, sin embargo, es necesario controlar aquellos elementos que obviamente afectarán el trabajo.

Se debe levantar la enrasadora y revisar la superficie de asiento tanto en lisura como excesivo desgaste. Las planchas de enrase se gastan alrededor de 100 a 150 mm (4 a 6 plg) hacia adentro desde el borde de salida. Las extensiones deben estar enrasadas con y al mismo nivel que la superficie de asiento de la plancha. Se debe controlar el excesivo desgaste de los apisonadores, su ajuste y apropiado funcionamiento. El desgaste excesivo produce una superficie marcada y un ajuste inadecuado da a la capa una apariencia estriada. El límite de la carrera inferior de la barra apisonadora debe sobresalir 0.4 mm (1/64 plg) por debajo de la base inferior de la plancha (el espesor de una uña) si la enrasadora es de tipo vibratorio los vibradores se deben hacer funcionar con la enrasadora en posición levantada para observar si trabajan. Se comprueba su comportamiento durante la operación.

Debe proveerse de un nivel de aire montado en la enrasadora o en una cuña de madera de modo tal que se pueda realizar una inspección del gálibo del camino en cualquier momento.

Un ítem generalmente descuidado pero importante es la limpieza adecuada de la máquina pavimentadora al final de cada día de trabajo. Se le debe dar a la tolva, alimentadores, tornillos de distribución, barras apisonadoras y plancha de enrase, un riego liviano de producto de destilación de petróleo, para asegurar un fácil arranque al día siguiente.

Controles automáticos de la enrasadora

La mayoría de las pavimentadoras disponen de controles de la plancha enrasadora operados en manual, semiautomáticos o automáticos.

Los controles automáticos tienen cinco componentes principales:

Sensor

Péndulo

Caja de control

Panel de comando

Motores o cilindros para cambiar la inclinación de la plancha enrasadora.

Los controles de la plancha de enrase se basan en el principio de que si la enrasadora está fabricada para seguir una línea uniforme sin tener en cuenta las irregularidades de la superficie que está siendo pavimentada, resultará una superficie de pavimento pareja. La pendiente, o el perfil transversal, está controlado por un péndulo, regulado para una pendiente particular.

Una vez que la enrasadora es calibrada para la profundidad de distribución deseada, el sistema automático se encarga de producir una superficie pareja. El panel del comando, el sensor de nivel, y el péndulo eléctrico impulsan una caja de control la cual activa los motores o cilindros que cambian la inclinación de la enrasadora, compensando automáticamente las irregularidades superficiales del camino.

El sensor obtiene información a través de un dispositivo, o rejilla, avanzando sobre una cuerda que ha sido colocada como referencia de nivel, o a través de un patín, largo o corto que se desliza sobre una línea adyacente, cordón o canal. Ambos dispositivos pueden ser usados para pavimentar una superficie vieja, pero se recomienda una cuerda cuidadosamente instalada para la nueva construcción. Se puede sustituir el patín o pie corto por una cuerda o pie largo después de haber colocado el primer carril. La cuerda puede ser colocada de los dos lados de la terminadora, pero los patines que controlan el nivel deben ser montados del lado de la línea central.

Los sensores de las pavimentadoras equipadas con controles electrónicos pueden verificarse variando la posición de los mismos y observando si responde la potencia en los controles de la enrasadora y si realiza el ajuste compensatorio correspondiente.

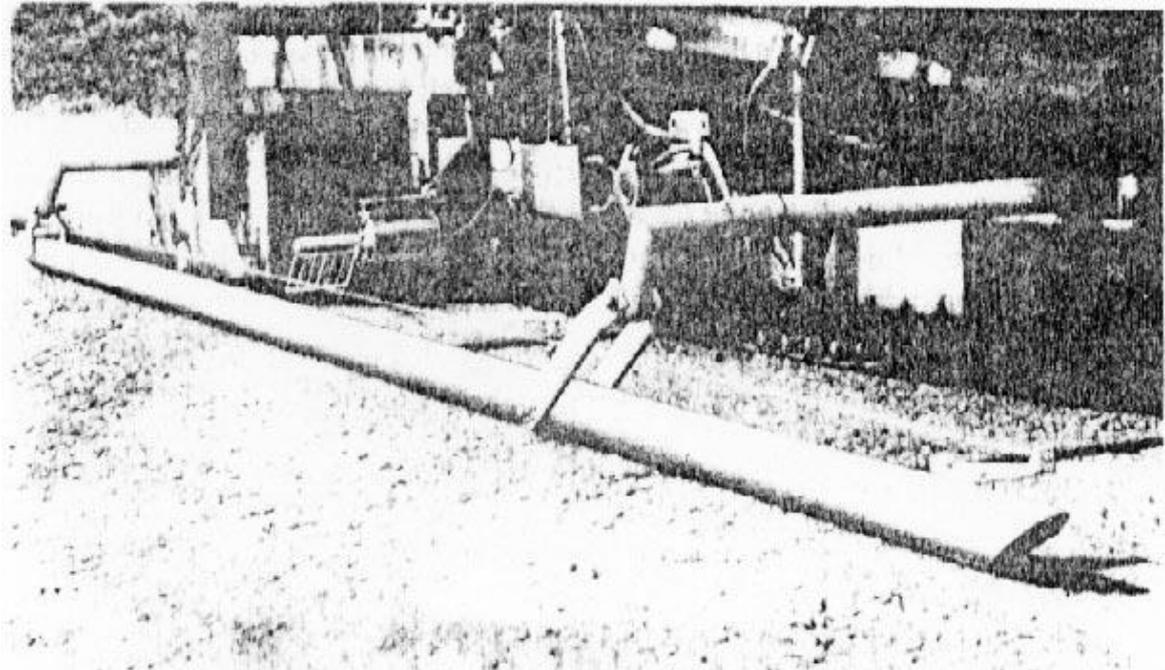


Figura III-10 Palpador de nivel de patín largo

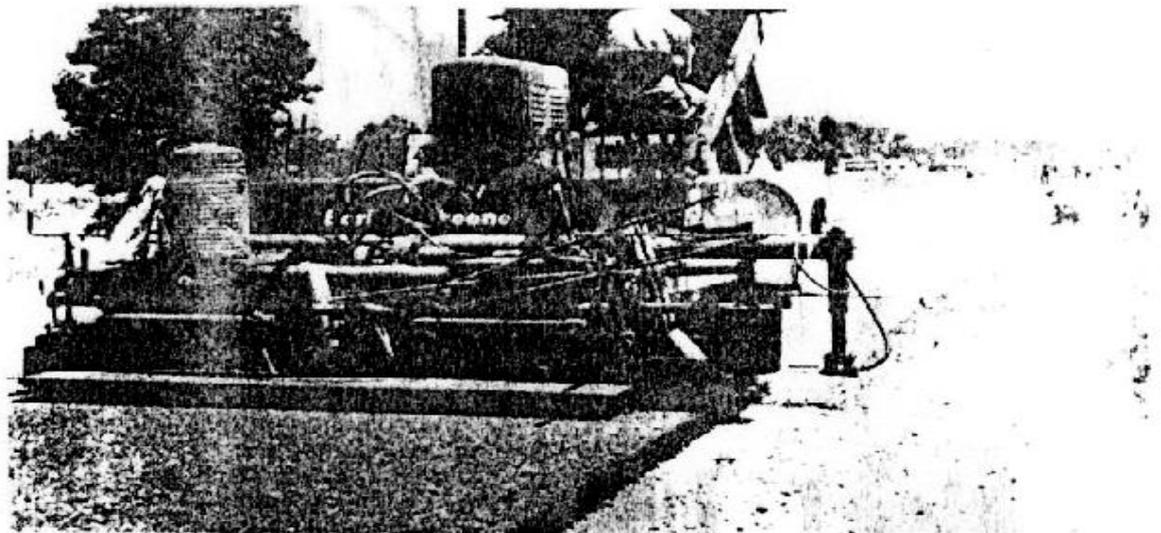


Figura III-11 Palpador de nivel. La cuerda se usa también como guía para el operador de la terminadora

3.10.2 Rodillos

La operación de los rodillos

El rodillado debe comenzar tan pronto como sea posible, después que el material ha sido distribuido. Esta operación consiste en tres fases consecutivas:

Rodillado inicial

Rodillado intermedio, y

Rodillado final.

El rodillado inicial compacta el material más allá de la compactación impartida mediante la terminadora, para obtener prácticamente toda la densidad requerida. El rodillado intermedio densifica y sella la superficie. El rodillado final elimina todas las macas y desperfectos dejados por la compactación previa. Los rodillos disponibles para estas operaciones son:

Con ruedas de acero (aplanadoras)

Con llantas neumáticas.

Vibradores, y

Combinación de ruedas de acero y llantas neumáticas.

Los rodillos con ruedas de acero y vibradores pueden ser usados para las tres fases de rodillado; sin embargo la vibración no se usa generalmente en capas delgadas. Algunas veces se usan los rodillos neumáticos para el rodillado inicial, pero generalmente se los prefiere para el rodillado intermedio. La siguiente inspección de los rodillos debe realizarse, siempre que sea posible:

Peso total

Peso por unidad de ancho (rodillos metálicos)

Presión de contacto promedio (rodillo neumático)

Condición mecánica, y

Dirección correcta.

Rodillos con ruedas de acero

Los rodillos con ruedas de acero están constituidos por dos rodillos axiales en tandem (Figura - 13). Varían en peso desde 2,7 a 12,7 mg (3 a 14 ton) o más. La mayoría tiene ruedas a las cuales se les puede agregar lastre para aumentar su peso.

Las ruedas de estos rodillos deben revisarse para verificar el desgaste en los bordes. Para lo cual se puede usar una regla metálica de cantos vivos. El rodillo no debe usarse si existen ranuras o picaduras que hayan afectado el tambor giratorio. Estos rodillos tienen raspadores para mantener limpias las ruedas y almohadillas húmedas, que las mantienen mojadas de manera que

no levanten asfalto durante el rodillado. En caso de excesivo desgaste deben ser reemplazados.



Figura III-13 Rodillo con ruedas de acero

Rodillos con llantas neumáticas

Los rodillos autopulsados con llantas neumáticas (Figura) tienen de 2 a 8 ruedas en la parte frontal y 4 a 8 ruedas en la trasera. Las ruedas de estos rodillos generalmente oscilan (se mueven axialmente hacia arriba y hacia abajo) y algunas pueden balancearse. Los rodillos neumáticos autopulsados varían en peso desde 2,7 a 31,8 Mg (3 a 35 ton) pudiendo agregarse lastre para aumentar el peso de la máquina.

Algunos rodillos neumáticos tienen un dispositivo para variar la presión de inflado de las llantas mientras están operando. Este sistema de “inflado en camino” mantiene automáticamente cualquier presión establecida o puede elevar o disminuir la presión de inflado mientras el rodillo está operando. Algunas condiciones y requerimientos de compactación exigen distintas presiones de inflado.

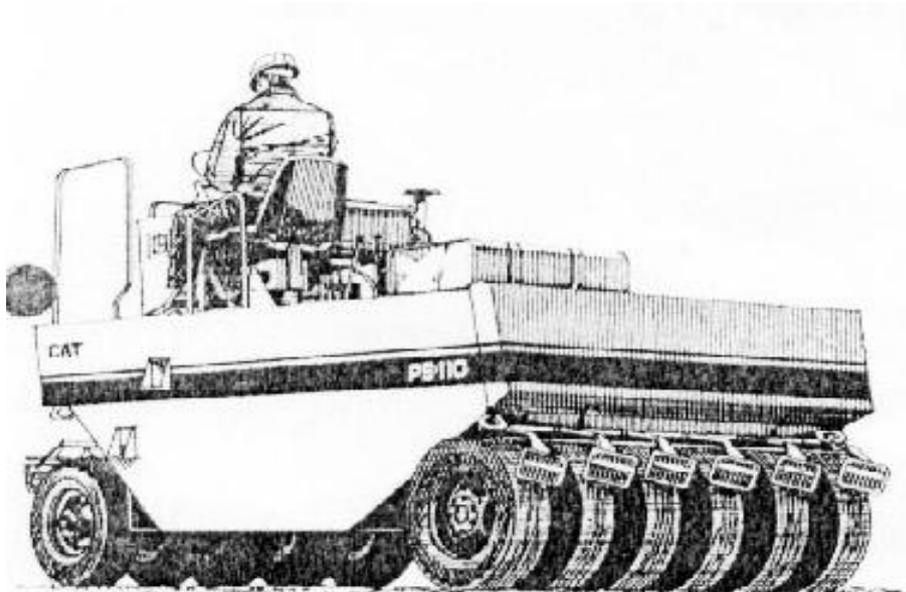


Figura III-13 Rodillo Neumático

Rodillos vibratorios

Los rodillos vibratorios están constituidos por una o dos ruedas de acero de superficie lisa de 0,8 a 1,5 m (2,5 a 5 pies) de diámetro y 0,9 a 2,7 m (3 a 9 pies) de ancho (Figura - 15). Varían su peso estático desde 1,4 a 15,5 Mg (1,5 a 17 ton). Estos rodillos se usan para la compactación de cualquier tipo de mezcla asfáltica. En algunos casos, sin embargo, es necesario adaptar la resonancia de la fuerza dinámica a la fundación y tipo de material que esta siendo compactado.

