

1-86

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



EMULSIONES ASFALTICAS APLICADAS

A PAVIMENTOS FLEXIBLES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A

AGUSTIN MALDONADO MARTIN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-286

Al Pasante señor AGUSTIN MALDONADO MARTIN,
P r e s e n t e .

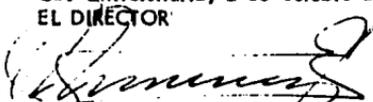
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Rosendo Ortiz Piñón, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"EMULSIONES ASFALTICAS APLICADAS A PAVIMENTOS FLEXIBLES"

- I. Introducción
- II. Tipos de emulsiones asfálticas
- III. Su aplicación en los pavimentos
- IV. Pruebas de laboratorio para el control de calidad
- V. Recomendaciones
- VI. Conclusiones
- VII. bibliografía

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 2 de octubre de 1978
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OBLH/ser

EMULSIONES ASFALTICAS APLICADAS A PAVIMENTOS FLEXIBLES

R E S U M E N .

	PAGINA
CAPITULO I.	
INTRODUCCION	1
1.- Antecedentes	3
2.- Historia del asfalto	4
3.- Origen del petroleo y asfalto	5
4.- Clasificación del asfalto	5
5.- Introducción sobre las emulsiones asfálticas	12
6.- Reseña historica de las emulsiones	15
CAPITULO II.	
TIPOS DE EMULSIONES ASFALTICAS.	
1.- Teoría de las emulsiones	18
2.- Clasificación de las emulsiones	19
3.- Fenomeno de rompimiento y adhesividad	29
4.- Características de las emulsiones	41
5.- Fabricación de las emulsiones.	52
6.- Almacenamiento	59
CAPITULO III.	
SU APLICACION EN LOS PAVIMENTOS	
1.- Tratamientos superficiales	64
2.- Riego de impregnación	65
3.- Riego de liga	67
4.- Riego de sello	69
5.- Tratamientos de riegos multiples	77
6.- Métodos de construcción	79
7.- Estabilización de suelos.	79
8.- Mezclas asfálticas	99
9.- Morteros asfálticos ("Slurry Seal")	107

CAPITULO	IV.	PAGINA
	PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD	
	1.- <u>Composición</u>	114
	1.1. Destilación	115
	1.2. Residuo por evaporación	122
	1.3. Contenido de Agua	127
	1.4. Carga de la Partícula	130
	2.- <u>Consistencia</u>	133
	2.1. Viscosidad SAYBOLT-FUROL (prueba a 25 y 50°C)	134
	2.2 Viscosidad ENGLER	138
	3.- <u>Estabilidad</u>	141
	3.1. Miscibilidad conCemento "Portland"	141
	3.2. Capacidad de Cubrimiento del Material -- Pétreo en condiciones de Trabajo y Resistencia a la Acción del Agua.	144
	3.3. Ruptura de la Emulsión en Presencia de Materiales Finos.	148
	3.4. Prueba de Miscibilidad con Agua	150
	3.5. Asentamiento	151
	3.6. Retenido en la Malla Núm. 20	152
	3.7. Determinación del Potencial Hidrogeno (pH)	154
	4.- <u>Pruebas en el Residuo</u>	158
	4.1. Penetración	158
	4.2. Ductilidad de los Materiales Asfálticos	166
	4.3. Solubilidad del Cemento asfáltico en Tetracloruro de Carbono.	172
CAPITULO	V.	
	RECOMENDACIONES	177
CAPITULO	VI.	
	CONCLUSIONES	185
CAPITULO	VII	
	BIBLIOGRAFIA	188

R E S U M E N

El objeto de este trabajo es dar a conocer los productos asfálticos, mismos como sus aplicaciones en las diferentes etapas de construcción de caminos.

En el capítulo I, se desarrolla un ligero bosquejo - histórico del asfalto, su origen, clasificación y una introducción sobre las emulsiones asfálticas.

Dentro del Capítulo II, se mencionan los tipos de emulsiones que existen, se habla de una teoría, fenómeno de rompimiento y adhesividad, sus características, fabricación y almacenamiento.

En el capítulo III, trata de sus aplicaciones en la pavimentación como son tratamientos superficiales, riego de impregnación, riego de liga, estabilización de suelos, riego de sello, mezclas asfálticas y morteros asfálticos.

El capítulo IV, es una recopilación de las pruebas - de laboratorio para el control de calidad de las emulsiones, para sus diferentes usos.

En el capítulo V, se da unas recomendaciones sobre - el uso de la emulsión catiónica ofrece mayores ventajas en su uso en climas fríos y húmedos.

Finalmente en el capítulo VI, se establece la conclusión que la emulsión catiónica ofrece ventajas en su uso en climas fríos y húmedos.

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1.- ANTECEDENTES.

La carpeta esfáltica utilizada como superficie de -- rodamiento y como capa de soporte y transmisión de cargas a las capas inferiores de los caminos, adquiere gran importancia con el inicio de la explotación a grán escala del petrleo, puesto que ya se conocia su uso desde la antigüedad en la construcción de caminos.

La carpeta asfáltica se encuentra construida con una mezcla asfáltica compactada, la que se obtiene mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico pétreo.

El material pétreo es el componente de la mezcla asfáltica que se encarga de transmitir y soportar las cargas, este material se encuentra formado por piedras de diferen--

tes tamaños, los cuales se gradúan mediante el paso de éstos a través de mallas de diversos tamaños que van desde una abertura de una pulgada a la malla No. 20.

El asfalto es un material bituminoso, sólido o semi-sólido producto de las colas de refinación del petróleo crudo, con propiedades aglutinante y que se licua gradualmente al calentarse éste está constituido principalmente, por asfaltalenos, resinas y aceites; estos constituyentes le dan al asfalto sus características de consistencia, poder de aglutinación y ductibilidad.

Los materiales asfálticos se emplean en la mezcla para aglutinar los materiales pétreos y fijarlos en las posiciones adecuadas para transmitir las cargas aplicadas a las capas inferiores, donde finalmente se disipan.

2.- HISTORIA DEL ASFALTO

Estamos familiarizados con muchos productos derivados del petróleo, que tanto contribuyen a la economía moderna y a nuestro modo de vivir, pero pocos pueden darse cuenta de que el Betún, Bitumen, Chapopote, asfalto. Fué el primer producto del petróleo que uso el hombre. Los arqueólogos han determinado que el asfalto se usó como material aglutinante y como impermeabilizador por las civilizaciones

que vivieron a lo largo del río Eufrates en tiempos tan lejanos como 3800 años A.J.

Como consecuencia del desarrollo del automóvil, y debido al estímulo dado a la industria petrolera por la primera guerra mundial, las compañías petroleras beneficiaron --- grandes cantidades de petróleo a base de asfalto. Gradualmente los asfaltos obtenidos de esta manera se hicieron --- abundantes y de buena calidad. Esto redujo a los asfaltos-nativos a ocupar un lugar de relativa poca importancia.

El asfalto se usa fundido, disuelto en gasolina o --- aceites ligeros y como emulsiones de asfalto en agua.

3.- ORIGEN DEL PETROLEO Y ASFALTO.

Los conocimientos modernos favorecen definitivamente al origen orgánico. Algunos investigadores han atribuido - el gran número de compuestos diferentes que se encuentra en el petróleo y en el asfalto a la degradación anaeróbica del - material orgánico, tanto animal como vegetal enterrado bajo las pesadas capas de sedimentos.

4.- CLASIFICACION DE LOS ASFALTOS

Podemos aceptar que los asfaltos se dividen en tres-

grupos en su uso en la pavimentación, en:

- A)- Cementos asfálticos
- B)- Rebajados asfálticos
- C)- Emulsiones asfálticas

A) Cementos asfálticos, que son los asfaltos obtenidos por un proceso de destilación del petróleo para eliminar a éste sus solventes volátiles y parte de los aceites.

Se usa como filler para la pavimentación en bloque, para cerrar grietas, como ligante para concreto asfáltico del alto grado y para sellos en caliente.

Los cementos asfálticos se sub-dividen entre si según sus penetraciones, varían generalmente entre 40 y 300 grados.

Los materiales asfálticos deberán satisfacer las características que a continuación se indican.

CEMENTOS ASFALTICOS

CARACTERISTICAS	CEMENTO ASFALTICO			
	Núm. 3	Núm 6	Núm 7	Núm 8
Penetración, 100 g, 5s, 25°C, grados	180 200	80-100	60-70	40-50
Viscosidad Saybolt-Furol: A 135°C, a. mínimo	60	85	100	120
Punto de inflamación (copa abierta de Claveland), °C mínimo	220	232	232	232
Punto de rebladecimiento, °C	37-43	45-52	48-56	52-60
Dueticidad, 25°C, em, mínimo	60	100	100	100
Solubilidad en tetracloruro de car bono, por ciento, mínimo	99.5	99.5	99.5	99.5
Prueba de la película delgada, 50- cm ³ , 5h, 163°C: Penetración reteni da, por ciento, mínimo	40	50	54	58
Pérdida por calentamiento, por ciento, - máximo	1.4	1.6	0.8	0.8

B) Rebajados Asfálticos

Para reducir la viscosidad del asfalto, antes de su aplicación, hay tres maneras de hacerlo:

- a) Por calentamiento,
- b) Por disolución del asfalto en su solvente y
- c) Emulsionando el asfalto en una solución acuosa o dispersión.

En algunas veces es inconveniente el uso del asfalto caliente. En estos casos, se hace una aplicación fría usando un asfalto rebajado o una emulsión. La teoría del uso en estos materiales es sencilla. Después de aplicar la solución de asfalto al pétreo, o en su riego, el solvente se evapora, la película de asfalto que queda, sirve como aglutinante o como capa de protección contra la erosión.

El solvente se lleva en el asfalto líquido para hacer un producto fluido y facilitar así su aplicación y manipulación en la construcción de carreteras. El solvente viene a ser un sustituto del calor que se usa en el trabajo de alta calidad para hacer fluido el cemento asfáltico, mientras está siendo procesada para ciertos trabajos, el solvente es más útil que el calor, porque su efecto licuante se extiende durante un período de tiempo largo. La fluidez de un asfalto líquido es función de la cantidad de solvente --

contenido en el producto. Mientras más solvente exista, -- más fluido será el material. Un cemento asfáltico puede -- ser fluxado hasta llegar a una consistencia prácticamente -- igual que el agua. Mientras más volátiles sean los solven-- tes más rápido será el período de fraguado.

Desde el punto de vista de su utilización tiene el - asfalto líquido un valor fundamental porque a altas tempera-- turas ambiente se puede tender uniformemente, sin calenta--- miento durante las operaciones de mezclado en campo y pene-- trará superficies sobre las cuales se apliquen tratamientos de sellado.

Debe de cumplir con las siguientes características:

1o.- El asfalto deberá tener la naturaleza y consis-- tencia adecuadas.

2o.- La nafta o aceite deberán tener, el punto de -- ebullición, de encendido y características químicas requeri-- das.

Los rebajados asfálticos se clasifican en tres gru-- pos:

- a) De fraguado rápido o FR
- b) De fraguado medio o FM

c) De fraguado lento o PL

De acuerdo a su viscosidad, se especifican en cada tipo. Empezando con la solución más fluida se van asignando números crecientes, por ejemp: FR-0, FR-1, etc., hasta FR-5 y Fa-0, FM-1 etc., Hasta FM-5.

A continuación se dan las características específicas para los rebajados asfálticos.