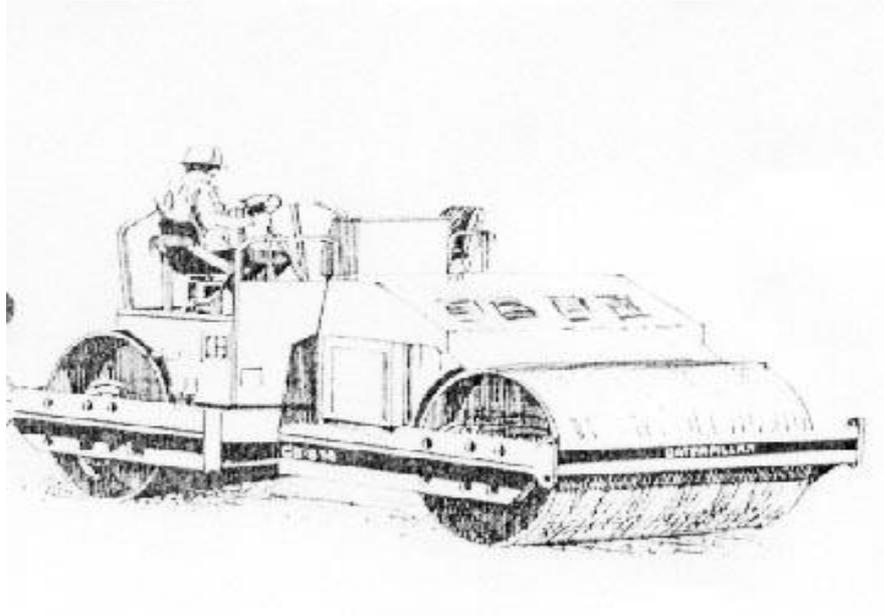


Figura III-14. Rodillo vibratorio autopropulsado

3.10.3 Equipamiento auxiliar

Distribuidor de asfalto

El distribuidor de asfalto se usa para aplicar tanto un riego de imprimación como un riego de liga en la superficie a pavimentar. Los riegos de imprimación son aplicaciones de asfalto diluido a una superficie absorbente tal como una base granular. Los riegos de liga son aplicaciones livianas de asfalto emulsificado sobre una superficie pavimentada existente. Estos riegos son discutidos con más detalles en tratamientos superficiales o misceláneas asfálticas.

El distribuidor esta constituido por un camión o trailer sobre el que va montado un tanque con aislamiento térmica. Algunos distribuidores están equipados con un sistema de calentamiento, generalmente quemadores de aceite (Figura - 16). El distribuidor tiene una bomba mecánica y un sistema de barras y boquillas rociadoras a través de las cuales le asfalto es forzado, bajo presión, sobre la superficie en construcción.

Es importante que el riego de asfalto sea distribuido sobre la superficie en forma uniforme, en la cantidad establecida. Esto requiere que la bomba

trabaje adecuadamente, que exista una completa circulación en las barras de riego y que las boquillas estén completamente libres.

Para obtener la cantidad de aplicación deseada, la velocidad del distribuidor debe determinarse para un volumen de bombeo y un ancho de cobertura dado. Los distribuidores generalmente tienen un tacómetro que indica la velocidad de avance la cual debe mantenerse constante para mantener un riego uniforme

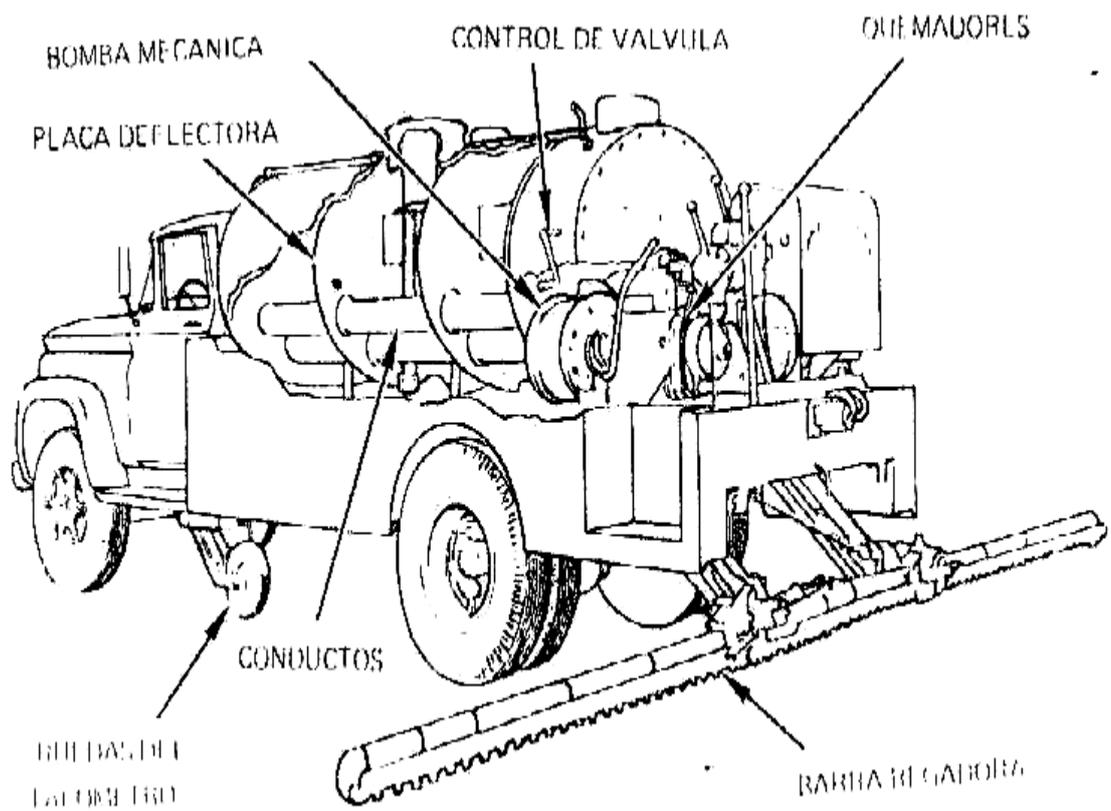


Figura III-15. Distribuidor de asfalto

Motoniveladora

En algunos casos se usa la motoniveladora para distribuir mezclas provenientes de plantas asfálticas. Por ejemplo, en la colocación de una capa

de nivelación la cual consiste en una aplicación delgada de mezcla hecha en planta, colocada bajo la carpeta de rodamiento. Ayuda a proveer una superficie suave y uniforme a la pavimentadora.

Equipamiento para formación de caballetes

Algunas veces se coloca las mezclas asfálticas hechas en planta sobre el camino en forma de caballetes, delante de la pavimentadora. Un dispositivo elevador fijado al frente de la misma levanta la mezcla y la descarga en la tolva. Esto elimina tener camiones de apoyo y descargarlos a medida que la pavimentadora se mueve hacia delante.

Es importante una exacta conformación de los caballetes para obtener la cantidad correcta de material durante la construcción del pavimento.

El equipo de encaballetado puede usarse también para controlar la cantidad de material de las capas de nivelación distribuidas con motoniveladoras.

Herramientas accesorias

Debe tenerse disponible herramientas manuales y equipamiento adecuado para su limpieza. Las herramientas accesorias incluyen:

Rastrillos

Palas

Raspadores

Equipos de limpieza

Apisonadores manuales

Compactadores vibradores mecánicos pequeños

Bloques y calzas para soportar la plancha de la pavimentadora al iniciar las operaciones.

Sogas, papel grueso, o maderas para la construcción de las juntas al final de la jornadas.

Herramientas para el corte y pintado de juntas; y Reglas.

No es necesario usar todas estas herramientas en cada proyecto de pavimentación o todos los días de un trabajo particular. Los rastrillos, palas y raspadores se usan frecuentemente por el personal que se halla alrededor de la pavimentadora. Mientras la maquina esta operando, los obreros trabajan o

retrabajan una porción de la mezcla para ajustar detalles del pavimento o para llenar áreas donde la pavimentadora no operó adecuadamente o no pudo alcanzar durante la pavimentación.

3.11 Colocación y Compactación de Mezclas Emulsionadas en Frío.

Los procedimientos de colocación para mezclas frías en planta, son similares a los de las mezclas en caliente. Las capas de base pueden o no colocarse con pavimentadoras autopropulsadas. Las pavimentadoras autopropulsadas, sin embargo se recomiendan para obtener una superficie (capa de rodadura) de alta calidad o para tránsito pesado. Las mezclas frías, generalmente no son tan manejables como las calientes.

En particular, las mezclas abiertas son extremadamente duras de manera que deben minimizarse las reparaciones de carpeta y el trabajo manual. Si la Mezcla se pega a la maestra o se producen desgarramiento de carpeta, puede corregirse el problema, usualmente en la planta, ajustando el tiempo de mezclado o la relación agua-emulsión (o el contenido). El calentar la muestra no resolverá el problema, pero puede ayudar a aliviarlo, el lubricarla con aceite Diesel. (Se ha encontrado de utilidad instalar una barra irrigadora de Diesel en el borde delantero de la maestra para aplicar una llovizna de Diesel, cuando sea necesario).

Las mezclas en frío se han colocado en capas de 4 pg. (10 cm) o más, pero la compactación y el curado se logran más rápidamente en capas de 2 ó 3 pg. (5 ó 7.5 cm). Las capas gruesas pueden llevar a la no uniforme aireación de la mezcla colocada. El rompimiento de la emulsión en las mezclas abiertas, sucede usualmente antes de que se coloque la mezcla. Tal como se dijo, dado que las mezclas son espesas y extremadamente estables, debe comenzarse inmediatamente la compactación. Las mezclas densas, también deben compactarse, tan pronto sea posible. Sin embargo, a diferencia de las mezclas abiertas, usualmente en estas mezclas, la emulsión no se rompe hasta transcurrido algún tiempo después de colocada. Además del alto contenido de humedad requerido para el mezclado, esto implica que frecuentemente se necesita una período de espera para que la mezcla

desarrolle la suficiente estabilidad para soportar los compactadores. Entre más rápido se pierda el agua, más rápido puede compactarse la mezcla. Aquí también, el uso de una pequeña cantidad de cemento en la mezcla aumenta gradualmente la tasa de curado.

Para la primera compactación, se ha encontrado ventajoso usar compactadores vibratorios o de rueda metálica, en razón de que las mezclas abiertas son extremadamente pegajosas y las mezclas densas son frecuentemente bajas de estabilidad: Los compactadores vibratorios son efectivos para las primeras dos o tres pasadas iniciales pero después su ventaja es cuestionable. Existe la preocupación de que demasiada vibración puede causar migración del asfalto y el agua, en las mezclas densas. Algunas veces, se usan para la primera compactación, los compactadores de rueda neumática. Sean neumáticos o metálicas los compactadores pueden usarse para la compactación intermedia, y los metálicos para la compactación final.

Después de la compactación inicial de las mezclas abiertas puede extenderse uniformemente sobre la superficie del pavimento, una ligera aplicación de agregado de cierre, a la tasa de 6-10 lb/yd² (3 a 5 Kg/m²). El agregado puede ser grueso, arena seca o menor que tamiz de 2.00 mm (N°.10) obtenidos de la producción de agregados abiertos. El material de cierre evitará que la mezcla se pegue al tráfico de construcción o a los compactadores.

3.12 Precauciones

Las mezclas densas normalmente son resistentes al agua durante la construcción. Pero si llueve antes de que la mezcla se compacte y cure, no debe permitirse el tráfico hasta que haya curado y compactado lo necesario.

Usar solamente el agua de mezclado necesario para dispersar la emulsión y ofrecer buena manejabilidad. Demasiada agua puede retardar el curado y demorar la compactación.

Para dispersar la emulsión no debe mezclarse más tiempo que el necesario. El sobremezclado puede producir lavado de la emulsión que cubre el agregado o rompimiento prematuro.

Par más rápido curado, conviene colocar las mezclas emulsionadas en frío, mejor en varias capas que en una sola gruesa.

No sellar demasiado pronto las mezclas emulsionadas. EL agua atrapada y los destilados pueden crear problemas.

Si ocurre desintegración bajo el tráfico, el material suelto debe sea barrido tan pronto sea posible para evitar mayor daño de la superficie. Si crece el grado de desintegración, puede ser deseable el enriquecimiento de asfalto de la superficie por un ligero rociado con una emulsión SS diluida en una proporción de 85% de agua y 15% de emulsión. El propósito es obtener alguna penetración y así evitar una superficie pegajosa y un potencial pegamiento a las llantas de los vehículos. Si la desintegración se debe a una superficie pegajosa será entonces necesario un ligero secado con arena.

3.13 Sellos con Asfalto en Frío

Hasta hace pocos años fue práctica común colocar un sello monorriego sobre los pavimentos en frío, varias semanas después de terminada la construcción. Las mezclas densas tienen usualmente bajas resistencias a la desintegración bajo el tráfico en tanto no estén completamente curadas y lo mismo es cierto, para las mezclas de arena. Las mezclas abiertas son muy duras y es improbable que ocurra su desintegración, pero aún en este caso, es considerado ventajoso el monorriego. Esta práctica es adoptada por la mayoría de las entidades pero en algunos proyectos con mezclas abiertas, se ha eliminado el monorriego si se ha suministrado previamente un riego para controlar el efecto de la humedad dentro o debajo de la estructura del pavimento. En algunos proyectos del servicio forestal de los Estados Unidos donde se

han usado agregados densos bien triturados, se ha empleado un sello de emulsión en lugar del monorriego. La emulsión se diluye con agua a una tasa de 10 a 20% de emulsión por un 80 a 90% de agua y se aplica con un distribuidor o tanque de agua. Se han usado también aplicaciones sucesivas de este sello, en mezclas abiertas, en un esfuerzo por obtener un mejor sellado a la humedad en el fondo del pavimento de gradación abierta.

Una mezcla densa es más propensa a mostrar grietas de reflexión que una abierta. Por consiguiente, el uso de un tratamiento superficial dará algún grado de protección para esto. Adicionalmente, ayudará a evitar la intrusión del agua, la cual puede dañar la estructura del pavimento.

3.14 Slurry Seal.

Es una mezcla de arena bien graduada, cemento Pórtland tipo I, emulsión asfáltica Catiónica Super Estable y agua, que se utiliza para el mantenimiento correctivo y preventivo de calzadas existentes y también como nueva capa de rodadura para tráfico liviano.

El Slurry Seal o Mortero Asfáltico sella las grietas y fisuras existentes, detiene el desprendimiento de los agregados, impermeabiliza y mejora la resistencia al deslizamiento y abrasión.

El mortero asfáltico es una tecnología moderna de rejuvenecimiento de pavimentos antiguos y oxidados y se coloca en espesores de 4 mm a 15 mm, dependiendo del grado de deterioro del pavimento antiguo. Esta técnica no necesita de compactación, basta con abrir el tráfico para obtenerla.

La producción del slurry seal se realiza a temperatura ambiente, siendo su consistencia semi-líquida y se puede preparar en boogie, trompo, mezclador o camión-mezclador-esparcidor, dependiendo de la envergadura de la obra. Su uso es inmediato.

La colocación manual se realiza en pequeñas áreas como si se estuviera vaciando un piso de concreto.

Para trabajos de envergadura se utiliza un camión-mezclador-esparcidor cuyo rendimiento promedio es 2,500 m²/día en ciudades y de hasta 5,000 m²/día en carreteras.

Para lograr el acabado rugoso que necesita toda superficie de rodadura se deberá pasar longitudinalmente un yute humedecido con agua.

El mortero asfáltico fragua después de dos horas de colocado, por lo que se deberá abrir el tráfico después de 2.5 horas.

Sobre esta superficie se podrán colocar cualquier tipo de carpeta, ya sea de asfalto o de concreto, sin ningún inconveniente.

Materiales.

Este mortero está compuesto de agregado bien gradado, emulsión asfáltica, filler mineral y agua. La selección y la dosificación adecuada de estos materiales deberá hacerse en laboratorio calificado antes de la puesta en obra.

Agregado.

Cualquier agregado que pasa la malla de 3/8 " usado para mezcla en caliente, es apropiado para el mortero asfáltico. Por peso, el agregado conforma del 87 al 94% de la mezcla.

Los ensayos de calidad al material pétreo que se realizarán son:

- Muestreo	AASHTO T 2	ASTM D 75	
- Granulometría por vía húmeda	AASHTO T 27	ASTM C 136	ver tabla 2.
- Equivalente de arena	AASHTO T 176	ASTM D 2419	50 min.
- Abrasión (composición C o D)	AASHTO T 96	ASTM C 131	45% max.
- Durabilidad (Na ₂ SO ₄)	AASHTO T 104	ASTM C 88	15% max.
- Gravedad específica y absorc.	AASHTO T 84	ASTM C 128	
- Peso unitario	AASHTO T 19	ASTM C 29	
- Sales solubles totales	USBR E-8		0.5% max.

En la Tabla III - 7 se muestra las especificaciones granulométricas de la arena a utilizarse. Estas especificaciones varían de acuerdo al espesor de mortero a colocar.

Emulsión Asfáltica.

Las emulsiones catiónicas, que por su naturaleza de fraguar químicamente, tienen la ventaja de un curado rápido. Gran parte de los agregados están cargados negativamente, las emulsiones catiónicas, por tener carga positiva en las partículas de asfalto, asegura una gran afinidad árido-ligante.

Los proveedores de las emulsiones asfálticas, deberán tener un laboratorio bien equipado, y el personal capacitado para el diseño de la emulsión y el control de calidad completo de cada carga conducida a obra. Las especificaciones técnicas están dadas en el AASHTO T 59 y ASTM D 2344. Ver tabla III - 8.

La emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CSS), es la indicada para este tipo de trabajo, siendo la super lenta o super estable como lo llaman algunos proveedores, la que permite mayor trabajabilidad para el acabado.

Finalmente es importante señalar que, a pesar de que la aplicación de las emulsiones asfálticas es muy sencilla, siempre se deberá respetar la dosificación que indique el laboratorio del fabricante en base a las muestras analizadas. Cualquier cambio a realizarse, ya sea de cantera (agregado), fuente de agua, ubicación, etc., deberá ser inmediatamente comunicado al fabricante de la emulsión.

Agua.

Es el insumo que controla la consistencia de la mezcla. Por peso compone del 4 al 12% del agregado seco.

El agua debe humedecer previamente al agregado para que funcione como lubricante ante la emulsión, reduce la tensión superficial de las partículas de agregado facilitando a la emulsión el cubrimiento.

La mayoría de los abastecedores de agua locales suministran un producto adecuado para el uso del mortero. Debe estar libre de sales solubles, suciedad, y sedimentos. No debe ser dura. En caso de dudas, se realizará el ensayo de Control de Calidad al Agua (NTP 339.088).

Filler Mineral.

El relleno mineral es usado en el mortero para mejorar la gradación del agregado, y principalmente para proporcionar a la superficie de rodadura la alta resistencia al desgaste. Deben cumplir con las especificaciones ASTM D-242.

Se usan entre 0.5 al 2 % en peso respecto al agregado seco. La dosificación será diseñada en laboratorio, mediante el ensayo de abrasión por inmersión bajo tráfico simulado para morteros asfálticos. Los filler mas usados son el cemento portland tipo I y la cal hidratada.

Afinidad Arido Ligante.

La emulsión se diseñará en el laboratorio del proveedor, considerando diferentes factores, tales como:

- Composición mineralógica del árido (tipo de poliamina a usar en la emulsificación).
- Clima, uso del pavimento y tipo de tráfico (característica del cemento asfáltico base a emulsionar). Ver tabla No III - 9.
- Pendientes de los tramos a rehabilitar (viscosidad de la emulsión).

Para tal efecto, el cliente proporcionará al laboratorio de la empresa fabricante de la emulsión, 50 Kg. De arena gruesa que se usará en obra. Se ensayará diferentes clases de emulsiones de rotura lenta CSS con el ensayo RIEDEL WEBER (D.E.E.MA-8 Francia). Se optará por el que se obtenga mayor grado de adherencia (mínimo grado 4).

Es de gran importancia entender que la emulsión debe diseñarse debido a que las características de los áridos, climas y geografías son diferentes y dependerán de la zona de trabajo.

Dosificación y Proyecto.

Consiste en determinar una fórmula de trabajo que establezca las proporciones adecuadas de árido, filler, ligante y aditivos opcionales. Esta fórmula debe asegurar una buena respuesta a las solicitaciones de tráfico, carga, agentes atmosféricos y conservarla ante el tiempo. Los diseños se realizan con los equipos propuestos por la International Slurry Surfacing Association (I.S.S.A.), estos son los ensayos de abrasión en inmersión (Wheel Track Abrasión Testing. W.T.A.T) y los de control de exudación mediante la rueda cargada (Loaded Wheel Tester. L.W.T.). El cliente deberá proporcionar 50 Kg. De la arena a utilizar y el laboratorio de la empresa fabricante de la emulsión, le proporcionará el diseño del mortero.

En el caso del mortero asfáltico Slurry Seal, también es necesario indicar la cantidad de agua que facilite la puesta en obra, y proporcione la consistencia adecuada para una buena trabajabilidad. Esto es posible mediante los ensayos de consistencia del cono de Kansas.

Las modernas técnicas de diseño del mortero asfáltico, han hecho posible, la elaboración de morteros de apertura al tráfico casi inmediato, se podrá dar tránsito a menos de media hora de colocado el mortero (Quick set), esto se logra mediante los ensayos del Cohesímetro (Modified cohesión tester).

Una formulación aproximada del mortero sería el siguiente:

Arena gruesa	1m3
Agua potable	50 gal.
Filler (cemento portland tipo I o cal hidratada)	17 Kg.
Emulsión Asfáltica Rotura lenta (CSS).	60 gal.

Para esta tecnología solo es necesario proporcionar un espesor pequeño, por lo que se debe establecer un cuadro de condiciones de trabajo en el que se reflejen factores tales como los siguientes:

- a) Textura superficial, permeabilidad, contenido de ligante, regularidad superficial, del tramo a trabajar.
- b) Clima, temperatura del pavimento, riesgo de precipitaciones.

Equipo para Fabricación y Puesta en Obra.

La fabricación del mortero puede hacerse en forma manual, en bateas o carretillas, también se podrá usar trompitos o cualquier mezclador usado en construcción que consiga una dispersión homogénea.

Para obras de gran envergadura, Las plantas móviles extendedoras "TEREX CIFALI" están equipadas para transportar los materiales necesarios, mientras dosifica, mezcla

y extiende el mortero asfáltico. Esta planta móvil deberá calibrarse previamente al extendido.

Se requiere un pequeño equipo de apoyo como complemento al trabajo que realiza la máquina, tales como: Barredora mecánica o compresora de aire, cargador frontal, cisterna de agua y de emulsión y herramientas manuales.

Ocasionalmente, para casos especiales se requiere un rodillo neumático, que en zonas de maniobras, se logrará en menor tiempo la cohesión inicial.

Maquinas para Fabricación y Puesta en Obra del Slurry Seal.

Las máquinas constan, básicamente, de una tolva portadora de árido y dos depósitos para el agua de preenvuelta y la emulsión. Un sistema de extracción del árido conduce éste a un conjunto mezclador, donde se le añaden, en este orden, agua de preenvuelta, filler y emulsión, adecuadamente dosificados.

El mezclador es de espiral con tacos rascadores de acero endurecido y vertedero central. Los brazos o paletas que componen la espiral se instalan de tal forma que produzcan una retención en la zona de batido, de árido, filler y agua de preenvuelta, y una aceleración de salida en la zona

La salida del producto se efectúa por un vertedero regulable en altura, para retener mas o menos la salida de la mezcla, y en dirección, con el fin de desviar la vena hacia uno u otro de los componentes de la rastra extendedora.



CARGUIO DE AGUA Y EMULSION A LA PLANTA MOVIL EXTENDEDORA DE MICROPAVIMENTO.



CARGUIO DE MATERIAL PETREO.

CAJA EXTENDEDORA.

La caja extendedora esta formada por dos compartimientos, articulados longitudinalmente, lo que permite su adaptación al bombeo del pavimento. En todo su

perímetro van unas bandas de goma que realizan un cierre contra la calzada, reduciendo las pérdidas de lechada.

La rastra va apoyada en tres patines de acero endurecido y arrastrada por un sistema de cadenas que regula la alineación del apoyo lateral, para alinearla en zonas de curva. Estos patines poseen también un sistema de regulación vertical, para poder variar la presión de la maestra sobre el pavimento y, regular la cantidad de lechada extendida. Esta dosificación final es función de diversos factores: alzado de guías, presión de maestra, calidad del caucho utilizado, grueso del mismo, tipo de pavimento en que se extiende, etc.

La caja extendedora se regula en su ancho, puede variar entre 2 a 4.20 mt., Así también, se puede utilizar la mitad de la rastra.