Asfalto rebajado de fraguado rápido

CARACTERÍSTICAS	GR A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO					
Punto de inflamación (con abridor de Tm), °C mínimo.....			37	37	37
Viscosidad Saybolt-Forest:					
A 30°C, espesado.....	70-100	70-100	100-200	200-300	100-200
A 50°C, espesado.....					
A 80°C, espesado.....					
Densidad: Por ciento del total destilado a 300°C					
Hasta 100°C, mínimo.....	15	30	40	50	5
Hasta 200°C, mínimo.....	50	50	50	50	50
Hasta 300°C, mínimo.....	70	70	80	80	80
Hasta 310°C, máximo.....	90	90	90	90	90
Número de la destilación a 300°C. Por ciento del volumen total por destilación, máximo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Agua por destilación, por ciento, máximo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados.....	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100
Densidad en 25°C, máximo.....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Estabilidad en tercio inferior de cisterna, por ciento, mínimo.....	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5

Asfalto rebajado de fraguado lento

CARACTERÍSTICAS	GR A D O				
	FR-0	FR-1	FR-2	FR-3	FR-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO					
Punto de inflamación (con abridor de Tm), °C mínimo.....	35	35	35	35	35
Viscosidad Saybolt-Forest:					
A 30°C, espesado.....	70-100	70-100	100-200	200-300	100-200
A 50°C, espesado.....					
A 80°C, espesado.....					
Densidad: Por ciento del total destilado a 300°C					
Hasta 100°C, mínimo.....	10	30	40	5	0
Hasta 200°C.....	50-70	50-60	50-60	50-60	50-60
Hasta 310°C.....	70-80	70-80	80-90	80-90	80-90
Número de la destilación a 300°C. Por ciento del volumen total por destilación, máximo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Agua por destilación, por ciento, máximo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración, grados.....	100-200	100-200	100-200	100-170	100-100
Densidad en 25°C, máximo.....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Estabilidad en tercio inferior de cisterna, por ciento, mínimo.....	90.5	90.5	90.5	90.5	90.5

Asfalto rebajado de fraguado lento

CARACTERÍSTICAS	GR A D O				
	FL-0	FL-1	FL-2	FL-3	FL-4
PRUEBAS AL MATERIAL ASFÁLTICO					
Punto de inflamación (con abridor de Forest), °C mínimo.....	60	60	60	60	107
Viscosidad Saybolt-Forest:					
A 30°C, espesado.....	70-100	70-100	100-200	200-300	100-200
A 50°C, espesado.....					
A 80°C, espesado.....					
Densidad: Por ciento del total a 300°C, por ciento en volumen.....					
Hasta 100°C.....	10-20	0.5	0.5	2.5	14.5
Hasta 200°C.....	50	50	50	50	50
Hasta 310°C.....	70	70	80	80	80
Número de la destilación a 300°C. Por ciento del volumen total por destilación, máximo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Agua por destilación, por ciento, máximo.....	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACION					
Penetración en el punto de la destilación, a 30°C, espesado.....	10-100	30-100	30-100	50-100	50-100
Densidad del residuo sólido de 100 grados de penetración, 25°C, en volumen.....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Estabilidad en tercio inferior de cisterna, por ciento, mínimo.....	70.5	80.5	80.5	87.5	80.5

a) Los rebajados de Fraguado Rápido

Funcionan como su nombre lo indica. Se usan cuando es necesario que el solvente desaparezca rápidamente, dejando una película de asfalto sobre la superficie sólida. Para la construcción de caminos generalmente se hacen con asfaltos de 85 a 120 de penetración.

b) Los rebajados de Fraguado Medio.

Se preparan comúnmente con asfaltos ligeramente más blandos y con un solvente menos volátil.

c) Los rebajados de Fraguado Lento.

Son menos importantes tomando como base el volumen si la carga se hace con los materiales adecuados, los rebajados de fraguado lento se pueden sacar directamente del alambique, pues otra manera es necesario dispersar el asfalto en un aceite de encendido elevado de baja volatilidad.

Es evidente que la viscosidad de cada rebajado depende principalmente de la cantidad y clase de solvente usado, pero debe entenderse que las características del asfalto también tienen influencia importante en las propiedades de la dispersión o solución.

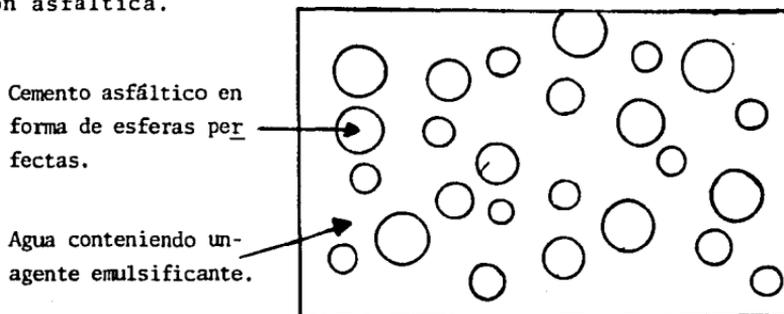
5.- Introducción sobre las Emulsiones Asfálticas

La mayor parte de los ligantes asfálticos que se emplean en la construcción de caminos son productos semi-sólidos y viscosos a las temperaturas ambientes normales. Para tratamientos superficiales deben ser lo tanto fluidificados por calentamiento antes de ser aplicados en películas delgadas sobre la superficie de las carreteras; análogamente, en la elaboración de concretos asfálticos, tanto el aglutinante como el material pétreo requieren calentarse para que la piedra tenga un buen cubrimiento. La falta de medios adecuados de calentamientos en zonas apartadas condujo a una demanda de ligantes que pudieran usarse en frío. Esto dio motivo a que se usaran disolventes volátiles mezclados con el asfalto; éstos tenían, en un principio, antes de la aparición de los aditivos para asfaltos, la desventaja de que debían ser aplicados solamente a superficies secas. La introducción de las emulsiones subsanó en gran parte esta dificultad, ya que éstas no sólo fluyen fácilmente a las temperaturas ambientes, sino también pueden aplicarse en superficies húmedas y usarse para cubrir agregados húmedos. La emulsión, es particularmente adecuada para reparación de carpetas asfálticas, mezclando pequeñas cantidades de emulsión con material pétreo, sin requerirse un calentamiento previo.

Las emulsiones inmediatamente después de su aplicación, contienen proporciones relativamente altas de agua y se diluyen fácilmente por acción de las lluvias, las cuales pueden lavar completamente la emulsión de las superficies a las cuales se han aplicado recientemente. Esta desventaja es particularmente cierta en el caso de las emulsiones aniónicas, pero los últimos trabajos que se han llevado a cabo con el desarrollo de las emulsiones catiónicas, indican que este problema es menos agudo con este tipo de emulsiones.

Una emulsión es un sistema de dos fases, formada por substancias no miscibles, de las cuales, cuando menos una es necesariamente líquida; una de ellas constituye la fase que se encuentra dispersa en la otra. La fase dispersa o interna es un medio que se encuentra en forma de pequeños glóbulos y el líquido circundante se conoce como la fase continua o externa. Se han ideado designaciones especiales para indicar cual es la fase continua y cual es la fase dispersa. Las emulsiones aceite-en agua, tienen el aceite formando la fase continua y el agua es la fase dispersa. Lo inverso ocurre cuando la emulsión es del tipo agua en aceite. Casi sin excepción, las emulsiones para carreteras son del tipo aceite en agua, consistiendo la fase dispersa de cemento asfáltico, disolventes del asfalto, o bien, mezcla de éstos efectuada antes de la emulsificación. La figura -

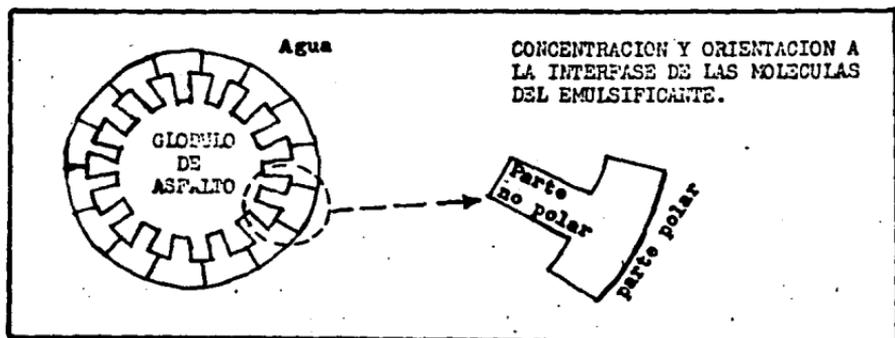
muestra esquemáticamente el aspecto que presenta una emulsión asfáltica.



Esquema de una emulsión asfáltica.

En la preparación de las emulsiones de asfalto, tienen que agregarse emulsificantes, en pequeñas proporciones, tanto para facilitar la formación de las dispersiones, como para mantener en suspensión permanente, una dispersión de pequeñas gotas de asfalto en agua formadas mediante agitación, se separará rápidamente en 2 capas. Con la presencia del emulsificante, se forma una película de él absorbida al rededor de cada glóbulo en la emulsión y esta película, actuando como una cubierta protectora, proporciona una resistencia considerable a la floculación de los glóbulos.

En la figura se muestra esquemáticamente la disposición de las moléculas del emulsificador en torno a un glóbulo de asfalto.



6.- Reseña Histórica de las Emulsiones.

Las emulsiones asfálticas aparecieron en el mundo a principios del siglo en los diferentes lugares y usos varia dos. En la construcción de caminos se empleó por primera vez la emulsión aniónica en riesgos preventivos contra el polvo. Esto ocurrió en Nueva York en 1905.

En el mismo año en Hamburgo, Alemania, se construyó una carpeta asfáltica con un tratamiento superficial de varios riegos, empleando como ligante una emulsión estabilizada, con una arcilla muy activa como emulsionante. Aunque los resultados fueron buenos, posteriormente se observó que podría haber una acción reversible, como consecuencia de la humedad y el tránsito de vehículos.

Las emulsiones aniónicas se comenzaron a emplear en Europa en 1925. Aprovecharon los ácidos nafténicos conteni

dos en el asfalto, que actúan como emulsificante al agregar agua con sosa caústica y sometiendo a una energía de agitación la masa de los dos líquidos.

En México los usaron por primera vez las compañías - extranjeras que trabajaban en el país en 1930-1935. Se les empleó en las carreteras de San Martín Texmelucan a Tlaxcala, de México a Pachuca y en las calles de la ciudad de México. El gran inconveniente fué su prolongado tiempo de -- rompimiento, que en la época de las lluvias causaban retrasos y graves problemas de construcción.

Por ello, al aparecer los rebajados afálticos ganaron la preferencia del constructor durante más de 30 años y hasta la fecha, no han podido ser desplazados totalmente.

En 1953 las emulsiones catiónicas aparecieron en Europa y en 1958 en Estados Unidos. Aparentemente, su aplicación inicial en la construcción de caminos coincidió con la aparición de nuevos productos químicos tensoactivos en el - mercado, que además tienen otros empleos en la industria de la pintura, petrolera, textiles, etc. Al principio, tales emulsiones se usaron únicamente en la construcción de trata mientos superficiales como riegos de liga y de sello. Al - reconocerse las ventajas de las catiónicas sobre las anióni- cas y los rebajados, se inició la búsqueda de un emulsifi-

cante que produjera una emulsión de rompimiento lento, capaz de mezclarse con materiales de una granulometría para base o carpeta.

Las emulsiones catiónicas se conocieron en México en 1960. Se hicieron pruebas y varios ingenieros mexicanos -- presentaron en el congreso Panamericano de Carreteras de Bogotá, Colombia, un trabajo Titulado: Primeras Investigaciones Realizadas en México con Emulsiones Asfálticas Catiónicas.

Los usos dados a las emulsiones en los diferentes -- países obedecen al tipo de construcción predominante y a la política que siguen los diferentes departamenteos de caminos, como se puede ver en la tabla siguiente.

PAIS	Tratamientos Superficiales %	Estabilizaciones de suelos %	Bacheo y Sobrecarpeta. %	Morteros Asfálticos %
Estados Unidos	38	16	40	7
Japón	36	34	30	-
Francia	66	17	17	-
México	20	40	30	10

Aplicaciones de las Emulsiones que se Tienen en Diferentes Países.

C A P I T U L O I I

TIPOS DE EMULSIONES ASFALTICAS

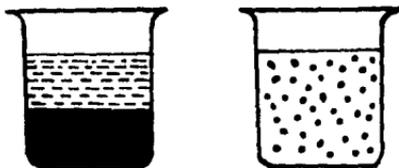
1.- TEORIAS DE LAS EMULSIONES

Podemos definir a las emulsiones desde el punto de vista físico-químico, como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, no misible entre sí.

Componentes de una emulsión antes y después del proceso de emulsificado.

Agua

Asfalto



Dentro de una emulsión, los líquidos que la forman constituyen dos partes que se llaman, respectivamente:

- a) Fase dispersa o discontinua.
- b) Fase dispersante o continua.

Existen dos tipos de emulsiones según la concentración de cada una de esas fases: Una emulsión directa es -- aquella en que la fase hidrocarbonada está dispersa en la -- parte acuosa; en la inversa, la fase acuosa está dispersa -- en la parte hidrocarbonada. Las del primer tipo son las -- que más se emplean en la industria camionera. Las inversas han recibido el nombre de emulsiones de alta flotación ---- ("high float"), y han adquirido bastante popularidad en Estados Unidos.

Por razones de simetría en la acción capilar, los -- glóbulos de asfalto de la emulsión son de forma esférica.

Es preferible el empleo de las emulsiones directas -- por su baja viscosidad a temperatura ambiente. El tamaño -- del glóbulo de asfalto es de 2 a 6 micras, tan pequeño que -- hace aumentar la superficie de contacto del asfalto. Esto -- favorece el mojado, repartición y cohesión con el material -- pétreo.

2.- CLASIFICACION DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS

Dependiendo del agente emulsificante, las emulsiones -- asfálticas pueden ser aniónicas, si los glóbulos de asfalto -- tienen carga electronegativa o catiónicas, si los glóbulos -- asfálticos tienen carga electropositiva. Las emulsiones --

asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, medio, y lento.