LABORATORIO DE MATERIALES

Especificaciones Granulométricas para Slurry Seal

Tipo de Slurry	I	II	III
Uso General	Sello fino y Relleno de grietas	Sello general, Superficies de Textura media	1 ^a y/o 2 ^a aplicación, superficies de textura alta
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa		
3/8" (9.5mm)	100	100	100
Nº.4(4.75mm)	100	90 – 100	70 – 90
Nº.8(2.36mm)	90 – 100	65 – 90	45 – 70
Nº.16(1.18mm)	65 – 90	45 – 70	28 – 50
Nº.30(600µm)	40 – 65	30 – 50	19 – 34
Nº.50(300µm)	25 – 42	18 – 30	12 – 25
Nº.100(150µm)	15 – 30	10 – 21	7 – 18
Nº.200(75µm)	10 – 20	5 - 15	5 – 15
Contenido de Asfalto Residual % en peso del agregado seco	10 – 16	7.5 – 13.5	6.5 – 12
Tasa de Aplicación, kg/m2 basado en el peso del agregado seco	3 – 5.5	5.5 – 8	8 ó más

TIPO	Rotura Rapida				Rotura Media				Rotura Lenta			
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
GRADO												
PRUEBAS A LA EMULSION:												
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C, seg.									40		40	
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C, seg.	20		40		20		40					
Sedimentacion*, 5 días, %		5		5		5		5		5		5
Estabilidad almacenamiento**, 24 h, %		1		1		1		1		1		1
Tamizado, %		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Mezcla con cemento, %										2.0		2.0
Destilación: Aceite destilado, por volumen de emulsión, % Residuo, %	60	3	65	3	65	12	65	12	57		57	
PRUEBAS SOBRE EL RESIDUO DE LA EVAPORACION:												
Penetración, 25°C, 100 gr, 5 seg	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
Ductilidad, 5°C, 5 cm/min, cm	10		10		10		10		10		10	
Recuperación elástica por torsión, %	12		12		12		12		12		12	
APLICACIONES TIPICAS****	Tratamiento superficial, macadam penetración, sello arena, riego liga.	Tratamiento superficial, macadam penetración, sello agregado grueso, (simple y múltiple).	Mezcla fría en planta, sello agregado grueso (simple y múltiple), mezcla en vía, sello de arena, tratamiento grietas.	Mezcla fría en planta, mezcla caliente en planta, sello agregado grueso (simple y múltiple), mezcla en vía, riego de liga, tratamiento grietas.	Mezcla fría en planta, mezcla en vía, slurry seal, riego de liga, riego pulverizado, riego antipolvo. Microaglomerados.							



USOS PRINCIPALES DE LOS CEMENTOS ASFALTICOS PARA PAVIMENTACION.				
USO DEL PAVIMENTO	CLIMA			
	cálido árido	cálido húmedo	moderado	frío
Campos Aéreos.				
vías rápidas	60-70	85-100	85-100	120-150
vías de taxi	60-70	60-70	85-100	85-100
zona de parqueos	60-70	60-70	60-70	85-100
Auto				
Pistas				
tráfico pesado a muy pesado	60-70	60-70	85-100	85-100
Tráfico medio a liviano	85-100	85-100	85-100	120-150
Calles				
Tráfico pesado a muy pesado	60-70	60-70	85-100	85-100
Tráfico medio a liviano	85-100	85-100	85-100	85-100
Vías de Acceso				
Industrial	60-70	60-70	85-100	85-100
Estac de servicio	60-70	60-70	85-100	85-100
	85-100	85-100	85-100	85-100
Residencial				
Estacionamientos				
Industrial	60-70	60-70	85-100	85-100
Comercial	60-70	60-70	85-100	85-100
Recreacional				
Campo de tenis	85-100	85-100	85-100	85-100
Patios de juego	85-100	85-100	85-100	85-100

Tabla No III - 9

CAPITULO IV

CAPITULO IV

APLICACIONES MISCELANEAS DE LAS EMULSIONES

ASFALTICAS

4.1 Generalidades

Los capítulos previos han descrito los usos de las emulsiones en mezclas en planta, mezclas en sitio, y varios tipos de tratamientos y sello. Pueden usarse también en otras numerosas aplicaciones relacionadas con la construcción y el mantenimiento de las superficies pavimentadas. Sus ventajas en economía y su versatilidad son razones válidas para su creciente uso. Este capítulo no cubre todos los usos. Sin embargo da guías para los más comunes usos misceláneos.

4.2 Tratamiento Superficiales por Riego (T.S.R.)

Definiciones.-

Es la aplicación a manera de riego de Emulsión-Arido cuyos espesores son menores a 1". Se realiza sobre cualquier clase de superficie: base granular, pavimento existente de asfalto o concreto con cemento.

Se llama tratamiento superficial simple (T.S.S.), al riego de emulsión seguida de la aplicación de una capa delgada de agregado, compactado inmediatamente. Se denomina tratamiento superficial múltiple (T.S.M.), cuando el proceso se repite una segunda, o aún, una tercera vez, disminuyendo el tamaño del árido con cada nueva aplicación.

El tamaño máximo del árido para cada aplicación sucesiva es aproximadamente la mitad del precedente. El espesor total del tratamiento es aproximadamente el mismo que el tamaño máximo del árido de la primera capa.

Funciones.-

- Suministrar una superficie para todos los climas, a bajo costo en condiciones de tránsito ligero a medio.
- Proporcionar una capa impermeable.
- Suministrar una superficie antideslizante.

- Dar nueva vida a superficies secas y envejecidas.
- Ofrecer cobertura temporal a una base nueva.
- Recuperar pavimentos viejos, con grietas de retracción o fatiga.
- Definir bermas para que no se confundan con carriles de circulación.
- Suministrar franjas ruidosas para seguridad.

Consideraciones.-

- Asegurar que los materiales cumplan con las especificaciones de obra.
- Verificar la capacidad soporte del pavimento existente.
- Inspeccionar equipo de construcción.
- Verificar el diseño de la emulsión (afinidad árido-ligante).
- Calcular la tasa óptima de aplicación de emulsión y cantidad de árido.
- Seleccionar el tipo y peso apropiado de compactadores.
- Aplicar correctas técnicas de construcción.
- Usar apropiados controles de tránsito.

Materiales.-

Emulsion Asfáltica.-

Es el ligante mas usado en todo tipo de riegos y T.S.R., por las numerosas ventajas:

- Fácil regulación de la viscosidad.
- Adhesividad adecuada para cada tipo de árido.
- Tiempo de rotura según los objetivos del tratamiento.
- Simplicidad de manejo y almacenamiento.
- Se usán con áridos fríos o calientes.
- Se pueden usar sobre superficies y áridos húmedos.
- No necesitan temperaturas elevadas para su correcta aplicación.
- Se elimina el peligro de incendio.
- Se curan mas rapidamente.
- Son totalmente ecológicas.

La viscosidad de la emulsión debe estar en relación con el espesor de película de ligante que se desea colocar. Esta debe ser mayor cuanto mas alto sea el tamaño del árido y mas aún, cuando se trabaja en zonas de pendientes pronunciadas. Por tal motivo, la emulsión se diseña con diferentes contenidos de residuo asfáltico, tales como:

Emulsión catiónica de rotura rápida, al 60% de residuo asfáltico mínimo CRR-1

Emulsión catiónica de rotura rápida, al 65% de residuo asfáltico mínimo CRR-2

A continuación se muestra los intervalos típicos de temperatura para el riego de las emulsiones asfálticas. Tabla # 1.

TIPO Y GRADO DE EMULSIÓN	TEMPERATURAS DE RIEGO (°C)
CRR-1	50 – 85
CRR-2	50 – 85

TABLA # 1

Las emulsiones para riego deben tener una rotura rápida. Si se calientan para reducir viscosidad, también se acorta su tiempo de rotura. Las emulsiones catiónicas que pueden romperse de una manera casi instantanea, suelen formularse con una pequeña cantidad de solventes, con el objeto de que despues de la rotura el ligante siga siendo blando como para permitir una buena labor de compactación.

En los últimos años se han desarrollado distintos tipos de emulsiones hechas con ligantes mejorados, que hacen que el residuo asfáltico puesto en obra tenga mejores propiedades de viscosidad y de adhesividad como las emulsiones con elastómeros del tipo polímero S.B.R.

ESPECIFICACIONES ASTM D-2397				
ENSAYOS	CRS-1		CRS-2	
	MIN	MAX	MIN	MAX
EN LA EMULSION				
Viscosidad saybolt furol a 50°C, s	20	100	100	400
Sedimentación , 5 días, %		5		5
Estabilidad almacenamiento 24 h, %		1		1
Demulsibilidad, 35ml,0.8%, dioctilsulfosuccionato de sodio, %	40		40	
Tamizado, %		0.10		0.10
Residuo, %	60		65	
SOBRE EL RESIDUO				
Penetración, 25°C, 100g, 5s	100	250	100	250
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40	
Solubilidad en tricloroetileno, %	97.5		97.5	

TABLA # 2

Arido.-

Del árido depende la textura superficial del T.S.R., y radica en la seguridad del usuario.

Se debe conseguir una buena textura inicial y que se mantenga durante el tiempo. Para

tal efecto se realizan ensayos de control de calidad al árido como son:

ENSAYOS	ESPECIFICACIONES
PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA	85% MIN
PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS	60% MIN
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	15% MAX
ABRASION	40% MAX
PERDIDA EN SULFATO DE SODIO	12% MAX
PERDIDA EN SULFATO DE MAGNESIO	18% MAX
ADHERENCIA	+95
TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS FRIABLES	3% MAX
SALES SOLUBLES TOTALES	0.5% MAX

TABLA # 3

Se muestran a continuación las especificaciones técnicas granulométricas de los T.S.R.

Ver tablas # 4, 5 y 6.

Cantidad de Emulsión y Arido para Tratamientos Superficiales Simples

Línea	Tamaño Nominal del Arido	Tamaño Nº	Cantidad de Arido (Kg/m ²)	Cantidad Emulsión (lit/m ²)	Emulsión Asfáltica*
1	¾" a 3/8"	6	22 – 27	1.8 – 2.3	CRR-2
2	½" a #4	7	14 – 16	1.4 – 2.0	CRR-1,CRR-2
3	3/8" a #8	8	11 – 14	0.9 – 1.6	CRR-1,CRR-2
4	#4 a #16	9	8 – 11	0.7 – 0.9	CRR-1
5	Arena	AASHTO M-6	5 - 8	0.5 – 0.7	CRR-1

* Incluye emulsiones modificadas con polímeros.

TABLA # 4

Cantidades de Emulsión y Arido para Tratamientos Superficiales Dobles

Espesor	Tamaño Nº	Tamaño Nominal del Arido	Cantidad de Arido (Kg/m ²)	Cantidad Emulsión (gal/m ²)
½" 1er riego 2do riego	8	3/8" a #8	14 – 19	0.9 – 1.4
	9	#4 a #16	5 – 8	1.4 – 1.8
5/8" 1er riego 2do riego	7	½" a #4	16 – 22	1.4 – 1.8
	9	#4 a #16	8 – 11	1.8 – 2.3
¾" 1er riego 2do riego	6	¾" a 3/8"	22 – 27	1.6 – 2.3
	8	3/8" a #8	11 - 14	2.3 – 2.7

* Aplicadas sobre bases granulares, realizar previa imprimación.

TABLA # 5

TAMIZ	TIPO DE MATERIAL-% QUE PASA
-------	-----------------------------

	A	B	C	D
1"	100			
3/4"	90 – 100	100		
1/2"	10 – 45	90 – 100	100	
3/8"	0 – 15	20 – 55	90 – 100	100
1/4"		0 – 15	10 – 40	90 – 100
# 4	0 – 5		0 – 15	20 – 55
# 8		0 - 5	0 – 5	0 – 15
# 16				0 - 5

TABLA # 6

4.3 Tratamiento Superficial tipo SAMI

Descripción

Un SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer por sus siglas en ingles) constituye una capa aliviadora de los esfuerzos inducidos por las fisuras presentes en la capa subyacente y que tratan de reflejarse en las capas superiores.

Esta membrana está constituido por la aplicación de un riego de liga con cemento asfáltico modificado, encima del cual se distribuye una gravilla de 3/8" de espesor promedio.

Materiales

El material que constituye la partida corresponde a grava triturada, lavada, el cual deberá cumplir los siguientes requisitos mostrados en la Tabla No1:

Tabla No 1

Descripción	Norma	Especificación
Porcentaje de caras fracturadas	MTC E 210	100/100
Partículas chatas y alargadas 1/5	ASTM D 4791	15% máx.
Abrasión	MTC E 207	40% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.
Terrones de arcilla y partículas friables	MTC E 212	3% máx.
Pérdida en sulfato de sodio / magnesio	MTC E 209	12%/18% máx

Para que la mezcla sea uniforme, deberá cumplir los siguientes requisitos

de gradación mostrados en la tabla No 2.