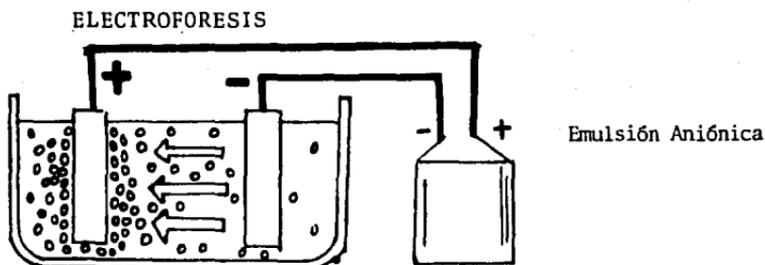
Además de esta clasificación, según la naturaleza -- iónica del emulsificante, se ha acostumbrado también clasificarla en una categoría llamada "emulsiones especiales", - las que son destinadas: Bien sea a técnicas comunes, pero- que corresponden el empleo de materiales pétreos que presen- tan características particulares; sea para técnicas especia- les que exijan el empleo con determinadas propiedades.

En el siguiente cuadro se muestra los diferentes ti- pos de emulsiones teóricas que se pueden fabricar.

CARGA ELECTRICA	ROMPIMIENTO	VISCOSIDAD	CONCENTRACION	DUREZA
CATIONICAS	RAPIDO	BAJA	ALTA	A
			BAJA	B
		ALTA	ALTA	A
			BAJA	B
	MEDIO	BAJA	ALTA	A
			BAJA	B
		ALTA	ALTA	A
			BAJA	B
	LENTO	BAJA	ALTA	A
			BAJA	B
		ALTA	ALTA	A
			BAJA	B
ANIONICAS	RAPIDO	BAJA	ALTA	A
			BAJA	B
		ALTA	ALTA	A
			BAJA	B
	MEDIO	BAJA	ALTA	A
			BAJA	B
		ALTA	ALTA	A
			BAJA	B
	LENTO	BAJA	ALTA	A
			BAJA	B
		ALTA	ALTA	A
			BAJA	B

a) Emulsiones aniónicas

Estas toman su nombre del hecho de que cuando se sumergen dos electrodos en el seno de una emulsión, los glóbulos de asfalto se dirigen hacia el ánodo. Esto es consecuencia de la naturaleza del emulsificante utilizado.



Glóbulos dirigiendose hacia el ánodo.

Este emulsificante generalmente es un electrolito, es decir, un cuerpo ionizado que se disocia en el agua en dos fracciones eléctricas, el anión (carga negativa) y el catión (carga positiva).

Para las emulsiones aniónicas se utiliza el jabón -- alcalino de ácido graso, que es una sal de sodio o potasio de un ácido orgánico (por ejemplo: Una resina). Como este jabón se obtiene por acción de un ácido débil sobre una base fuerte, estas emulsiones se denominan también "emulsiones alcalinas".

La fórmula general de estos jabones es: R-COO NA

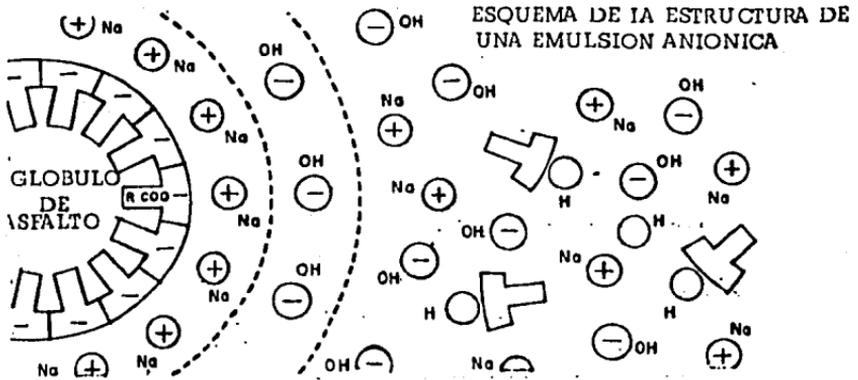
R, es la cadena de ácido graso, más o menos larga, -ramificada o no, característica del ácido empleado, que --- constituye la parte no polar de la molécula. Posee una afinidad por la fase asfalto.

COO NA, constituye la parte polar de la molécula.

Cuando este jabón se diluye en el agua, se ioniza; - el sodio o el potasio, constituyendo los iones positivos o - cationes; el resto de las moléculas constituyen los iones: (RCOO) anión (NA) catión.

Cuando se dispersa el asfalto en esta solución jabonosa, los aniones (RCOO) son absorbidos por los glóbulos de asfalto vienen a constituir una envoltura alrededor de ---- ellos, en tanto que los cationes (NA) absorbidos por el --- agua, constituyen una segunda envoltura alrededor de la primera.

Los iones que envuelven a los glóbulos de asfalto se repelen, puesto que lleven cargas del mismo signo, impidiendo el fenómeno de coalescencia y asegurando así la estabilidad al almacenamiento.

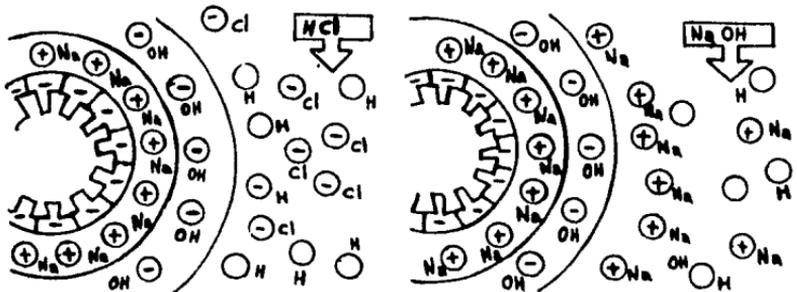


Esta estabilidad es influida por el PH de la fase acuosa. Es óptima para un P_H comprendido entre 11 y 12, si, introduciendo ácido en la emulsión (HCl), se abate el PH a 7 o menos, la emulsión floccula (principio del rompimiento). Este fenómeno se debe a la neutralización por el ácido introducido de los cationes (Na): La capa difundida alrededor de cada glóbulo desaparece y los cationes (H) vienen a neutralizar a la capa aniónica (RCOO). En la superficie de los glóbulos; las repulsiones electrostáticas cesan, los glóbulos entran en contacto y se adhieren unos a otros.

ROMPIMIENTO POR ADICION DE ASIDO O ADICION EXCESIVA DE UNA BASE

Disminución del PH

Aumento exagerado del PH



La adición de una base NaOH por ejemplo, en cantidades pequeñas, no provoca evidentemente este fenómeno; es, al contrario, favorable a la estabilidad de la emulsión. De todas maneras, dentro de ciertos límites, la introducción en una base, es decir, de cationes alcalinos (Na, por ejemplo), trae por consecuencia una reducción de la afinidad -- por la fase acuosa de los cationes del emulsificante; éstos se fijan de nuevo en la parte aniónica absorbida (RCOO) a la cual neutralizan, provocando la fluculación.

b) Emulsiones Cationicas.

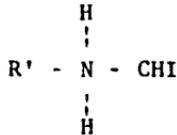
Se les llama así porque a la inversa de lo sucede -- con las emulsiones aniónicas, cuando se sumergen dos electrodos en tales emulsiones, es hacia el cátodo al que se dirigen los glóbulos de asfalto.

El emulsificante empleado generalmente es también un electrolito.

Se trata a menudo de una sal cuaternaria de amonio o de una sal de amina que resulta de la reacción de un ácido-mineral (Clorhídrico, nítrico, fórmico, acético, etc), sobre la aminograsa. Esta amina se comporta como una base débil; como el ácido utilizado es contrariamente un ácido --- fuerte, estas emulsiones igualmente se denominan "emulcio--

nes ácidas".

La fórmula general de estos jabones es por ejemplo:



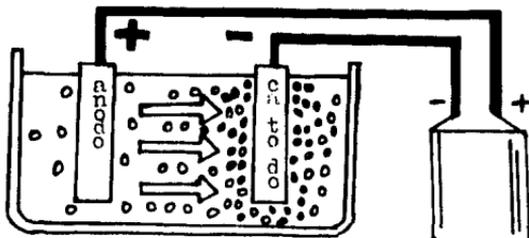
R', es la cadena orgánica característica de la amina, que constituye la parte no polar de la molécula.

Tiene afinidad por el asfalto

NH₃Cl es parte polar de la molécula.

Diluido en el agua este emulsificante se ioniza; el átomo del cloro constituye el anion; el resto de la molécula forma el catión. (R'NH) catión, (Cl) anion.

ELECTROFORESIS.

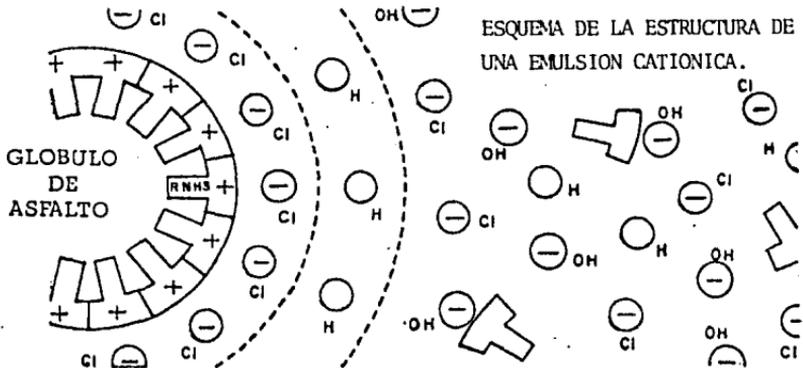


Glóbulo de asfalto dirigiéndose al cátodo.

Cuando se dispersa el asfalto en esta solución, son los cationes ($R'NH_3^+$) los que son absorbidos por los glóbulos de asfalto (debido a la afinidad de R' por el ligante hidrocarbonado).

Estos cationes tienen a constituir una envoltura cargada alrededor de cada glóbulo, positivamente a la inversa de lo que sucede en el caso de la emulsión aniónica: Los aniones (Cl) absorbidos por el agua, vienen a constituir una segunda envoltura de la primera.

Como en el caso de las emulsiones aniónicas, la estabilidad al almacenamiento está asegurada por la repulsión electrostática de los glóbulos, todos los cuales están rodeados de iones del mismo signo. Esta estabilidad es influida también aquí por el PH de la fase acuosa. Un ligero exceso de ácido, favorece la resistencia contra la floculación; el PH permanece de todas maneras en general bastante fuerte (entre 6 y 7).

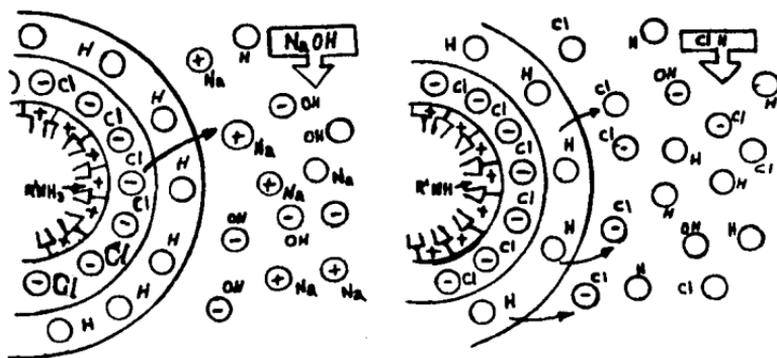


Si se aumenta este PH, por introducción de una base- (sosa por ejemplo), los cationes alcalinos (Na), que provienen de la ionización de esta sosa, neutralizan los aniones (Cl) de la primera envoltura protectora; los aniones -- (OH) van a su vez a neutralizar a la envoltura catiónica -- ($R'NH_2$); las repulsiones electrostáticas cesan y se producirá la coagulación.

ROMPIAMIENTO POR ADICION DE UNA BASE O ADICION EXCESIVA DE UN - ACIDO

Aumento del PH

Disminución exagerada del PH



De la misma manera un exceso fuerte de ácido dará -- lugar a la floculación, por acción de los aniones (Cl) en -- exceso sobre la envoltura catiónica.

c) Emulsiones Especiales.

Las emulsiones especiales se caracterizan:

A) Por la naturaleza del ligante de base.

Este ligante puede ser:

- Un asfalto fluido de fraguado muy lento;
- Un asfalto duro; 40/50 u 80/100;
- Un asfalto de penetración común: 130/220, con -
adición de diversos productos destinados a modi-
ficar las características del ligante de base:-
Hule, combustoleo, etc.

Estas emulsiones pueden ser aniónicas o catiónicas.-
El esquema de su estructura es también parecido a los esque-
mas presentados anteriormente, para las emulsiones clásicas.

B) Por la naturaleza del emulsificante utilizado.

Este emulsificante puede ser:

- Iónico (electrolitos menos comunes que los ---
electrolitos de las emulsiones clásicas).
- No iónicos (éter por ejemplo).
- "Natural" (Caseina, Gelatina, Protefna).

3.- FENOMENO DE ROMPIMIENTO Y ADHESIVIDAD.

Se ha visto que se puede hacer romper las emulsiones aniónicas o catiónicas, introduciendo un ácido, en un caso, o de una base en el otro, al introducir estos elementos, -- hemos visto que producen la neutralización de los iones que envuelven a las micelas, anulando así su efecto protector y permitiendo la coagulación del asfalto de la emulsión.

Son varios los factores que intervienen para provocar el rompimiento de las emulsiones sobre los materiales pétreos.

ROMPIMIENTO POR EVAPORACION DEL AGUA.