Tabla No 2

ASTM	PASANTE
1/2"	100
3/8"	0

La tasa de aplicación de los agregados y el asfalto será:

Tabla No 3

Descripción	Tasa de Aplicación
Agregados pétreos	7 a 8 kg/m ²
Cemento asfáltico modificado	1.8 a 2.8 kg/m ²

4.4 Riego de liga

Un riego de liga es una ligera aplicación de emulsión diluida, Figura IV-1. Se usa para asegurar la adherencia entre la superficie que se pavimenta y una nueva capa. Como no se espera que la emulsión penetre en el pavimento, la cantidad que se aplica debe ser muy limitada. Aunque pueden usarse otros asfaltos para riego de liga, la emulsión diluida produce los mejores resultados. Esto por que puede diluirse para dejar una cobertura uniforme y ligera de asfalto. En la mayoría de los casos, es deseable un riego de liga. Tal vez la única excepción es cuando se coloca una capa adicional sobre un pavimento asfáltico fresco, dentro de los 2 ó 3 días siguientes. En este caso se debe desarrollar una liga adecuada entre las dos capas, sin el uso de riego de liga.

Los tipos de emulsiones más comunes para riego de liga son SS-1, SS-1h, CSS-1 y CSS-1h, diluidas. La emulsión se rebaja añadiendo una cantidad igual de agua. El material rebajado se aplica a una tasa 0.05 a 0.15 gal/yd² (0.25 a 0.70 lt/m²). No se debe colocar en un día más del que se va a cubrir.

La finalidad es obtener sobre la superficie una capa muy delgada pero uniforme de asfalto, cuando rompa la emulsión. Demasiado riego de liga puede crear un plano de deslizamiento entre las capas de pavimento pues el asfalto actúa como un lubricante en

lugar de un adhesivo. Puede además crear “manchas” o “sangrado” en la superficie del pavimento nuevo, una condición que no es solamente desagradable, sino que produce un pavimento peligrosamente untuoso.

La compactación neumática de los riegos de liga con chorreaduras, ayuda a uniformizar la reparación de asfalto. Ayuda también a disminuir la posibilidad de manchas grasosas.

Después de extender el riego de liga, se debe dejar tiempo suficiente para que ocurra un rompimiento completo antes de extender la nueva capa. No se debe permitir tráfico sobre el riego de liga. Si esto no es posible, la velocidad del tráfico debe ser menor de 20 mph (32 Km/hr). El pavimento recién regado puede ser demasiado untuoso para un tráfico seguro, si se permite excesiva velocidad, especialmente antes del rompimiento de la emulsión.

Un riego de liga es también parte esencial de una buena operación de parchado. Primero, el área que se va a parchar debe limpiarse suficientemente de todo el material removido. Luego, se rocía o se pinta, una capa de liga, relativamente espesa, de emulsión, sobre toda el área, incluyendo los lados verticales.

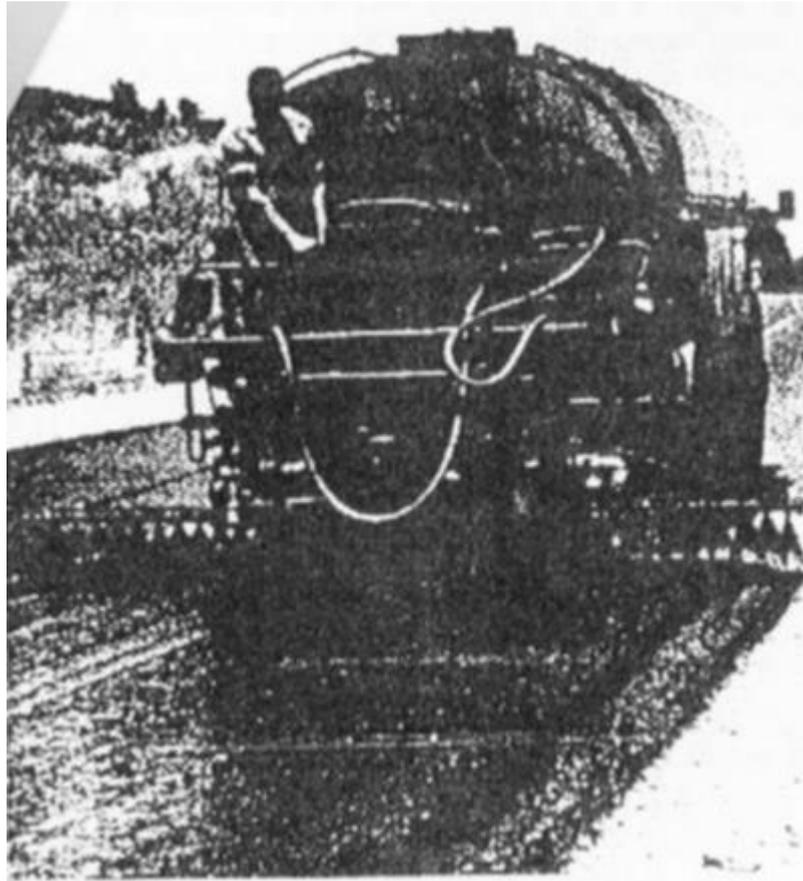


Figura IV-1 Aplicación del riego de liga.

La liga ayuda a mantener el parche en su lugar y un suministra un sello impermeable entre el parche y el pavimento que lo rodea.

4.5 Riego negro

Un riego negro es una aplicación ligera de emulsión de rompimiento lento, diluida en agua, similar a un riego de liga, sobre una superficie existente. Puede diluirse en diversas proporciones hasta de uno a cinco (1 a 5), pero en la mayoría de los casos se usa una parte de agua por una parte de emulsión. Los grados de emulsión normalmente usados para este tipo de propósitos son SS-1, SS-1h, CSS-1 ó CSS-1h.

Un sello negro puede ser una ayuda valiosa de mantenimiento cuando se usa oportunamente. No es un sustituto ni para un tratamiento superficial ni para un sello. Se usa más que todo para resanar superficies de pavimentos viejos, que se vuelven viejos y

quebradizos con la edad, y para sellar pequeñas grietas y vacíos en la superficie. Las capas de gradación abiertas, con poco asfalto ligante se tratan con riegos negros para evitar pérdida bajo tráfico de piedras de la superficie. Para evitar sobreasfaltar, los riegos negros se pueden aplicar en unas pocas ligeras pasadas. La emulsión diluida de baja viscosidad fluye fácilmente dentro de las grietas y los vacíos superficiales. También cubre partículas de agregado en la superficie. Esta acción correctiva prolonga la vida del pavimento y puede aplazar el momento en que se necesite un mantenimiento mayor, o reconstrucción.

La cantidad total de riego negro usado es normalmente del orden de 0.1 a 0.2 gal/yard² (0.45 a 0.9 Lt/m²) de material rebajado. Puede rociarse en varias aplicaciones si se desea. La cantidad exacta se determina por la textura de la superficie, el resecamiento, y el grado de agrietamiento del pavimento sobre el que se rocía el sello negro.

Las mismas limitaciones de tráfico que se aplican a los riegos de liga son aplicables a los riegos negros.

4.6 Riegos de protección

La erosión generada por el agua y el viento, puede originar un problema serio en la construcción de terraplenes y áreas planas adyacentes a las vías. El método más común para combatir este problema es el uso de vegetación para estabilizar estas áreas. Pero durante el período transcurrido entre la siembra de las semillas y la germinación, las semillas son susceptibles de ser barridas o lavadas. Se han desarrollado varios procedimientos para proteger las plantas hasta cuando las semillas germinen y echen raíces. Uno de los más efectivos es el uso de la emulsión, que deja una delgada membrana sobre el área con semillas o retiene una capa de paja o heno, colocada en el sitio. Ambos procedimientos han sido usados exitosamente. Dado que difieren en procedimiento cada uno será discutido separadamente, no obstante, ambos se han diseñado para cumplir con la misma finalidad.

Riego protector de emulsión

En este sistema la emulsión se riega directamente sobre el área con semillas, formando una delgada membrana. La delgada película de asfalto tiene tres efectos benéficos:

La capa de asfalto mantiene las semillas en el lugar y evita que se pierdan por acción de las fuerzas erosionantes del viento y el agua.

En razón de su color oscuro, el asfalto absorbe y mantiene el calor solar durante el período de germinación.

La membrana de asfalto tiende a retener la humedad del suelo promoviendo así el rápido crecimiento de la planta.



Figura IV-2 Riego protector de emulsión.

Cuando los retoños jóvenes emergen del suelo pueden atravesar fácilmente la delgada cobertura de asfalto. La membrana eventualmente se desintegra cuando los retoños maduran y cubren el suelo.

Las emulsiones usadas comúnmente en esta operación son SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h. Normalmente se aplica una tasa de 0.15 a 0.30 gal/yd² (0.70 a 1.35 lts/m²). La

cantidad exacta se determina por la naturaleza del suelo y la pendiente del área que se va a tratar. Se deben tomar precauciones especiales para aplicar la cantidad óptima de emulsión. Demasiado poca puede no proteger el suelo de la erosión del viento y el agua. Demasiada emulsión puede dejar una membrana gruesa, que retardaría el crecimiento. El área que va a recibir el riego de emulsión debe ser razonablemente lisa para poder aplicar una capa uniforme. Las depresiones en la superficie pueden formar charcos de asfalto y los surcos pueden estar cubiertos por un lado y virtualmente sin asfalto por el otro.

La emulsión puede aplicarse con una boquilla manual o con una tubería distribuidora acondicionada a un camión distribuidor de asfalto.

Pegante protector de emulsión

La emulsión puede usarse para anclar la paja o el heno al área asemillada. Pueden usarse dos procedimientos distintos.

En uno la protección con heno o paja se distribuye sobre el área preparada a una tasa de 1 ½ a 2 toneladas/acre (3.3 a 4.5 Mg/hm²). La semilla se mezcla entonces con agua y fertilizante líquido y se aplica con un sembrador hidráulico. Sigue luego una aplicación de riego de 0.10gal/yd² (0.45 lt/m²) de emulsión. la emulsión puede aplicarse según esquema continuo ó en diente de sierra, en ajedrez o en un esquema de líneas perpendiculares. El modelo continuo es el más efectivo, especialmente cuando la velocidad del viento es alta. Si la cantidad de protección se aumenta por encima de 1 ½ a 2 toneladas/acre (3.3 a 4.5 Mg/hm²), la cantidad de emulsión aplicada debe aumentarse proporcionalmente.

Un segundo método comienza con una aplicación hidráulica de semilla y fertilizante al suelo preparado.



Figura IV-3 Uso de emulsión para la protección de heno.

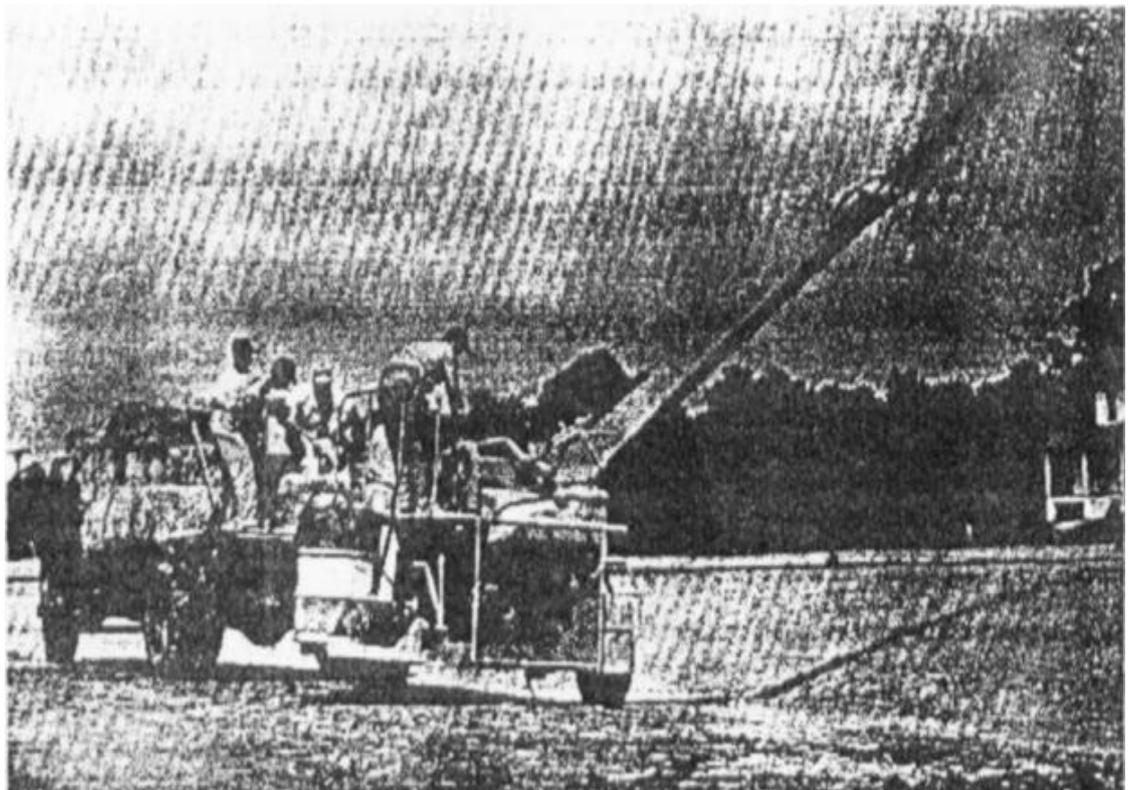


Figura IV-4 Soplador de emulsión y protección de heno o paja

Luego, la protección y la emulsión se lanzan simultáneamente con un soplador especial equipado con dos bocas gemelas. Los dos materiales se mezclan en el vuelo. Este es el método preferido pues tiene por lo menos dos ventajas:

La protección y la emulsión se aplican en una sola aplicación, lo que reduce costos y tiempo.

Produce mejor adherencia entre la emulsión y la protección de paja o heno.

Los mismos tipos de emulsión recomendados para el riego protector pueden usarse para el pegante protector de emulsión.

4.7 Sellador de grietas

Los departamentos de mantenimiento corrientemente gastan una cantidad de tiempo sellado grietas en los pavimentos. Dependiendo de la localización y el tamaño de la grieta, su mantenimiento puede concebirse como correctivo o preventivo. En ambos casos, la técnica para sellar las grietas es la misma.

Las grietas toman muchas formas, desde pequeñas grietas muy finas hasta grandes grietas que pueden tener una apertura de más de una pulgada de ancho. Las grietas más grandes, o las áreas más severamente agrietadas, no siempre son corregibles con llenante de grietas. Frecuentemente, es necesario remover completamente el material agrietado y remplazarlo íntegramente con un parche de asfalto.

El conocimiento de algunos de los modelos más comunes de grietas ayuda a determinar el procedimiento apropiado de mantenimiento. Las grietas generalmente caen en una de las siguientes categorías:

Grietas piel de cocodrilo – Grietas interconectadas que forman una serie de pequeños bloques que semejan una piel de cocodrilo.

Grieta longitudinal – Una grieta que sigue una dirección aproximadamente paralela al eje central de la vía.

Grietas de reflexión – son grietas en las sobrecapas que reflejan las trayectorias de las grietas en la estructura del pavimento subyacente.

Grietas de retracción – Grietas interconectadas que forman una serie de bloques largos, usualmente con esquinas o ángulos agudos.

Grietas de deslizamiento – Grietas en forma de media luna que apuntan en la dirección del empuje de las llantas sobre el pavimento.

Grietas transversales – Son grietas que siguen una dirección aproximadamente perpendicular al eje longitudinal de la vía.

Si resulta una grieta por una condición defectuosa debajo de la superficie del pavimento, es improbable que llenándola se solucione permanentemente. En muchos casos, es necesario corregir el defecto en la capa de pavimento subyacente para resolver el problema de la grieta. Nosotros nos referimos solo al tipo de grietas que pueden repararse con emulsión, es decir, longitudinales, de reflexión, de retracción y transversales.

Una buena práctica de mantenimiento obliga a un sellado tan pronto como sea posible después de que aparezca una grieta. Cuando se sella prontamente, el sellado frecuentemente termina en problema. Algunas veces la grieta sigue ampliándose y la aplicación del sello se debe continuar hasta cuando la grieta se detenga. La omisión del sellado de la grieta es una invitación a mayor daño a través de ciclos de hielo-deshielo o debilitamiento del soporte generado por la intrusión de agua. Sellar las grietas con emulsión es fácil y barato; pospone mayores mantenimientos y puede evitarlos completamente.

Antes de que las grietas sean selladas, deben limpiarse de la manera siguiente:

Debe dirigirse un chorro de aire comprimido para limpiar cualquier material suelto en la grieta.

Debe usarse un cepillo de acero para remover cualquier material extraño que no pueda quitarse con el soplado.

Debe limpiarse toda el área de la grieta por barrido.

Cuando las grietas hallan sido limpiadas completamente, quedan listas para sellar. Las grietas pequeñas (de ancho menor de 1/8" (3 mm)) son difíciles de sellar efectivamente.

Para grietas grandes, debe forzarse dentro de la grieta, una suspensión de emulsión, o una emulsión mezclada con arena, hasta que quede ¼ a 1/8" (6 a 3 mm) debajo de la

superficie. Después de que se ha completado el curado, se termina el sellado llenando el resto de la grieta con emulsión usando un tarro aplicador y una esponja de mano. La superficie debe entonces espolvorearse con arena seca para evitar el pegamiento del tráfico.

Pueden usarse los grados de emulsión MS-2, MS-2h, HFMS-2h, SS-1, SS-1h, CMS-2, CMS-2h, CSS-1 y CSS-1h como llenante de grietas.

Figura IV-5 Limpieza de grieta con aire y escoba





Figura IV-6 Aplicación y sellado con emulsión



Figura IV-7 Espolvoreando arena en una grieta llena de emulsión

4.8 Riego de imprimación

Un riego de imprimación es una aplicación de asfalto de baja viscosidad a una base granular que se prepara para una capa de asfalto. El riego de imprimación se concibe para desempeñar varias funciones:

Cubrir y ligar partículas de material suelto en la superficie de la base.

Endurecer la superficie.

Impermeabilizar la superficie de la base.

Taponar los vacíos capilares.

Suministrar adherencia entre la base y la capa siguiente.

Para que la imprimación satisfaga estos objetivos debe penetrar muy poco en la capa de base.

Antes se pensaba que el uso de un riego de imprimación era un elemento esencial para una buena construcción de un pavimento flexible. Sin embargo, en años recientes algunos ingenieros han eliminado el uso de imprimación. En cambio, colocan la primera capa sin imprimación. Solamente cuando la capa de base granular se va a dejar por un período largo (por ejemplo los meses de invierno), o cuando se va a someter a las fuerzas abrasivas del tráfico se usa el riego de imprimación. Por otro lado, la mayoría de los ingenieros cree que la relación costo-beneficio puede recibir serios cuestionamientos. Tal vez, esta decisión puede sintetizarse diciendo, “en caso de duda, imprime”.

La mayoría de las imprimaciones se hicieron en el pasado con algún tipo de asfalto rebajado. El uso de la emulsión para este propósito es relativamente nuevo. Se necesitan precauciones especiales cuando se usa la emulsión. Se debe recordar que en la emulsión, pequeñas partículas de cemento asfáltico deben ser capaces de penetrar los vacíos en la superficie de la base granular. Si estos vacíos en la superficie son demasiados pequeños van a servir como un filtro y atrapar las partículas de asfalto sobre la superficie. Se ha encontrado que humedecer la superficie con agua que contenga una pequeña cantidad de agente emulsificante aumentará la efectividad de la emulsión como imprimante.

4.9 Riego antipolvo

Investigaciones de la Universidad de Iowa revelaron que, una carretera sin pavimentar, un vehículo diario crea una tonelada de polvo por año por milla (560 Kg/Km). También la tasa de accidentes es el doble en carreteras no pavimentadas. Escasez de dinero o poco uso pueden requerir otra manera de eliminar el polvo o hacer una vía pasable en el mal tiempo.

El uso de la emulsión ofrece una solución práctica y económica a estos problemas. Se rocía directamente una dilución de emulsión sobre la vía sin pavimentar. Esta técnica es conocida como aplicación de riego antipolvo. En la industria frecuentemente se llama aceitado de la vía, un término que es heredado de rociar con aceite de motor una vía para disminuir el polvo.

Cuando se usa como un antipolvo, una emulsión SS-1, SS-1h, CSS-1 o CSS-1h, se mezcla con 5 o más partes de agua, por volumen. El material rebajado se rocía en la superficie sin pavimentar a una tasa de 0.1 a 0.5 gal/yd² (0.45 a 2.25 lt/m²). La cantidad real aplicada depende de las condiciones de la superficie existente. Se espera alguna penetración. Así, si la superficie es penetrable o contiene vacíos relativamente grandes, puede aplicarse una mayor cantidad de emulsión diluida. El material se aplica con un distribuidor de asfalto, siguiendo las técnicas usuales de aplicación.

4.10 Aplicaciones de las Emulsiones Modificadas.

El planteamiento de nuevas necesidades, el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación o puesta en obra y en definitiva, la mejora y optimización de las técnicas en las emulsiones asfálticas, ha permitido la aparición de nuevos tipos de emulsiones, entre las que podemos enumerar: emulsiones muy viscosas, de alta flotación, de rompimiento controlado por aditivos, emulsiones modificadas y emulsiones de asfaltos modificados. Actualmente se utiliza una gran variedad de polímeros comerciales con composición química y propiedades diferentes, para emulsiones de asfaltos modificados. Entre los empleados de forma más generalizada tenemos los elastómeros termoplásticos de estireno-butadieno-estireno (SBS) y de estireno butadieno (SBR), y los copolímeros de

estireno acetato de vinilo (EVA). Actualmente existen en el mercado un gran número de asfaltos modificados con polímeros, que en general utilizan un emulgente catiónico para lograr la unión y estabilidad del cemento asfáltico, el polímero y el agua, constituyendo una emulsión asfáltica catiónica con polímeros. Los fabricantes de los productos mencionados, los promocionan al público, mostrando su calidad en comparación con los empleados tradicionalmente, en los usos de la ingeniería civil, por medio de resultados de pruebas de laboratorio, las cuales están especificadas en Normas establecidas por organismos reconocidos a nivel internacional y nacional, tales como: A.S.T.M., AASHTO, SHRP., S.C.T. y NOM. Los asfaltos modificados que podemos adquirir en Perú, tienen la característica de que son provenientes del extranjero, por lo que resultan muy costosos, ya que en su precio están incluidos los derechos de patente y de importación. Por esta razón, su uso en obras de gran envergadura muchas veces se omite, a pesar de las ventajas que presenta.

El equipo y producción para la fabricación de emulsiones es muy simple y fácil de conseguir en el mercado. El problema está en la formulación de las emulsiones que deben adaptarse a los materiales pétreos.

CAPITULO V

CAPITULO V

GENERALIDADES DE LA OBRA

5.1 Ubicación de Canteras y Fuente de Agua

5.1.1 Cantera Río Purús.

Nombre: Río Purús

Ubicación: Se encuentra a 1.6Km del centro geométrico del aeródromo

Acceso: Existe una trocha carrozable en buenas condiciones.

Agregado: Arena fina menor a la malla N°30.

Explotación: Cargador frontal sobre llantas en época de estiaje (Abril- Noviembre)

Rendimiento: 95%

5.1.2 Cantera Esperancillo

Nombre: Esperancillo

Ubicación: Se encuentra a 2Km del centro geométrico del aeródromo. Acceso:
Existe una tocha carrozable en buenas condiciones.

Agregado: Arena fina menor a la malla N° 40 Potencia: 100,000 m3

Propietario: Consejo de Puerto Esperanza

Explotación: Cargador frontal.

5.1.3 Fuente de Agua

Para el abastecimiento de agua se utilizaron las aguas del Río Purús ubicado a 1.6 Km. del centro geométrico del aeródromo.

5.2 Selección de Materiales

5.2.1 Agregado

Las características de los materiales de las Canteras del Río Purús y Esperancillo eran similares por razones de explotación, costos y localización, se decidió usar arena del Río Purús, cuyas características son las siguientes:

TAMIZ	%QUE PASO	P.V.S= 1358.10 Kg/m ³
#16	100	% Humedad= 15
#30	99.8	Absorción 2,6%
#50	66.4	Equivalente a Arena 97% (Mínimo 50%)

#100 7.7 Clasificación SW

#200 2.5 Material= N.P.

No presenta impurezas orgánicas

5.2.2 Agua

Se realizaron ensayos de control de calidad del agua del Río Purús, obteniéndose los siguientes resultados:

Sólidos en suspensión	900 p.p.m
Contenido de Sulfatos	no tiene
Contenido de Cloruros	no tiene
Contenido de Carbonatos	no tiene
Contenido de Materia Orgánica	2 p.p.m
Potencial de hidrógeno	8

5.2.3 Filler

Se usó cemento Portland tipo I, cuyas características son conocidas.

5.2.4 Emulsión

La emulsión usada es del tipo Catiónico.

5.2.4.1 Riego de Liga.

Emulsión catiónica de Rotura Rápida CRR-2h donde los resultados de los ensayos de calidad se muestran a continuación:

Especificación Norma ASTM D 2397

Residuo Asfáltico	65%	65% min.
Viscosidad Saybolt Furol 50°C	110.7sg	100-400
Tamizado malla #20	0.05	0.10 máx.

PH	2.2	(+)
Desmulsibilidad	50.2	min. 40
Sedimentación a los 5 días	1.8%	5% máx.
Penetración	62	40-90
Ductilidad	98	40 min.

5.2.4.2 Slurry Seal.

Emulsión catiónica super estable (CSE), los resultados de los ensayos de calidad se muestran a continuación.