El agua, forma película delgada sobre la superficie de las partículas del material pétreo y al evaporarse provoca una concentración de los glóbulos de asfalto, esto da como resultado un aumento de las fuerzas de atracción molecular, que sobrepasa rápidamente a las fuerzas de repulsión electrostática.

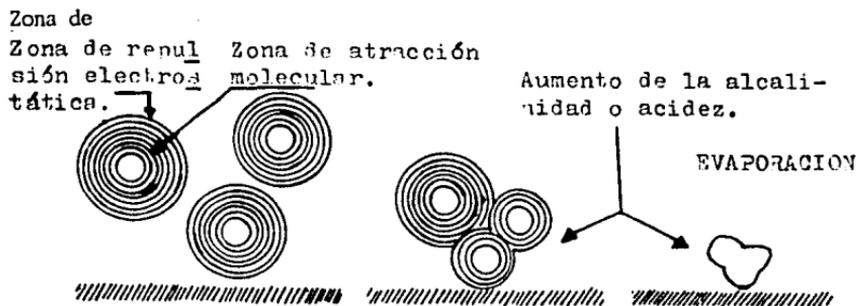
Por otra parte, el agua evaporada causa el aumento de la alcalinidad o la acidez de la emulsión, y como hemos visto que este incremento dentro de ciertos límites, produce el rompimiento de la emulsión.

Este fenómeno por sí sólo no explica el rompimiento-ya que, en efecto, éste se produce primeramente en la superficie expuesta al aire, creando en esta superficie una película de asfalto que encierra a las capas inferiores de emulsión no rota, bajo una corteza hermética.

- 1.- Reagrupamiento de los glóbulos (atracción molecular - repulsión electrostática).
- 2.- Aumento de la alcalinidad o de la acidez por concentración (desequilibrio eléctrico).

La evaporación no explica el mecanismo de adhesividad.

ROMPIMIENTO POR VAPORACION



- 1.- Reagrupamiento de los glóbulos (atracción molecular > repulsión).
- 2.- Aumento de la alcalinidad o de la acidez por concentración.

ROMPIMIENTO POR REACCION

Puestos en presencia de la fase acuosa de la emulsi3n, el material p3treo considerando, da lugar a la formaci3n de un compuesto insoluble, entre el material p3treo y el emulsificante, se produce la ruptura y tambi3n en este caso la adhesividad. Para darnos cuenta se distinguen dos tipos de materiales: Los materiales "alcalinos" y los materiales "3cidos".

Materiales alcalinos.

El material alcalino t3pico es la caliza pura, constituida de c3rbonato de calcio CO_3Ca . Puesta en presencia de la emulsi3n asf3ltica, el carbonato de calcio, que es muy poco soluble en el agua, se ioniza dentro de la fase acuosa.

Una parte de los cationes (Ca) son absorbidos y fijados firmemente a la superficie del material, en raz3n de su afinidad por los aniones (CO_3); el resto de los cationes (Ca), as3 como los aniones (CO_3) penetrar3n en el interior de la fase acuosa y queda con mucha movilidad.

CASO DE LA EMULSION ANIONICA

Los glóbulos de asfalto de una emulsión aniónica, es tan cubiertos de aniones (RCOO) absorbidos y sólidamente adheridos y sufrirán una atracción entre estos aniones y los cationes (Ca) del material.

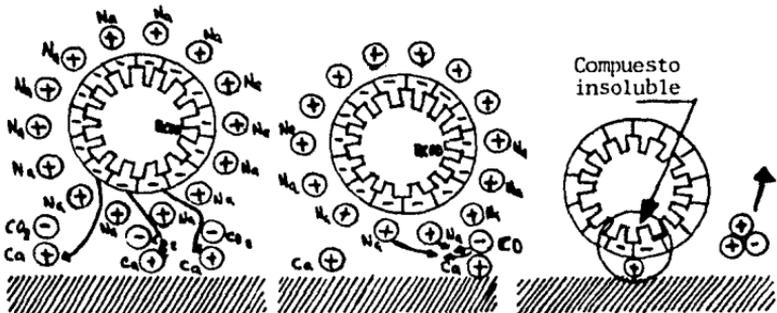
Los iones (Na) y (CO_3), muy móviles, serán atrapados en la fase acuosa y se formarán una molécula de jabón de -- cal insoluble, compuesta de dos átomos de RCOO por un átomo de Ca. Habrá una verdadera liga entre el glóbulo de asfalto y el material calizo.

En este caso se habrá producido la ruptura de la --- emulsión, acompañado a un fenómeno de adhesividad.

RUPTURA DE REACCION

MATERIAL ALCALINO

EMULSION ANIONICA



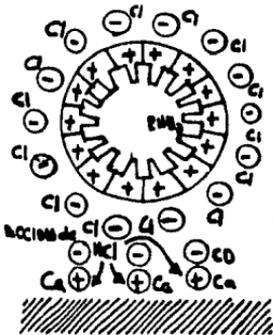
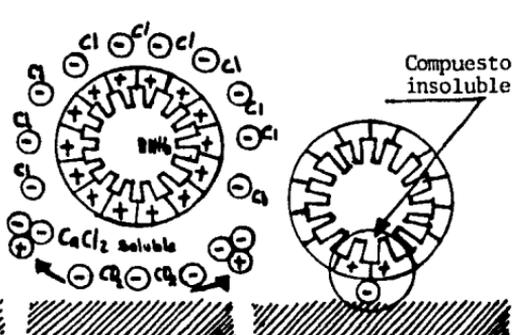
CASO DE UNA EMULSION CATIONICA

Si la emulsión utilizada es del tipo catiónico, ---- habrá primero el ataque del ácido contenido en la fase acuosa al material calizo y se formará un cloruro de calcio soluble, que se difundirá.

Los cationes del calcio, habiendo sido utilizados de esta manera en la formación del cloruro, estos son los aniones (CO_3) que vienen a rodear la superficie del material.

Tendremos la presencia de glóbulos de asfalto cargados positivamente, como hemos visto y la superficie del material, cubierto de aniones (CO_3).

RUPTURA POR REACCION

MATERIAL ALCALINO
EMULSION ANIONICA

Los glóbulos serán de esta manera atraídos hacia el material y la ruptura se producirá acompañado de adhesividad, debida a la formación de una sal insoluble (carbonato de amina), - que es un verdadero cemento entre el material calizo y el - asfalto.

MATERIALES ACIDOS.

El material ácido típico está constituido por sílice pura SiO_2 o por silicatos.

Los fenómenos de ionización, son mucho más complejos en este caso que con los materiales calizos, se desarrollan en presencia de la fase acuosa de la emulsión asfáltica.

Esquemáticamente, se puede decir, que considerando - por ejemplo el caso puramente teórico del ácido ortosilícico SiO_4H_4 , que:

- Los aniones (SiO_4) son absorbidos fuertemente en - la superficie del material.
- Los cationes (H) son absorbidos por el agua.

CASO DE LA EMULSION CATIONICA

Puestos en presencia de un material ácido, los glóbulu

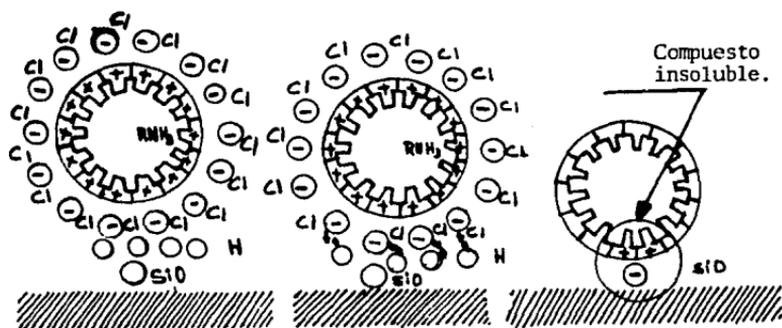
los de asfalto de una emulsión catiónica, cargada positivamente, van a ser atraídos por los iones SiO_4^- , cargados negativamente, que rodean al material.

La capa protectora de aniones (Cl), que rodean cada glóbulo, será neutralizada por los cationes (H).

ROMPIMIENTO POR REACCION

MATERIAL ACIDO

EMULSION CATIONICA



Se producirá así la ruptura de la emulsión y la adhesividad entre el asfalto, con el material pétreo debido a la formación de un compuesto insoluble.

La experiencia muestra que este ligante se forma casi instantaneamente.

CASO DE LA EMULSION ANIONICA

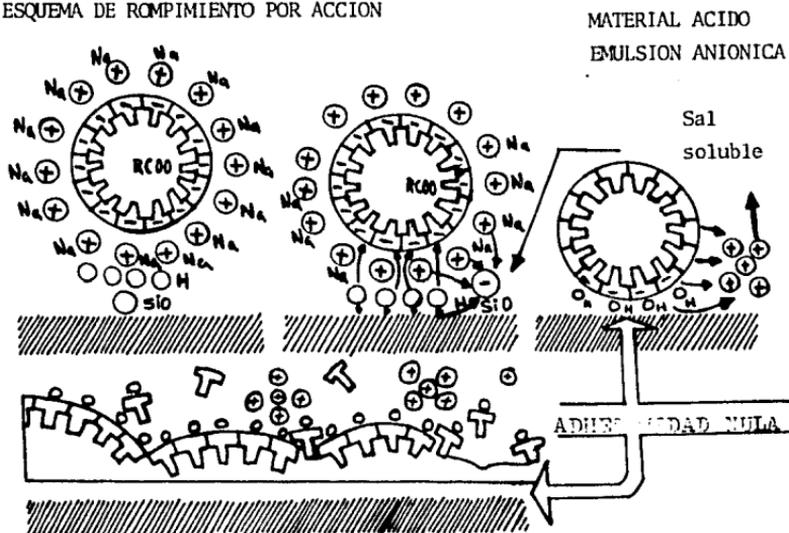
En este caso, los glóbulos cargados negativamente no tienen ninguna atracción hacia los aniones (SiO_4).

Se observa perfectamente, por similitud con el caso del material alcalino-emulsión catiónica, acción de los cationes (Na) de la película protectora, sobre los aniones -- (SiO_4) y la formación de un silicato de sodio soluble.

Pero la acción siguiente de los aniones (RCOO) del -asfalto, sobre los cationes (H), produce un ácido graso inactivo.

Por lo tanto no se tendrá formación del cemento.

ESQUEMA DE ROMPIMIENTO POR ACCION



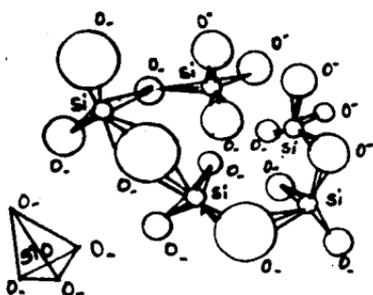
Uno observa de esta forma la ruptura de la emulsión, pero no hay adhesividad, ya que no se forma "ligante" como en los otros caso-s estudiados.

MATERIALES MIXTOS

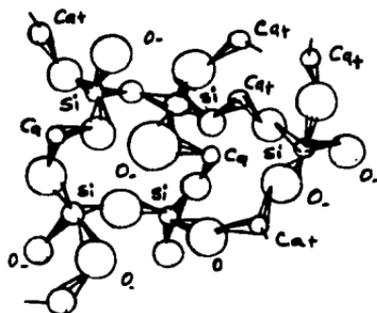
Hemos tratado anteriormente el caso de ruptura y de la adhesividad; por una parte, sobre materiales alcalinos - y por otra, sobre materiales ácidos.

De hecho, casi la totalidad de los materiales emplea dos en la industria de carreteras, son materiales "mixtos", en parte alcalinos, en parte ácidos. Es así como el 75% de la corteza terrestre, está compuesta de silicatos, que caen en esta categoría.

Esta doble naturaleza, alcalina y ácida, se aplica - de la siguiente manera: La Sílice SiO_4 , cristal iónico, se presenta bajo la forma de un tetraedro (ión de silicio al - centro, iones de oxígeno en los vértices), en el que cada - átomo de oxígeno esta saturado; algunas de estas valencias- libres servirán para asegurar la liga entre los diversos -- tetraedros, pero subsistirán en la periferia iones de oxíge no existiendo una valencia negativa libre.



Elemento de
cristal aislado

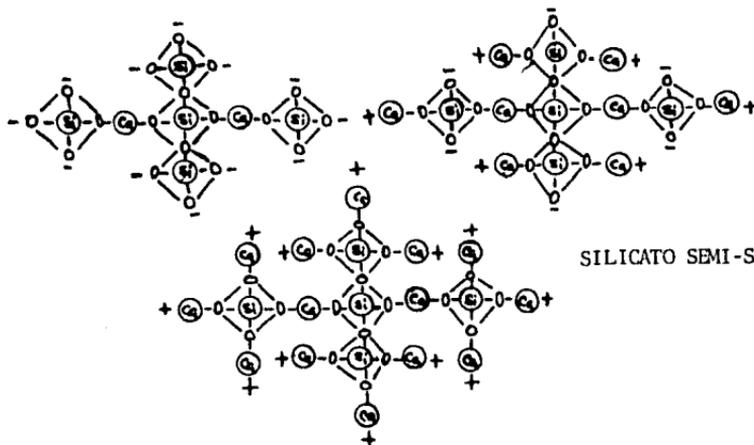


SILICE PURA

SILICATO DE CALCIO.

O, sucedera frecuentemente que los átomos de calcio divalentes, se combinen con estos tetraedros, de silice, ya sea entre dos tetraedros, neutralizando sus dos valencias y la valencia libre de los átomos de oxígeno vecinos o ya sea en el exterior del cristal, neutralizando la valencia libre de oxígeno, pero conservando una valencia positiva libre.

SILICATO NO SATURADO



SILICATO SEMI-SATURADO

SILICATO SATURADO

El silicato puede estar así, no saturado, semi-saturado o completamente saturado, presentando en su periferia-valencias negativas, alternadas con positivas.

Se sabe que es la relación $\frac{\text{SiO}_4}{\text{Ca}}$ la que condiciona el signo de la carga que lleva el material.

La tabla que se muestra más adelante, da el signo de los materiales, en función de su contenido de sílice SiO_2 .

El tipo de emulsión por utilizar será escogido en -- función del lugar que ocupa en esta tabla el material considerado:

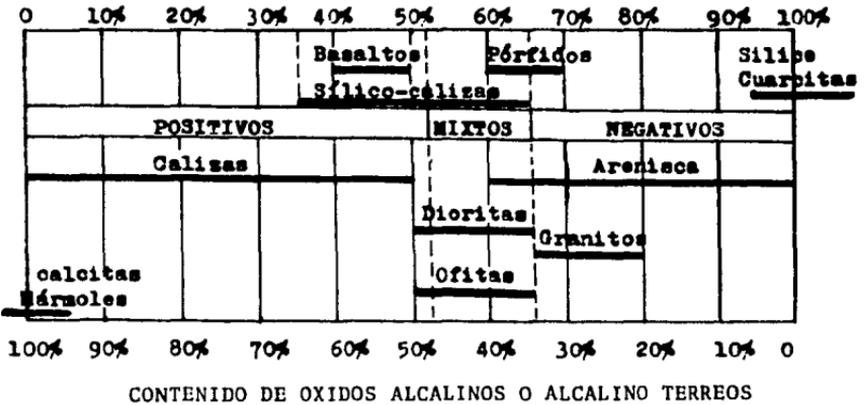
- Emulsión aniónica para materiales "positivos" o -- mixtos.
- Emulsión catiónica para materiales mixtos o "negativos".

Debemos agregar que de todas maneras es prudente, cada vez que se encuentra uno en presencia de materiales mixtos, utilizar una emulsión bi-activa, es decir, susceptible de intercambiar iones con las dos categorías de materiales.

Como hemos visto, la emulsión catiónica presenta esta propiedad: "adhesivo Polivalente".

La rapidez de formación del compuesto insoluble obteniendo con la emulsión catiónica, es otra razón para preferirla cada vez que se toman riesgos de desprendimiento como en el caso de climas húmedos y fríos, y en que se tenga --- tránsito inmediato y muy importante en la carretera.

CONTENIDO DE SILICE (SiO_2)



4.- CARACTERISTICAS DE LAS EMULSIONES

Contenido de agua.

Esta característica simple, que fija el porcentaje de agua de una emulsión, tiene sobre todo, el objeto de conocer el porcentaje de ligante útil residual en una cantidad dada de emulsión.

La viscosidad de la emulsión depende esencialmente de su contenido de agua y en forma secundaria: La estabilidad al almacenamiento, la velocidad de rompimiento, así como la aptitud para mezclarse con materiales pétreos y muy particularmente, con materiales finos.

Viscosidad.

La viscosidad es una característica de las emulsiones que puede falsearse, dado que la emulsión puede irse rompiendo a la salida del orificio del viscosímetro e ir cerrando parcialmente el espacio durante la prueba. Esto nos ha hecho pensar en disminuir el tiempo que tarde en salir la emulsión. Para esto, se vió la posibilidad de pasar de 25- a 50 grados centígrados la temperatura de la prueba, con el objeto de disminuir la viscosidad. Esta temperatura podría provocar una inestabilidad en la emulsión, por lo que es --

conveniente verificar este hecho.

Practicamente, la viscosidad de las emulsiones se mide con la ayuda de aparatos gravitacionales del tipo Saybol-Furol, en los Estados Unidos y Engler en Francia y en Europa.

La viscosidad Engler de una emulsión, es la relación entre la duración de escurrimiento de la emulsión a 20°C y la duración de escurrimiento de un volumen igual de agua a la misma temperatura.

Esta viscosidad Engler no es proporcional a la viscosidad cinemática. Se relacionan por la siguiente expresión aproximada.

$$\gamma = 7.5 \left(E \frac{1}{E} \right) \text{ centistokes}$$

El grado Engler, superior de 3, son aproximadamente igual a 7.5 veces su valor, en centistokes.

Concentración de la Emulsión.

La viscosidad de las emulsiones aumenta rápidamente con la concentración, pero hay que hacer notar que este aumento no es directamente proporcional al contenido de asfal

to. Es así que abajo de un contenido de ligante que se puede fijar en 60%, para las emulsiones aniónicas y en 65% para las catiónicas, la viscosidad varia relativamente poco con el porcentaje del ligante.

Por el contrario, arriba de estos calores, una diferencia pequeña de concentración, del tipo de ligante, o de la calidad de los emulsificantes, pueden producir variaciones importantes en la viscosidad, lo que hace muy a menudo delicada la fabricación de emulsiones muy concentradas.

Viscosidad de la fase Dispersante.

Esta viscosidad no es, como pudiera uno creer, igual a la del agua, sino está en función directa de la naturaleza y del porcentaje de jabón emulsificante contenido en la fase dispersante. Es así como los jabones pueden dar lugar a la formación de geles, que al aumentar la viscosidad de la fase dispersante, pueden aumentar algunas veces considerablemente la viscosidad propia de la emulsión.

Sal en los Asfaltos.

La influencia sobre la viscosidad, de una sal salubre contenida en los ligantes asfálticos, fué ignorada por mucho tiempo. Varias hipótesis han sido establecidas para

explicar esta anomalía hasta ahora reconocida.

Una de ellas supone la formación de una capa de agua rígida en la superficie de las micelas de la emulsión.

Esta agua, extraída de la fase acuosa, ya no desempeña el papel de fase dispersante y aumenta, por el contrario, el volumen de la fase dispersada.

Otra considera el cristal de sal contenido en un glóbulo de asfalto, como una célula osmótica, la pared del ligante que la separa de la fase acuosa, cuyo espesor representa una fracción de micra desempeña el papel de pared --- osmótica.

El paso del agua de la fase acuosa al interior de la fase dispersa, se efectúa por tanto a través de esta pared, siendo más fácil cuanto más caliente o blando esté el asfalto, ya que así es más permeable. Este fenómeno conduce a - un aumento de volumen del cristal de sal, el que se satura de agua y de esta manera se tiene un aumento de volumen de la fase dispersa en detrimento de la fase dispersante. Resulta de aquí que el contenido de agua aparente, es decir, - aquella que efectivamente constituye la fase dispersante, - puede ser muy diferente al contenido de agua real. Por lo tanto una emulsión cuyo contenido de agua real corresponda-

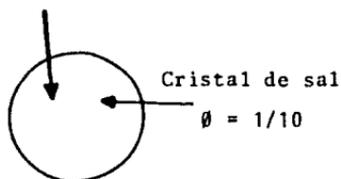
a una concentración de 60% de asfalto, podrá bien tener un contenido de agua aparente que le de características de una emulsión de 70 ó 75%, en particular la viscosidad.

Estas anomalías es la viscosidad con función de la cantidad de sal soluble contenida en los ligantes asfálticos de la naturaleza del catión, de la dispersión, así como de la dimensión de los cristales.

Para limitar estas variaciones de viscosidad, los medios clásicos más comunmente empleados, consisten en evitar el almacenamiento en caliente de estas emulsiones, lo que favorecería el paso de la fase acuosa al interior del ligante o bien, tratar de restablecer el equilibrio osmótico introduciendo sales solubles en la fase acuosa.

SAL EN LOS ASFALTOS

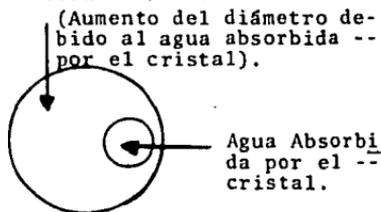
Glóbulo de asfalto: $\phi = 3$



CONTENIDO DE
AGUA REAL

Glóbulo: $\phi = 3 + E$

(Aumento del diámetro debido al agua absorbida por el cristal).



CONTENIDO DE AGUA
APARENTE
= contenido real-agua absorbida por el cristal.

Estas sales deben ser escogidas de manera de no ocasionar ninguna acción desfavorable sobre las características de estas emulsiones y su estabilidad al almacenamiento.

Susceptibilidad.

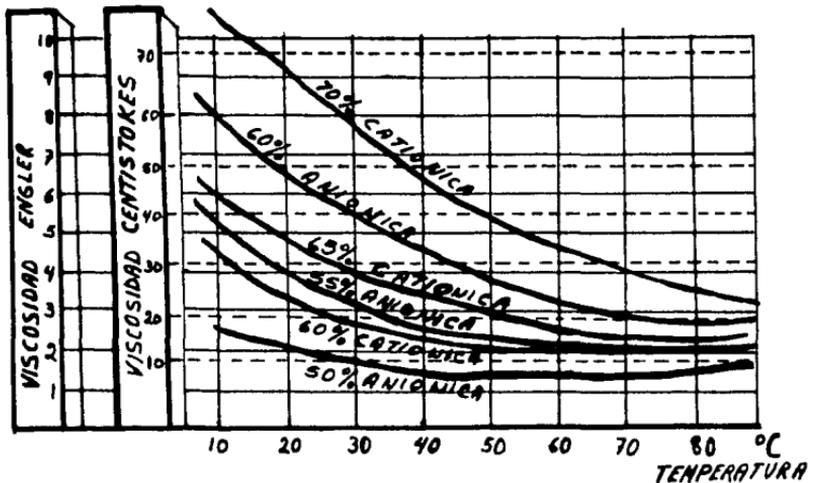
La susceptibilidad de una emulsión está ligada a la variación de viscosidad en función de la temperatura. La susceptibilidad de los ligantes, en general, y en particular de las emulsiones asfálticas, no es una constante, sino que es la derivada de la Viscosidad en función de la temperatura, este valor varía constantemente y cuando se habla de la susceptibilidad, es siempre necesario precisar la temperatura a la que se reporta.

Sin embargo, en la práctica, uno se limita, para apreciar la susceptibilidad de una emulsión, a medir la viscosidad Engler a dos temperaturas dadas, después a determinar la variación de esta viscosidad en que por ciento, con respecto a la de la temperatura inicial.

De los muchos factores que pueden influir en la susceptibilidad, se cuentan por parte del ligante, la naturaleza y concentración de la fase acuosa, su concentración en jabón, así como la naturaleza de los emulsificantes.

Esta particularidad es utilizada para aplicación de emulsiones viscosas o muy concentradas, lo que permite al elevar la temperatura, alcanzar una viscosidad suficientemente baja, compatible con los medios de riego de que uno disponga.

Inversamente, una emulsión poco concentrada y por lo tanto fluida, aumentará su viscosidad al enfriarse, en tanto que disminuirán los riesgos de que se escurra durante su aplicación'



VARIACION DE LA VISCOSIDAD DE UNA EMULSION EN FUN---
SION DE LA TEMPERATURA.

Homogeneidad.

Las emulsiones están constituidas por glóbulos de asfalto cuyo diámetro varía entre 1 y 5 micras. Una cierta proporción de glóbulos inferiores a 1 micra, está animada de movimientos Brownianos, lo que favorece para que el asfalto se mantenga en suspensión en el agua. Por el contrario los glóbulos superiores a 10 micras y con mayor razón, las partículas de ligante de mayores dimensiones, esféricas o no, presentan una clara tendencia a la sedimentación y -- por este hecho son susceptibles de obstruir las barras o las espreas de riego.

Una emulsión homogénea no debe, en ningún caso, contener partículas de ligante capaces de causar incidentes o irregularidades durante su aplicación.

Estabilidad al Almacenamiento.

La estabilidad caracteriza la aptitud de una emulsión para resistir el almacenamiento, aún prolongado, sin separación de sus componentes.

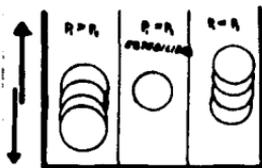
La velocidad de sedimentación V , está regida por la ley de Stokes.

$$V = \frac{2}{9} g \frac{r^2 (\psi_1 - \psi_2)}{\eta}$$

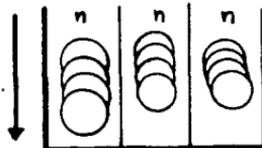
Esta velocidad es proporcional a la diferencia $\gamma_1 - \gamma_2$, entre la densidad de la fase dispersa asfalto y la fase dispersante agua, así como del cuadrado del radio de los globulos de asfalto e inversamente proporcional a la viscosidad de la fase acuosa.