Especificación

Residuo Asfáltico	64%	57% mín
Viscosidad Saybold Furol 25°C	72.21seg	20-100
Tamizado Malla # 20	0.04	0.10 max
Ph	2.1	+
Mezcla con cemento	1%	2% max
Sedimentación a los 5 días	0.5%	5% max
Penetración	65	40-90
Ductilidad	90	40 min.

5.2.4.3 Mezcla Arena-Emulsión para Carpeta de Rodadura

Emulsión Catiónica de Rotura lenta CRL-1. Los resultados de los ensayos de control de calidad se muestran a continuación:

Especificación

Residuo Asfáltico	61%	57% min.
-------------------	-----	----------

Viscosidad Saybolt Furol a 25°C	38.9seg	20-100
Tamizado malla #20	0.04	0,10 max
Ph	2.0	
Mezcla con cemento	1.2%	2% max
Sedimentación a los 5 días	1%	5% max
Penetración	65	40-90
Ductilidad	90	40 min.

5.3 **Emulsión adecuada al material petreo usado**

Para obtener la emulsión de mejor afinidad al material pétreo se realizaron ensayos de adherencia con diferentes formulaciones de emulsiones y resultaron de mejor comportamiento las siguientes emulsiones con codificación interna del laboratorio de Bituper S.A.:

Emulsión BP CRL 5S para la emulsión lenta

Emulsión BP CSE para la emulsión super estable

5.4 **Diseño de mezcla para mortero asfáltico (slurry seal).**

El diseño de la mezcla fue realizada por la Empresa BITUPER S.A. El contenido teórico de Asfalto se determinó por el método de Duriez, basado en la superficie específica del agregado tal como se muestra a continuación:

$$R.A = 0.048 a + 0.068b + 1.5KC + 1.5 K1$$

Donde: R.A= Residuo Asfáltico

A= % Ret. en la malla N°10

B= % que pasa N°10

C= % que pasa N°200

K= Constante que varía de acuerdo con el % que pasa la malla N°200

0.15.....5%

0.18.....6-10%

0.20.....11-15%

K_1 =Factor de Corrección por absorción de 0.7% a 2.0%.

De acuerdo al Reporte del Laboratorio de Materiales de BITUPER S.A. observamos el ensayo granulométrico y obtuvimos los datos para remplazar en la fórmula.

$$R.A = 0.048 (0) + 0.068 (100) + 1.5 (0.15)(2.5) + 1.5 (1.0)$$

R.A= 8.86% (Residuo Asfáltico Teórico requerida por la mezcla del mortero para Slurry Seal).

Como la emulsión CSE tiene un residuo asfáltico de 64% tenemos:

$$\% \text{ Emulsión} = \frac{8.86}{0.64} = 13.84\% \text{ Teórico}$$

Las cantidades de emulsión que se ensayaron en laboratorio fueron:

(%E-1.5%); (%E-1.0%); (%E-0.5%); (%E); (0.5%+%E); (1.0%+%E); (1.5%+%E).

En todos los casos se mantuvo constante la cantidad de filler (Cemento Portland Tipo I), en un porcentaje de 1.0% con respecto al peso del material pétreo, y el % de agua para las mezclas fue la misma que para la emulsión. Se prepararon las mezclas de mortero Slurry Seal para observar su cubrimiento, obteniéndose el de mejor resultado con el 14% de emulsión C.S.E.

$$\% \text{ Emulsión óptimo} = \% E. \text{ opt.} = 14\%$$

Este mortero se utilizó para tratamiento de grietas y fisuras debajo de la carpeta de rodadura arena-emulsión. Al no estar expuestos de forma directa al tráfico, se determinó el uso del 1% en peso de cemento Pórtland tipo I.

La cantidad de agua respecto al peso seco del material pétreo fue la que al verter en el arillo resultó trabajable y al sacar este molde no escurrió y conservó su forma; estos resultados se describen en la hoja de reporte del laboratorio de materiales.

5.5 Diseño de mezcla arena-emulsión para carpeta de rodadura.

Se diseñó mediante el método propuesto por la Universidad de Illinois, MARSHALL modificado.

El % R.A. Teórico se obtuvo usando la misma fórmula de Duriez basada en la superficie específica del agregado.

Las cantidades de agua y filler usados son diferentes a la del Slurry Seal, debido a que éste es un mortero de consistencia semi-líquida.

Es importante obtener para el diseño dos porcentajes de humedad, la cantidad de agua requerida para obtener la lubricación necesaria para un buen cubrimiento de los agregados, esto es, % de humedad para el mezclado, y el % humedad óptimo para la compactación.

En los ensayos de cubrimiento y compactación realizados en laboratorio se obtuvo:

% de agua de mezclado 12%

% agua de compactación 5%

Se debe considerar el agua que contiene la emulsión y el agua añadida a la mezcla, respecto al peso seco de la arena.

Se prepararon las mezclas a diferentes porcentajes de residuo asfáltico. Se dejaron curar al ambiente hasta obtener el % de humedad de compactación y se moldearon de igual forma que el Marshall tradicional para mezcla asfáltica en caliente. En este caso se aplicaron 75 golpes/cara.

Estas briquetas se dejaron a 60°C de temperatura en el horno durante 24 horas.

Posteriormente se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

Una vez fría la briqueta se la retiró del molde y se obtuvieron los datos de pesos al aire, al agua, etc., de igual forma que el Marshall tradicional.

Luego se introdujeron las briquetas en el horno a 32°C durante ½ hora, y se rompieron en la prensa Marshall, obteniéndose así la estabilidad y el flujo.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada punto de residuo asfáltico, el resultado óptimo y las curvas de diseño.

5.6 Especificaciones usadas

Para las emulsiones asfálticas catiónicas se usó la norma ASTM D2397. Para el mortero tipo Slurry Seal la tabla de gradaciones para lechada recomendada por la International

Slurry Seal Association. Para la mezcla Arena-Emulsion la tabla VII-6 del manual del Instituto de Asfalto MS-19.

Estas especificaciones se muestran a continuación.

5.7 Producción de mezclas asfálticas con emulsión.

5.7.1. Mortero asfáltico tipo Slurry Seal

La mezcla se preparó en forma manual, en carretillas y en pequeñas tandas, debido a que la mezcla es de uso inmediato.

Considerando los datos del laboratorio de materiales para Slurry Seal hicimos los cálculos siguientes:

$$\text{P.V.S. seco} = 1358 \frac{\text{Kg.}}{\text{m}^3} \quad \% \text{ Emulsión} = 14\%$$

$$1358.10 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{14}{100} = 190.13 \text{ Kg de emulsión/m}^3 \text{ de arena}$$

1 Lt. de emulsión pesa 1 Kg aproximadamente:

$$190.13 \text{ Kg} = 190.13 \text{ Lts.} \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lts}} \right) = 50.23 \text{ gal/ m}^3$$

Para 1 tanda de 1 Pie³ de arena se tiene:

$$50.23 \frac{\text{gal}}{\text{m}^3} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{35.3 \text{ pie}^3} \right) = 1.42 \text{ gal/pie}^3 \text{ de emulsión CSE.}$$

Para 20% de agua se tiene:

$$1358.10 \left(\frac{20}{100} \right) = 271.62 \text{ Kg. de agua/m}^3 \text{ de arena}$$

$$\text{Como D(H}_2\text{O)} = \frac{1 \text{ Kg.}}{\text{Lt}}$$

$$271.62 \text{ Kg} = 271.62 \text{ lt.} \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ Lts.}} \right) = 71.76 \text{ gal/m}^3$$

Para 1 pie³ tenemos:

$$71.76 \frac{\text{gal.}}{\text{m}^3} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{35.3 \text{ pie}^3} \right) = 2.03 \text{ gal/pie}^3 \text{ de agua}$$

Para 1% de Filler (Cemento Portland Tipo I) tenemos:

$$1358.10 \left(\frac{1}{100} \right) = 13.58 \text{ kg. de cemento}$$

$$13.58 \text{ Kg} \quad \left(\frac{1 \text{ bols.}}{40 \text{ kg}} \right) = 0.32 \text{ bolsas de cemento Pórtland Tipo I}$$

42.5 Kg

5.7.2 Mezcla Arena- Emulsión para Carpeta de Rodadura

Para la producción de la mezcla se usó una planta en frío pequeña de una sola tolva, con rendimiento de 40 m³/hora.

La arena se abastecía mediante un cargador frontal, la emulsión asfáltica y el agua se almacenaban en tanques de 2,000 gal c/u conectados a la planta de producción.

Hubo limitaciones en el abastecimiento de agua y emulsión a la planta de producción, debido a que no se usaron bombas y se produjo por gravedad.

Esta mezcla producida era trasladada en volquetes de 6 m³ hacia la zona de almacenamiento de mezcla, para su curado respectivo de 24 hrs. como mínimo.

5.8.0 Calibración de la planta de Producción de Mezcla Arena-Emulsión

Los porcentajes de humedad de la arena variaban entre 9% - 22% antes de la producción. Es por este motivo que se calibró sobre la base del peso, se tomó el % humedad natural de la arena antes de la calibración que fue de 16%.

La alimentación de la arena de la tolva de almacenamiento a la mezcladora era por medio de una pequeña faja transportadora.

Para uniformizar el sistema de calibración se tomaron los pesos de la arena, la emulsión y del agua con el tiempo en que demoraba en dar una vuelta la faja transportadora.

La compuerta de agregado era graduable y tenía unidades de abertura de 0 a 21.

Para la calibración de la arena se tomaron 3 posiciones de abertura de la compuerta y se hicieron 3 pesadas, obteniéndose los siguientes pesos/rev promedio.

TABLA 1

A	B	C	% Humedad = 16%
Abertura de	Peso Húmedo	Peso Agregado	(B / C)

Compuerta	Por revolución	Húmedo por Pie3	Pie3 Agreg. Húmedo
7	75.15		2.53
14	150.70	29.73 Kg/Pie ³	5.07
21	184.50		6.21

El tiempo que demoró en dar una vuelta la faja transportadora fue de 15.27 seg.

En el laboratorio se hallaron los siguientes resultados:

TABLA 2

% Humedad de la arena	Peso del agregado seco Por pie3 mat. Húmedo
8%	26.93
12%	29.53 Kg/pie ³
16%	29.83
20%	30.04

Se calibró la emulsión por gravedad, resultando:

TABLA 3

Posición de la Llave	Peso Promedio (Kg) por revolución de la faja
1	13
2	14

Se realizaron los cálculos siguientes para obtener el peso seco de material requerido por revolución para varios porcentajes de emulsión.

TABLA 4

Posición de la llave	% Emulsión	13.9	14.2	14.4	14.6	15
1		93.53	91.55	90.28	89.04	86.67
2		100.72	98.59	97.22	95.89	93.33

Ejemplo de la calibración de la emulsión. Para la posición 1 tenemos:

$$13 / 13.9 \% = \frac{13}{13.9} \times 100 = 93.53 \text{ Peso Mat. seco por revolución}$$

CALCULO DE AJUSTE DE LA COMPUERTA DE AGREGADOS DE LA PLANTA

TABLA 5

A	B	C	D	E	F
% emulsión deseado	Peso agreg. Seco requerido	% humedad del agregado	Peso agrg. seco por pie ³ de mat. Húmedo	Pie ³ agreg Requerido (B/D)	Ajuste de compuerta de Agregado
13.9	93.53	8	26.93	3.47	8.0
		12	29.53	3.17	6.9
		16	29.83	3.14	6.8

		20	30.04	3.11	6.7
14.2	91.55	8	26.93	3.40	7.8
		12	29.53	3.10	6.7
		16	29.83	3.07	6.6
		20	30.04	3.05	6.5
14.4	90.28	8	26.93	3.35	7.6
		12	29.53	3.06	6.6
		16	29.83	3.03	6.4
		20	30.04	3.01	6.3

De la Fig. I obtenemos los valores de la columna F.

De los resultados de la Tabla 5, por interpolación, obtenemos los valores siguientes:

Para 14% de Emulsión requerida según diseño:

% emulsión requerido	% humedad del agregado	Ajuste compuerta Agregado
	8	7.9
14%	12	6.8
	16	6.7
	20	6.6

De esta forma se obtiene la abertura de la compuerta de agregado para diferentes porcentajes de humedad del material (Ver Fig. I).

5.9 Preparación de la superficie a recapar

Es importante realizar minuciosamente los trabajos previos respectivos.

5.9.1 Preparación de la superficie para el tratamiento de grietas y fisuras

Se limpiaron las grietas y fisuras con ayuda de una compresora de aire, se cortaron las grietas de asfalto con cortadora con la finalidad de no tener material suelto adyacente.

5.9.2 Sellado de grietas y fisuras.

Las fisuras de poca dimensión se sellaron con emulsión pura para luego realizar un sello simple con arena en la superficie de la fisura .

Las grietas fueron selladas con mezcla tipo Slurry Seal que, por su consistencia semi – líquida, penetró hasta la parte más profunda y consiguientemente se procedió a hacer un sello simple en la superficie y a lo largo de la grieta.