Se ve pues, que para obtener una estabilidad satisfactoria al almacenamiento, es decir, una decantación en la parte superior y una sedimentación en la parte inferior, lo más reducidas posible, es necesario que la densidad de los componentes, sea un poco diferentes. Esto explica la mejor estabilidad obtenida con asfaltos de penetraciones ---- 180/220 comparada con la que se obtiene con asfaltos más duros 80/100 ó 40/50. La densidad de los asfaltos es, en --- efecto, inversamente proporcional a la penetración.

VELOCIDAD DE SEDIMENTACION

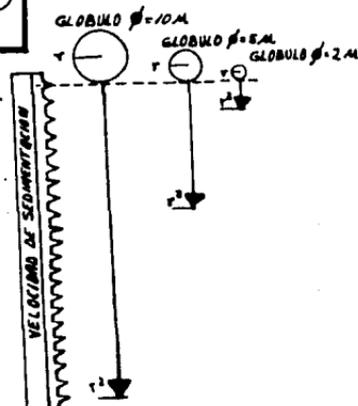


b) Proporcional a la diferencia de densidades.



c) Inversamente proporcional a la viscosidad de la fase dispersante.

a) Proporcional al cuadrado del radio de los globulos.



Si la densidad de la fase acuosa llega a ser superior a la del ligante asfáltico, lo que ocurre con las emulsiones de asfaltos rebajados 0/1 y para penetraciones de 150/250, la velocidad cambia de signo y se produce una decantación en la parte inferior y sedimentación en la parte superior, fenómeno que toma el nombre de "cremado".

Para una misma densidad de los componentes, es lo que hacemos en las emulsiones de asfaltos rebajados de 400/600, la estabilidad es tal, que aún emulsiones mal dispersas, se comportan de una forma muy satisfactoria al almacenamiento. A pesar del interés que se tiene para combinar estos parámetros, la realización práctica es delicada. Rara vez se recurre a esta posibilidad, pues es, en efecto, difícil, influir en la densidad del ligante, sin modificar su penetración y, si el aumento de la densidad de la fase acuosa, por adición de sal soluble o por mezcla con líquidos de densidad elevada, solubles en el agua, no presenta ninguna dificultad especial, es necesario sin embargo, tener en cuenta la influencia de estos aditivos sobre las características restantes o sobre los componentes de la emulsión.

La modificación y en el presente caso, el aumento de la viscosidad de la fase acuosa, permiten modificar eficazmente la estabilidad la almacenamiento. Es por ésto que la

adición de pequeñas cantidades de productos que se dilatan, produciendo un gel difuso parcialmente formado, que favorece la estabilidad de las emulsiones con el tiempo. La adición de estabilizantes, que producen efectos idénticos, mejora igualmente el comportamiento. Pero en este campo, también es necesario ser prudente con ciertos aditivos para -- evitar la alteración, algunas veces nefasta, sobre la velocidad de rompimiento de la emulsión y sobre la adhesividad.

Los esfuerzos para garantizar la dispersión, condujeron a la elección de fórmulas, naturaleza y potencia de los aparatos de dispersión, temperatura de los ligantes, todos estos factores capaces de influir en las dimensiones de los glóbulos de asfalto.

Los diámetros de los glóbulos de las emulsiones comunes están comprendidos generalmente entre 1 y 5 micras. -- Cuando se tiene más de 5 micras, la estabilidad no queda -- asegurada y arriba 10 micras, la resistencia al almacenamiento es muy aleatorio, a menos que las dos fases tengan -- la misma densidad.

Las emulsiones asfálticas contienen, en general, un cierto número de glóbulos de diámetro inferior a 1 micra, -- los cuales, animados de movimientos browniano, constituyen -- un elemento favorable a la estabilidad.

Una emulsión normal debe poder almacenarse sin riesgo durante varios meses y una simple agitación debe ser suficiente para volver a poner en suspensión los glóbulos de asfalto que se hubieren acumulado en el fondo de los tanques de almacenamiento. Es aconsejable, sin embargo, hasta donde sea posible, aplicar las emulsiones en un tiempo bastante corto, después de su fabricación, para no dar lugar a la formación de depósitos, lo que favorece el paso a través de los equipos de riego y de las espreas, evitando una reducción de la actividad, que presentan algunas veces ciertas emulsiones de un almacenamiento prolongado.

5.- FABRICACION DE LAS EMULSIONES.

Para la fabricación de las emulsiones se requiere de un sistema de recepción y almacenamiento de las materias primas que son: Cemento asfáltico, agua, emulsificante, neutralizante del emulsificante y los estabilizantes. Estas materias primas deben de cumplir las siguientes características.

1.- Cemento asfáltico puede llegar al lugar de fabricación mediante tambos, pipas, conducción directa a través de tuberías o algún otro sistema. Para poder almacenarlo y recibirlo se requiere de calentadores si la materia prima es cemento asfáltico es necesario verificarlo para poderlo-

vaciado o emulsificarlo mediante calentamiento para poderlo almacenar.

2.- El agua es muy importante durante la fabricación de la emulsión porque las características del agua que se utilice puede hacer variar la dosificación y los porcentajes, en función de que si es agua dura o si tiene determinado tipo de sales y también si tiene materia orgánica. Es importante conocer el tipo de agua que se utiliza en la fabricación de la emulsión.

3.- El emulsificante para el caso de las emulsiones catiónicas normalmente viene en forma líquida, en tanques. Su almacenamiento es sumamente fácil por su presentación en forma líquida. Es importante seleccionar los lotes de entrega y clasificarlos debidamente ya que su concentración puede variar de un lote a otro. Por lo que se debe conocer su variación en su concentración para poder dosificar correctamente. Ya que una cantidad en la dosificación puede dar emulsiones de una calidad aleatoria o variable, se debe tomar en cuenta el tipo y clasificación del emulsificante.

También se puede tener para una determinada zona las diaminas, triaminas. Es importante disponer de locales adecuados para la clasificación, identificación y selección del emulsificante ya sea en su tipo o concentración.

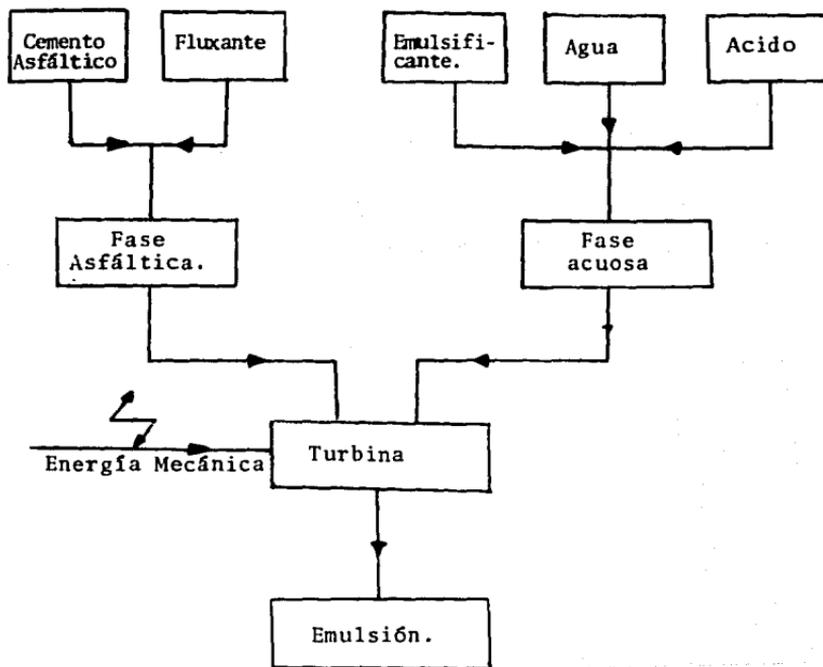
4.- Neutralizante. Es normalmente ácido clorhídrico para la fabricación de emulsiones catiónicas, es un material peligroso de manipular que normalmente viene en forma concentrada, es importante tener los dispositivos adecuados y seguros para su manipulación, sin riesgo del ácido clorhídrico.

Porque normalmente la fabricación, el ácido se utiliza en una concentración del 10 normal, también se debe conocer la concentración como material prima y los manipuleos que se deben de hacer para darle la concentración de fabricación.

5.- Electrolitos. Son materiales sólidos como sales que son fáciles de almacenar, pero se tiene que tener cuidado en cuanto a su elección para no confundirlos.

Se debe tener sistemas de fabricación ya sea para preparar la fase acuosa o para elevar la temperatura de los constituyentes de la emulsión, elementos para poder dosificar con la uniformidad y proporcionamientos deseados y para efectuar la emulsificación.

Con el esquema siguiente, que se muestra, los sistemas de fabricación de la emulsión.



Esquema teórico de la fabricación de una emulsión.

Procedimiento de Fabricación

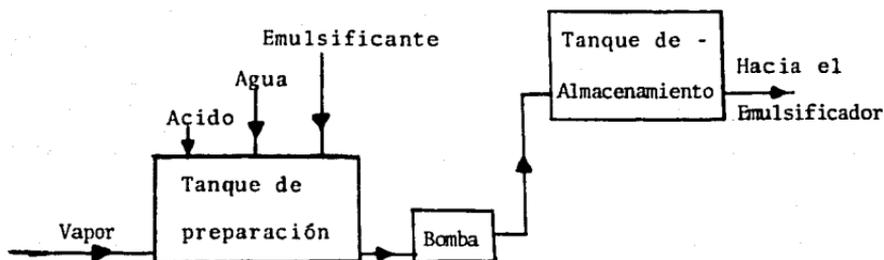
En el diagrama se muestra los procesos que se deben realizar para la fabricación de una emulsión. Donde se tiene en primer lugar las materias primas que son: El cemento asfáltico, fluxante, emulsificante, el agua, y el ácido.

Estas materias primas se trabajan en dos grupos para formar dos fases que son: La fase acuosa y la fase asfáltica. Que al unirse físicamente las dos fases, se obtiene la emulsión.

Preparación de la Fase Acuosa.

Hay dos maneras de preparar la fase acuosa que son: por medio de un tanque de preparación y la solución matriz.

1^o .- El tanque de preparación de la fase acuosa. -- Consiste en unir el emulsificante con el ácido y con una cantidad del agua adecuada para formar esa fase acuosa mediante las correctas cantidades de ácido que neutralice el emulsificante. Donde este proceso se realiza en el tanque de preparación donde se bomboea y se llega al tanque de almacenamiento de la fase acuosa y después entra a la turbina o molino coloidal. En el esquema siguiente se muestra el proceso de preparación de la fase acuosa.



Preparación directa de la fase acuosa.

2o.- Empleo de una solución matriz. Esta solución matriz consiste en colocar la cantidad requerida de ácido y emulsificante formar una pasta mediante la adición de una poca de agua y esta pasta se bombea o se hace pasar mediante un hidroyector a una fase acuosa donde se completa, la fase acuosa mediante la adición del agua complementaria.

Esta forma de preparar la fase acuosa es más conveniente ya que al presentar esta neutralización del emulsificante con ácido y con poca agua nos forma una pasta poco agresiva y eso es favorable porque dañan menos a los equipos mecánicos que utilizan para la fabricación de la emulsión.

Una vez que se tiene preparada la fase acuosa y la -

fase asfáltica entra en el emulsificador donde se tienen un control a la entrada para obtener una dosificación de las características deseadas.

Emulsificador puede ser:

Molino de aspas, molino coloidal, molino de muelas.-
Para romper la fase asfáltica y mezclar con la fase acuosa y darle las características eléctricas y de acidez de la fase acuosa que se desea.

Con el tamaño del glóbulo de asfalto se puede formular la emulsión.

Molino de Aspas.

En el caso de un molino de aspas tiene unas paletas, - que según la separación de estas será el tamaño del glóbulo de asfalto que se obtienen.

Es importante en esta fase seleccionar la velocidad - al cual las paletas o rotor van a estar girando para dar el tamaño de la partícula. Ya que con una velocidad demasiado baja la sucesión de tamaños es muy irregular y que da una - emulsión de calidad dudosa, si se tienen una velocidad dema - sidado alta en el molino coloidal, entonces la partícula --

puede formarse también fina que da una emulsión de un sólo tamaño que para fines prácticos es indeseado obtener. Normalmente la velocidad en que andan estos molinos es de 3000 a 7000 r/min., pero depende del equipo que se este usando y de las características de la emulsión es importante saber seleccionar el tipo de molino y la velocidad de lestatador.

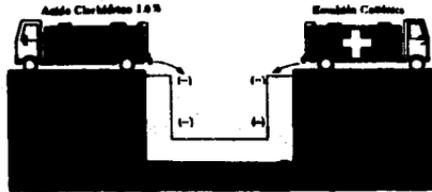
6.- ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de emulsiones puede hacerse en fosas, tanques enterrados, a nivel, etc. Las únicas precauciones que se deben tomar son las siguientes: Los depósitos deben estar libres de grandes natas de otros productos asfálticos, y no contaminados con materiales extraños o emulsiones diferentes a la que se va a almacenar. Cuando se hayan almacenado emulsiones en un tanque, se debe identificar el tipo de emulsión existente.

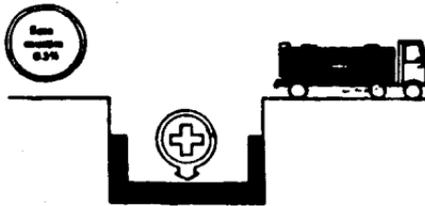
Si contuvo emulsión aniónica y se va a almacenar emulsión catiónica, será necesario neutralizar la acción de aquella lavando el tanque; primero con agua y posteriormente con ácido clorhídrico diluido al uno por ciento.

En caso contrario, cuando se trata de almacenar emulsión aniónica, pero el tanque ha sido utilizado con emulsión catiónica, se tendrá que lavar con agua y neutralizar-

lo con sosa cáustica al 0.3 por ciento.

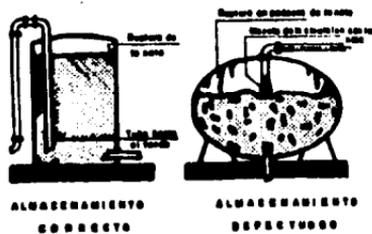


Forma de Neutralizar la Acción de Residuos de una Emulsión Aniónica en un Tanque.



Forma de Neutralizar la Acción de Residuos de una Emulsión Carbónica en un Tanque.

....



Instalación Correcta e Incorrecta de un Tanque para Almacenar Emulsiones.

Durante la construcción en el campo, no es posible - tomar todas las precauciones que se deben para lograr un ma nejo adecuado, de acuerdo a lo que señalará en seguida: La- figura anterior indica el llenado correcto de un tanque. - Para descargar más emulsión sobre la ya almacenada, es nece sario que el tubo de descarga llegue al fondo para no rom-- per la nata de la superficie. De otra forma, se corre el - riesgo de obstruir las bombas. .

Las bombas que se emplean pueden ser de engranes o - centrífugas, cubiertas de aproxi o nylon, todo dependerá de la viscosidad que tengan las emulsiones. Cuando son muy -- viscosas, ocasionalmente se les puede calentar ligeramente- a no más de 40 grados centígrados, pues se corre el riesgo- de afectar su estabilidad química y causar su rompimiento.

En algunos casos especiales, cuando el laboratorio - vigila muy estrictamente la calidad de la emulsión, se toma rán muestras de cada envío que salga de la fábrica.

La toma de muestras de un camión o carro-tanque cuan do se esté cargando se realizará en diferentes tiempos de - la carga y finalmente se hará una muestra integral. La --- emulsión se pasará por el tamiz número 20 y se envasará en- botellas perfectamente limpias y tratadas con el jabón de - la misma emulsión que se va a envasar. Se pondrá toda la -

información posible para su indentificación.

Se dará muestra de un litro sellada al transportista y otra idéntica se guardará en la fábrica hasta que haya si do aceptada y aplicada la emulsión por el constructor.

Un caso muy particular es, cuando se presentan tempe raturas muy bajas capaces de congelar la emulsión parcial o totalmente; dando como resultado el rompimiento de ésta en los tanques de almacenamiento y aún en algunos casos ya --- aplicada y rota parcialmente. Las precauciones que se de-- ben tomar son obvias, puesto que es conocido que el agua co mienza a congelarse a los 4 grados centígrados y la emul--- sión, al contener agua en su composición, queda expuesta a este riesgo.

Cuando una fábrica o compañía está establecida perma nentemente en una región donde se registran temperaturas -- muy bajas, los tanques deben tener un sistema de calenta--- miento adecuado o estar cubiertos con algún sistema aislante, para evitar la congelación.

Cuando los tanques de almacenamiento sean los que -- usa una compañía constructora en el campo de trabajo. Los depósitos se protegerán con mechones alrededor, lo que será suficiente para evitar que baje la temperatura. Si los tan

ques están enterrados, no hay necesidad de tomar otra medida para evitar la congelación.

C A P I T U L O I I I

SU APLICACION EN LOS PAVIMENTOS.

1.- TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Este tipo de construcción en un pavimento puede servir de impregnación, de liga o sello. Los primeros dos tipos de tratamientos son muy conocidos y no existe problema específico en su aplicación.

Dentro de los tratamientos superficiales de sello están los riegos negros o taponeamientos, tratamientos de un riego de gravilla o varios riegos y el de "slurry seal" o montero asfáltico. Estos últimos tratamientos serán explicados lo más ampliamente posible. Los tratamientos de uno o varios riegos de gravilla y el de mortero, requieren la explicación de sus respectivos diseños y pruebas.

Cada país tiene sus propios métodos de diseño y de prueba, por lo que se mencionarán los más ampliamente difun

dados. Asimismo, se explicará el propuesto por la S.A.H.O. P. para cada uno de los casos, con algunas modificaciones - que se podrán aplicar para este diseño.

2.- RIEGO DE IMPREGNACIÓN

A este término en la construcción se le conoce también como riego de penetración. Su objetivo es el de proteger la base hidráulica de la lluvia y del tránsito normal de vehículos ligeros durante la construcción. Además, sirve como zona de transición entre la base hidráulica y la capa asfáltica siguiente. De esta manera, el riego de liga tiene una superficie afín para asegurar el anclaje de la capa siguiente.

Este tratamiento se ha hecho hasta con ligantes asfálticos del tipo fraguado medio, que contiene solventes poco volátiles, en porcentajes del 40 al 45 por ciento con respecto al volumen total, lo que les da la posibilidad de tener baja viscosidad. El riego de estos productos se hace por medio de una petrolizadora en cantidades de 1.5 l/m^2 a fin de que el producto penetre en la superficie, ayudando por su baja viscosidad. Antes de efectuarlo eventualmente se recomienda realizar un riego de agua en muy pequeña cantidad por metro cuadrado, para romper la tensión superficial que presenta el polvo adherido o acumulado en la super

ficie y ayuda al mojado del producto asfáltico.

Aunque esto también se hace con emulsiones diluidas que contienen solventes, no se han obtenido los resultados deseados, porque forzosamente se tienen que emplear emulsiones de rebajados asfálticos de fraguado medio.

En casos difíciles de penetración con emulsiones, se recurre a la ayuda de los métodos de construcción. Un recurso es el de escarificar superficialmente la base a trabajar y hacer un riego de emulsión con solventes que ayuden al mojado del material. También puede hacerse diluyendo la emulsión a 30 ó 40 por ciento de residuo final, lo que hará abatir la tensión superficial de los materiales finos por tratar. Realizada esta operación, debe dejarse hasta el siguiente día para poder compactar. Este método de trabajo se practica en Arizona, Estados Unidos, con buen éxito.

Se acostumbra proteger con un riego de arena como poreo, para evitar que el tránsito deteriore al trabajo. En el peor de los casos, puede producirse un pequeño calavereo, muy fácil de reparar.

Para este tratamiento no hay propiamente un diseño, sino la simple recomendación de que debe penetrar de 2 a 4 milímetros.

RIEGO NEGRO O RIEGO DE IMPRIMACION.

Este tipo de tratamientos se realizan sobre superficies envejecidas, oxidadas, agrietadas o poco falladas. Se emplea como paliativo y no como solución de falla, cuando se quiere alargar la vida de la superficie; mientras se hace la reparación apropiada.

El ligante que se emplea en este caso, es una emulsión de cemento asfáltico puro, diluida cercana al 25 por ciento de residuo. Este se logra agregando 2 litros de agua a un litro de emulsión que contiene de 60 a 65 por ciento de residuo.

Esto significa:

$$\text{(Cemento asfáltico \% r} = \frac{0.625}{2.375} \times 100 = 26 \%$$

Con esta dilución habrá una baja viscosidad que ayudará a la emulsión a penetrar en las grietas y los poros abiertos. En ocasiones, se busca que el residuo sea más blando (180-220) o que contenga algún tipo de latex que ayude a mejorar su adherencia y mejore su plasticidad.

3. RIEGO DE LIGA.

Es un tratamiento superficial para unir capas; sea -

una base hidráulica con una capa asfáltica o una capa asfáltica con otra del mismo tipo. Las cantidades de acuerdo con la superficie por tratar; mientras más porosas, mayor será la cantidad que se debe emplear.

Generalmente, el riego de liga se hace casi en el momento de realizar el tendido de la capa asfáltica. Cuando hay superficies muy secas y polvosas, es necesario barrer correctamente y dar un ligero riego de agua para romper la tensión superficial.

El ligante que se emplea en una emulsión de rompimiento rápido catiónica RR-C, con una proporción de 3 a 5 por ciento de solvente del mismo tipo al empleado en los rebajados de fraguado rápido. Esto dará al riego de liga aún mayor tiempo con propiedades plásticas y adherentes, a pesar de que la emulsión haya roto.

En algunas ocasiones y muy especialmente cuando se trata de superficies calizas, este riego puede hacerse con una emulsión de rompimiento rápido aniónico (RR-A), puede substituirse por una catiónica, diseñándola para que contenga ácido naftánico o algún tall-oil que mejore su adherencia, activa con los materiales alcalinos. Para este caso, el aplicador debe pedir al productor el diseño de la emulsión más adecuada, ya que no se trata de una emulsión comer

cial. Generalmente, se tiene la idea que la modificación a la emulsión no es necesaria, se ha visto que esta práctica es adecuada y asegura los resultados.

Las cantidades de ligante que se recomiendan varían de 0.8 a 1.0 l/m², siempre en relación con el tipo de superficie sobre la cual se va a aplicar.

Las superficies porosas, de granulometría abierta, etc., puede tener una mayor absorción que las muy cerradas y ricas en asfalto. No hay un verdadero diseño para realizar este tipo de tratamientos, sino recomendaciones basadas en la experiencia.

4. CAPAS DE SELLO DE UN SOLO RIEGO DE GRAVILLA Y RIEGOS MÚLTIPLES.

Este tipo de tratamiento sirve para proteger y sellar la superficie de un pavimento, sea sobre base hidráulica, base negra o carpeta.

Las funciones de este tipo de riego son las de proporcionar:

- Protección para la estructura del pavimento.
- Una capa impermeable y que tome algunos esfuerzos tangenciales de aceleración y frenaje.

- Una capa de rodamiento con rugosidad.

Para estos casos, los métodos no están aceptados oficialmente en México, pero se mencionarán los empleados para diseñar tratamientos superficiales con gravilla. La descripción incluirá los métodos más difundidos, dando ejemplos de cálculo.

En los métodos de diseño para los tratamientos de un solo riego también aparece el de riegos múltiples (dos y tres capas). Se abordará este tema en el mismo capítulo, aun cuando se trate de dos o tres capas (ligantegravilla) que forma una cierta estructura. Estas si toman y transmiten cargas al resto del pavimento.

Debido a la multiplicidad de criterios de países, empresas aplicadoras, laboratorios oficiales y privados, etc. más adelante se habla de los métodos principales, y se describe el más aceptado entre los diseñadores. Al hablar de los tratamientos con gravilla, se incluirá el método de construcción propuesto por el Instituto del Asfalto de Estados Unidos, una recopilación de métodos y opiniones de varios autores como F.M. Hanson, de Nueva Zelanda; Mc Leod, Kearby y técnicos del Highway Research Board.

Las traducciones de varios artículos y trabajos cono

cidos en México, se han difundido en un círculo muy cerrado y muy pocas veces entre los ingenieros de campo, quienes realmente tienen que resolver los problemas. Los estudios más recientes sobre este tema fueron presentados por el Doctor Mc. Leod, a través de la Asociación de Fabricantes de Emulsiones (A.E.M.A.) en 1975 y la Administración Francesa por medio de su publicación Bulletin de Liaison No. 72 de julio - agosto de 1974, el Doctor Mc Leod ya tenía una publicación sobre tratamientos superficiales con gravilla, empleando rebajados asfálticos (F.R.) como ligantes. En este nuevo trabajo, se hace una traducción del idioma de los rebajados al de las emulsiones.

Como proyecto, el diseño es solo una aproximación basada en la especificación de la granulometría y los valores estimados de otros factores significativos. Esta etapa pretende llegar solamente a la licitación y poder estimar las cantidades para los diferentes conceptos involucrados. Es importante que la planificación y las especificaciones destaquen claramente esta circunstancia.

En la etapa de construcción, los materiales existentes que vaya a emplearse en el trabajo deberán estar disponibles para las pruebas requeridas por el método de diseño, las especificaciones y la dotación de los materiales involucrados. El método de diseño presentado aquí está basado en-

estudios hechos por F.M. Hanson de Nueva Zelanda y modificaciones hechas por ingenieros de Estados Unidos, Canadá y -- Australia.

El Método Hanson incluye los siguientes principios.

1) Cuando se deja caer un agregado de un solo tamaño por el esparcidor sobre la película afáltica, las partículas quedan tendidas irregularmente y los vacíos entre estas son aproximadamente el 50 por ciento del volumen total de la carpeta.