5.9.3 Preparación de la superficie para el riego de liga

Se realizó una exhaustiva limpieza de la superficie con ayuda de aire comprimido y retirando todos los materiales sueltos y vegetación aledaña.

5.9.4 Riego de liga

Se usó emulsión CRR-2h diluyéndola en partes iguales en agua y se aplicó a razón de 0.40 Lts/m² con un tanque imprimador, el riego se realizó a temperatura ambiente.

5.9.5 Bacheo

Se realizaron parchados del asfalto antiguo de la misma forma como se realiza un bacheo en frío convencional y luego se hizo el respectivo riego de liga.

5.10 Colocación de carpeta.

Los procedimientos de la colocación de la mezcla son similares a los asfaltados convencionales. En este caso se usó un tren de asfalto que consistía de una esparcidora de asfalto, un rodillo liso y un rodillo neumático. Se colocaron espesores promedio de 3.5 cm, la compactación se realizó en forma inmediata.

5.11 Control de calidad y especificaciones por mezclas producidas

En el laboratorio se realizaron los controles de calidad de los diferentes lotes de emulsión recibida. A continuación se muestra un certificado de calidad de uno de los lotes de cada emulsión.

Diariamente se realizaban en campo los controles de calidad de las diferentes emulsiones por cada lote producido. Se muestran a continuación certificados de calidad de una de las producciones de cada emulsión.

También se hicieron diariamente los controles de calidad de los distintos barriles conteniendo emulsión y a la mezcla producida. A continuación mostramos los resultados de algunos de estos ensayos.

Residuo Asfáltico de Emulsión por evaporación.

Fecha Prueba	Lote	Barril	Peso	Peso	Resid	
	Nº Emulsión			Inic.	Final	
20/05/98	019A	10	774	300	180.9	60.3
22/05/98	021A	9	598	300	174.	58.2
25/05/98	024A	5	56	217.7	131.9	60.6
27/05/98	027A	12	222	300	178.8	59.6

Lavado asfáltico a la mezcla

Fecha Prueba Nº	Peso Inic	Peso Final	Residuo
20/05/98 019	500	457.7	8.46
25/05/98 024	500	458	8.40

27/05/98

027

500

457.9

8.42



LABORATORIO DE MATERIALES
RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO

Contratista : Ministerio de Defensa-ODENA	Cantera : Puerto Esperanza
Obra : Aeródromo de Puerto Esperanza	Ubicación : Puerto Esperanza
Muestra Nº: 04 ODENA	Muestreado por : Sr. Rommel Arévalo
Fecha : 24/04/98	Responsable : I.Chávez

% DE RESIDUO ASFALTICO DE MEZCLA	8.8 %
% DE AGUA DE CUBRIMIENTO	12%
% DE AGUA PARA COMPACTACION	5%
ESTABILIDAD	510 Kg
FLUJO	14.5 (0.01")
% VACIOS	7.8 %
PESO BULK	2.035 Kg/cc
EQUIVALENTE DE ARENA	97%
FILLER (Aumentar el 0.7% de Emulsión)	0.5 %

Laboratorista



LABORATORIO DE MATERIALES

REPORTE DE SLURRY SEAL

Contratista : Ministerio de Defensa – Odena

Cantera : Puerto Esperanza

Obra : Mejoramiento Aeródromo Puerto Esperanza

Ubicación: Puerto Esperanza

Muestra N°: 04 ESP981

Muestreado por:

Contratista

Fecha : 28/01/98

Tamiz	Peso	%	%	%	Especificaciones	Descripción de la muestra:
ASTM	Retenido	Retenido	Retenido	Que	Tipo II	ARENA
	gr	Parcial	Acumulado	pasa		
1/2"						P.V.S.S. 0 1 3858.100 gr./cc.
3/8"						DENSIDAD= gr./cc
1/4"						ABSORCION= 2.6 %
N°.4						HUMEDAD= %
N°.8					100	EQUIV. DE ARENA 97%
N°16				100	65 – 90	No presenta limites plásticos.
N°.30	1.50	0.2	0.2	99.8	40 – 65	DISEÑO :
N°.50	334.00	33.4	33.6	66.4	25 – 42	% EMULSION CSE0 14.00%
N°.100	587.50	58.7	92.3	7.7	15 – 30	% AGUA= 20%
N°.200	51.70	5.2	97.5	2.5	10 – 20	% FILLER = 1.00%
<200	25.30	2.5	100.0			%en peso respecto al peso seco del agregado

TABLA VI – 2 Gradaciones para lechada

TIPO DE LECHADA	I	II	III
Uso General	Sellado de Grietas & sello Fino	Sello general superficie De textura media	1a. y 2a aplicación Lechada de 2 capas, Superficies de textura Alta
Tamaño de Tamiz (Series Normales EE.UU)		Porcentaje que pasa	
G			
9.5 mm 3/8")		100	100
4.75 mm (Nº.4)	100	90 – 100	70 - 90
2.36 mm (Nº. 8)	90 – 100	65 – 90	45 - 70
1.18 mm (Nº.16)	65 – 90	45 – 70	28 - 50
600 u m (Nº. 30)	40 – 60	30 – 50	19 - 34
300 um (Nº.50)	25 – 42	18 – 30	12 - 25
150 um (Nº.100)	15 – 30	10 – 21	7 - 18
75 um(Nº.200)	10 – 20	5 – 15	5 - 15
Contenido residual de Asfalto, % peso de Agregado seco	10 – 16	7.5-13.5	6.5-12
Tasa de aplicación, (lb/yd ²) (Kg/m ²) Basado en peso de Agregado suelto	6-10(3-5.5)	10-15(5-5.89)	15(8) o más

TABLA VII – 6 MEZCLAS DE ARENA

Abertura del Tamiz	Porcentaje		
	total que pasa		
	Pobrementemente Gradado	Bien Gradado	Arena Limosa
12.5 um (1/2 ")	100	100	100
4.75 mm (Nº4)	75 – 100	75 - 100	75 - 100
300 um (Nº50)	-----	15 – 30	-----
150 um (Nº100)	-----	-----	16 - 65
75 um (Nº200)	0 – 12	5 – 12	12 - 20
Equivalente de Arena, %	30 min	30 min	30 min
Indice de Plasticidad	NP	NP	NP



Marshall Modificado



Tambores de emulsión asfáltica



Calibración en peso de planta



Zarandeo de arena



Planta Mezcladora en Frio



Abastecimiento de Arena



Producción de Mezcla con Planta en frío



Control de Calidad en Obra



Colocación de Mezcla Asfáltica



Compactación de Carpeta



Acavado y Compactación de Carpeta



Union de tramo terminado y tramo listo para colocación de carpeta.

CAPITULO VI

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se enumeran en forma ordenada conclusiones y recomendaciones que serán de suma importancia para los ingenieros y técnicos en obras de similares características.

— Para el diseño de mortero o Slurry Seal no se realizó el ensayo de abrasión por inmersión, el cual permite ajustar la cantidad de filler que requiere la mezcla. La cantidad de filler puede variar de 0.5-2%. Debido a que el Slurry Seal no sería empleado como superficie de rodadura, por lo que se empleó el siguiente criterio: Con la presencia de filler en la mezcla existe el fenómeno llamado flotación del asfalto con finos. Se ha estudiado que la adición de finos al mortero en climas templados y fríos produce magníficos resultados. En obras en zonas cálidas, como en este caso, donde la temperatura del pavimento llega hasta 60°C, produce flotación. La cal o el cemento mantienen al asfalto en suspensión debido a que forman un gel en todo el mortero; este gel se compone de emulsión, agua y finos, los cuales son sensibles a las temperaturas altas.

El calor evapora el agua que es la primera en emigrar a la superficie, arrastrando finos y emulsión. Este fenómeno hace que se acumulen muchos finos y asfalto en la superficie.

Lo que obligo a controlar la cantidad de finos con el objeto de poder trabajar con un mínimo recomendable que fue del 1% respecto al peso seco del material pétreo.

— En el diseño de la mezcla Arena – Emulsión es importante hallar la cantidad de agua para el mezclado. Esta se obtiene realizando varias mezclas en el laboratorio, variando la cantidad de agua y manteniendo constante el contenido de emulsión y filler. El % óptimo de agua para el mezclado será el que presente mejor cubrimiento. El agua de compactación se halla variando los porcentajes de

humedad de las briquetas, manteniendo constante la cantidad de emulsión y filler y se ensaya en la prensa Marshall. Se aprobará el resultado que arroje mayor estabilidad. No se deberá dejar de calcular la rigidez, que no debe ser mayor que 3,000 kg/cm.

- La producción de la mezcla tipo slurry seal para grietas y fisuras es en base a los resultados dados en el diseño, que son porcentajes respecto al peso seco de la arena. La arena tiene un porcentaje de humedad, con la cual se harán los cálculos respectivos para añadirle sólo la diferencia.

La mezcla producida debe usarse de forma inmediata y tendrá un color marrón oscuro. El tiempo de trabajabilidad puede variar de 5 a 15 min, dependiendo del tipo de emulsión utilizada. Cuando la mezcla cambia de color y se torna negra, esto significa que la emulsión ya rompió, el asfalto se separó del agua y ya no es recomendable aplicarla; este fenómeno es irreversible.

- En este sistema de producción de la mezcla arena - emulsión, donde los agregados se pueden usar húmedos, se debe tener un criterio bien definido. Los materiales pétreos con diferentes porcentajes de humedad tienen diferentes comportamientos, debido a que existe el fenómeno del amontonamiento. Es por este motivo que la planta de producción se deberá calibrar para diferentes porcentajes de humedad. En este trabajo se explican detalladamente los pasos a seguidos, teniendo en cuenta que es una forma de calibración poco conocida.

Esto nos obliga a determinar el porcentaje de humedad de la arena antes de empezar la producción e ir verificándola y corrigiéndola de acuerdo a las variaciones de humedad. Es importante saber que se puede producir la mezcla con mayor cantidad de agua que la de diseño, y que el agua se evapora más rápidamente en la mezcla asfáltica que en la arena.

- El riego de liga debe ser muy leve ya que, por la intensidad del calor, se pueden producir exudacioSe debe tener en cuenta que la emulsión CRR es difícil de diluir con agua, por lo que se debe analizar la disolución en el laboratorio. La emulsión

diluida deberá usarse el mismo día porque no permite su almacenamiento.

Siempre se deberá adicionar lentamente el agua a la emulsión y no viceversa.

- Para obtener buenos resultados en el proceso de construcción es indispensable contar con un laboratorio que diariamente realice los ensayos de Control de Calidad in situ.
- Este sistema constructivo usando emulsiones asfálticas es menos costoso que cualquier sistema convencional, sobre todo porque los agregados se encuentran con un alto porcentaje de humedad y pueden ser utilizados tal como se extraen de la cantera, a temperatura ambiente y eliminando de esta forma los gastos en combustibles.
- Las jornadas de trabajo se amplían porque la mezcla puede ser colocada en superficies húmedas, sin tener que esperar a que esté completamente seca, como en los trabajos tradicionales.
- Hay que considerar que las emulsiones asfálticas además son productos ecológicos, ya que lo que se evapora en las mezclas es únicamente agua y no solventes derivados de hidrocarburos.
- Según las especificaciones ASTM D2397, la penetración del residuo para emulsiones CRR-2 y CRL-1 es de 100-250. Este es un asfalto demasiado blando para las condiciones climatológicas de esta obra, por lo que se optó por usar un asfalto de penetración 60-70, según lo recomienda el Instituto del Asfalto de los Estados Unidos.
- En este trabajo pudimos apreciar como las emulsiones asfálticas simplificaron significativamente el procedimiento de aplicación del asfalto ya que se aplicaron en frío, lo cual presenta un ahorro considerable, no nada mas en la energía para fundir el asfalto, sino en la maquinaria que se requiere para hacer el fundido en situ.
- Adicionalmente otra ventaja que resaltamos para el caso, es que el asfalto en caliente, no puede aplicarse en condiciones climáticas adversas como la lluvia o alta humedad, etc., pero las emulsiones asfálticas no tuvieron ese problema, ya

que el medio en el cual viene el asfalto es el agua, este fue un factor importante, ya que minimizo los posible retrasos en la construcción por mal tiempo.

- 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 utilización de las emulsiones asfálticas. Estas 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 Perú debido a la magnitud de su red carretera. 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

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Anderson Jhon, "Asphalt Emulsions in Paving Mives: Open Graded and Dense Graded", Second Annual Meeting, Asphalt Emulsion Manufacturers Association. Marzo 4, 1975.

Asphalt Emulsion Specifications, Bitucote Products Company, St. Luis, Mo., Enero 1977.

Meeting, Asphalt Emulsion Manufacturers Association, Phoenix, Arizona, Marzo 1, 1977.

Pavimento Bituminosos en Frío, Juan Antonio Fernandez del Campo. Barcelona - España, 1983.

Emulsiones Asfálticas, Gustavo Rivera E. México, 1977.