2) Al realizar el planchado, los agregados se acomodan y los vacíos se reducen al 30 por ciento.

3) Tras soportar el tránsito durante un tiempo, las partículas se colocan dentro de su posición más densa, tendidas en su lado más plano y los vacíos llegan a reducirse aproximadamente a un 20 por ciento.

4) Puesto que las partículas se tienden sobre un lado más plano, el espesor promedio del tratamiento superficial está determinado por el promedio de la dimensión mínima de las partículas del agregado Hanson se refiere a esto como dimensión mínima de la partícula del agregado tendido.

5) La dimensión mínima promedio de un material apro-

ximadamente del mismo tamaño, puede determinarse al calibrar un numeroso grupo de partículas del agregado, usando un escantillón o cribas de muestas.

6) Tan pronto como se conozca la dimensión mínima del agregado podrá calcularse el número de metros cuadrados cubiertos por cada metro cúbico de material. Por lo tanto, se podrá determinar la cantidad de agregado requerido para cada trabajo.

7) La dimensión mínima promedio del agregado también es la base para determinar la cantidad de ligante que debe usarse en un tratamiento determinado.

8) Para lograr un buen comportamiento, el ligante deberá llenar el 70 por ciento del 20 por ciento de los espacios vacíos (Véase el punto 3), si el volumen de tránsito es bajo. Sin embargo, el ligante no deberá llenar más del 60 por ciento del 20 por ciento de vacíos si el tránsito es alto.

Al escoger el tamaño de los agregados en un proyecto el ingeniero suele guiarse por su experiencia y preferencias. Sin embargo, no deben ignorarse ciertos factores, incluso el propósito del tratamiento superficial y la condición de la superficie de la carpeta o base.

Es bien conocido que mientras más grande sea el agregado o la variación entre los tamaños de las partículas individuales sea mayor; más intenso será el ruido que produzcan las ruedas de los vehículos. Es también probable que -- las partículas más grandes sean más fácilmente desprendidas del pavimento por los vehículos. El agregado fino, por otra parte, es más sensible a pequeñas variaciones del contenido de asfalto; tiende a formar acumulación de partículas finas estando más expuesto a la ondulación bajo los efectos del tránsito. Para obtener mejores resultados, el agregado debe tener entre 12.7 y 6.3 mm. de diámetro (de 1/2 y 1/4 de -- pulgada). Generalmente, la relación de tamaño de máximo a mínimo para tratamientos superficiales, deberá ser de 2 a 1 con una razonable tolerancia de tamaños más grandes y más pequeños de partículas, tanto como lo permita la producción económica del agregado.

El producto asfáltico usado para un tratamiento superficial debe ser una emulsión suficientemente fluida cuando se riegue, para poder mojar el agregado y la superficie de la carpeta o de la base. Asimismo, para que después pueda desarrollar en corto tiempo la adhesividad activa y suficiente viscosidad para anclar el agregado a la temperatura ambiente de la carpeta o de la base. El asfalto, la superficie del camino y el agregado, deberán ser afines entre sí - para poder resistir la acción del agua y por otra parte pa-

ra resistir la acción, el ligante no deberá volverse quebradizo.

Hay otras cualidades que son importantes, pero un asfalto que reuna estos requisitos generalmente tendrá las otras propiedades deseables.

Un método más rápido para determinar la dimensión mínima promedio de un agregado empleado en un tratamiento superficial, fue desarrollado en Australia. Primero se hace un análisis granulométrico con mallas de agujeros cuadrados y el resultado será dibujado en una gráfica granulométrica. El tamaño del material que pase del 50% expresado en milímetros o pulgadas determinando en la curva, será el tamaño medio del agregado.

Cada tamaño que pase por la malla y sea retenido por las siguientes, se tomará como un tamaño mínimo (en números redondos). Se probará entonces, partícula por partícula en una malla apropiada de meucas, con el objeto de determinar el índice laminar. El tamaño medio y el índice laminar, se usan para determinar la dimensión mínima promedio.

Módulo de esparcimiento. El uso del agregado de un solo tamaño es, en determinados casos, muy costoso. La experiencia ha demostrado que puede establecerse una tolerancia

mediante la cual se permita una cantidad pequeña de partículas de tamaños más grandes y más pequeños. Esto requiere un ajuste en la velocidad de esparcimiento y un método diferente de cálculo a causa de que el uso de la dimensión mínima-promedio, determinada por la medición directa, no es factible hacerlo con las partículas de tamaños pequeños.

Se han obtenido correlaciones satisfactorias entre el tamaño medio de la partícula y el volumen suelto del agregado que se requiere, para producir una carpeta con un espesor de una sola partícula.

El diámetro medio de la partícula ha sido calculado como el promedio ponderado de los diámetros de las partículas que forman el agregado pétreo usado en el tratamiento superficial. Para calcularlo, se procederá como sigue: en la curva granulométrica del material, se determinará el diámetro de la partícula del material que pasa los siguientes porcentajes: 100, 80, 20 y 0. El material comprendido entre los porcentajes 100 y 80 se denomina el tamaño mayor, el tamaño intermedio se considera el material entre los porcentajes 80 y 20 y el tamaño menor se considera el material comprendido entre los porcentajes 20 y 0. Si llamamos:

a: el tamaño del material que pasa el 100 por ciento expresado en pulgadas.

b: el tamaño del material que pasa el 80 por ciento - expresado en pulgadas.

c: el tamaño del material que pasa el 20 por ciento - expresado en pulgadas.

d: el tamaño del material que pasa el 0 por ciento - en pulgadas.

M: el módulo de esparcimiento del diámetro ponderado de la partícula, se tendrá:

$$M = 1/2 (a+b) 0.20 + 1/2 (b+c) 0.60 + 1/2 (c+d) 0.20$$

o sea:

$$M: 0.10 (a+b) + 0.30 + (b+c) + 0.10 (c+d).$$

El diámetro medio de la partícula, calculado de esta manera ha sido llamado módulo de esparcimiento.

El volumen de tránsito es una variable que deberá ser considerada cuando se determine la cantidad del asfalto necesario para el tratamiento superficial, a menos que haga un ajuste en la cantidad de asfalto con relación al volumen de tránsito, puede resultar un llorado de la carpeta cuando esté sujeta a un tránsito pesado o que los vacíos no deban ser llenados superficialmente para obtener un buen comportamiento bajo un tránsito ligero.

5. TRATAMIENTOS DE RIEGOS MÚLTIPLES.

Un tratamiento de dos o más riegos da una capa de ro

damiento más gruesa que aquella proporcionada por tratamiento sencillo.

El tamaño del agregado varía según el riego de que se trata. El tamaño del agregado más grande se emplea en la primera capa y va disminuyendo de acuerdo con el acabado final que se le quiera dar. La relación entre el material asfáltico y el agregado para estos tratamientos superficiales es sumamente compleja.

El agregado para tratamientos múltiples es seleccionado para que siga una relación de 2:1 entre capas subsecuentes. Por ejemplo un doble tratamiento superficial puede utilizar agregados de 24.5 mm a 12.7 mm. (1 a 1/2 pulgada), para la primera capa y 12.7 mm. a 6.35 mm (1/2 a 1/4 pulgada) para la segunda. Si se adiciona una tercera capa, entonces los tamaños siguientes serán de 6.35 mm. a 3.18 mm (1/4 a 1/8 pulgada).

Aunque limitados, se han hecho estudios que señalan que cantidad de asfalto es la correcta para los tratamientos múltiples. En el caso de un tratamiento de dos riegos, la cantidad de asfalto total necesaria es de 130% a 140% -- del requerido por el tratamiento sencillo, que se ha calculado anteriormente.

Cuando se trata de un tratamiento de varios riegos,

existen distintos criterios para diseñar la cantidad de li-
gante que lleva cada capa. Una forma de considerar este di-
seño, es la de aplicar un factor de 60% más al calculado --
para una capa y después dejar el 60% del total obtenido pa-
ra el primer riego y el 40% para el segundo.

Ejemplo:

$$\% \text{ Vol. asf. un riego} = 1.95 \text{ l/m}^2$$

$$\therefore 1.95 \times 0.60 = 1.17 \text{ l/m}^2$$

$$\% \text{ Vol. asf. total} = 1.17 + 1.95 = 3.12 \text{ l/m}^2$$

de aquí tenemos:

$$1er. \text{ riego } 3.12 \times 0.60 = 1.87 \text{ l/m}^2$$

$$2o. \text{ riego } 3.12 \times 0.40 = 1.25 \text{ l/m}^2.$$

6. METODOS DE CONSTRUCCION.

Con frecuencia, una gran parte de fallas o deficien-
cias en el funcionamiento de estos tratamientos superficia-
les, pueden atribuirse a la inadecuada selección y condicio-
nes del equipo y a malas técnicas de construcción. Varios -
ingenieros especializados han estudiado este asunto y han -
propuesto diversos procedimientos de construcción para ven-
cer un gran número de problemas. Sin embargo, hay una se---
cencia operativa establecida bastante satisfactoria en la -
ejecución de los riegos de sello con gravilla, que es sensi

blemente la misma en la mayoría de las áreas. Podrían presentarse algunas variantes en estas operaciones originadas por experiencias locales, condiciones climáticas, material, etc.

Los pasos que normalmente se siguen en la construcción de riegos de sello con gravilla se describirán a continuación.

a) La superficie sobre la cual va a ser aplicado un tratamiento superficial, debe limpiarse y generalmente, repararse antes de que se de cualquier riego de asfalto.

El bacheo es una operación esencial en las superficies llenas de agujeros y depresiones que muestran movimientos de la base, agrietamientos serie o "llorado" fuerte, debido al asfalto, a la superficie.

Si no son corregidas estas fallas, el tratamiento superficial siempre se perderá bajo la acción del tránsito. La reparación de tales irregularidades se lleva a cabo, renovando todo el material suelto y defectuoso a suficiente profundidad y reemplazandolo con una mezcla conveniente de bacheo o con material de base. El material que se coloque con éste propósito deberá ser compactado a su máximo, de tal modo que se produzca una superficie cerrada que se ajuste

te a los niveles de las áreas adyacentes. Cualquier ondulación o protuberancia que reduzca la calidad de manejo en el pavimento deberá eliminarse por medios tales como discos, -motoconformadoras, etc., dependiendo del tipo de la superficie sudyacente.

Para tener un buen anclaje sobre la superficie adyacente y el tratamiento superficial, aquella deberá estar libre de material extraño suelto, tal como arena, arcilla, -- polvo o basura. La hoja de árboles deberán barrerse de la - superficie. Para remover los materiales extraños, generalmente se usan barredoras mecanicas rotatorias, (en algunos-casos, las operaciones de limpieza se han llevado a cabo lavando la superficie con agua) si no se dispone de barredo--rras mecanicas los materiales extraños pueden ser removidos--mediante escobas de mano, pala y picos, si fuere necesario El barrido se hace a todo lo ancho del pavimento.

b) La viscosidad o la trajabilidad del ligante asfál tico al momento de su aplicación es un factor fundamental - en su distribución sobre la superfie por tratar. Los rangos de viscosidad sugiere por diferentes Departamentos de Camio nes, no concuerdan. La viscosidad más baja, que fluctúa entre 15 a 25 seg. "Saybolt furol", se ha usado en Victoria, -Australia, con resultados satisfactorios. Sin embargo, en - Estados Unidos las viscosidades "Saybolt Furol" en los ran

gos de entre 25 a 100 y 25 a 50 seg., han sido recomendadas por el Instituto del Asfalto y por Mc. Liord, respectivamente. Kearby y otros autores han seguido que el ligante debe aplicarse con una viscosidad de 40 a 60 segundos "Saybolt - Furol" en los rangos de entre 25 a 100 y 25 a 50 seg., han sido recomendadas por el Instituto de Asfalto y por Mc. --- Leod, respectivamente. Kearby y otros autores han sugerido que el ligante debe aplicarse con una viscosidad de 40 a 60 segundos "Saybolt Furol".

Antes de que el ligante asfáltico se aplique sobre la superficie preparada, deberá determinarse la longitud del riego máximo autorizado. El conocimiento de esta longitud es importante para la colocación subsecuente del agregado en forma adecuada y obtener el funcionamiento deseable de la superficie. Si la longitud es muy corta, la eficiencia en la colocación se pierde. Si la longitud es demasiado larga, el ligante puede romper antes de colocarse del agregado y ser la causa de una pobre adherencia entre el pétreo y el ligante. En cualquiera de los casos, el resultado es un costo extra en la construcción.

La longitud del riego variará dependiendo de:

- el tipo de ligante asfáltico que se use.
- las condiciones la base,

- las condiciones climáticas.,
- la habilidad del contratista de proveer los materiales pétreos requerido, el equipo para lograr un espaciado uniforme del material y el adecuado planchado del agregado.

A menudo, se producen bordos y superficies "lloradas" cuando los riegos sucesivos no se aplican adecuadamente. Para evitar las juntas transversales causadas por el traslape del riego de asfalto en las juntas de dos aplicaciones, el riego de asfalto deberá principiar sobre una tira de papel manila o su equivalente de 90 cm. de ancho, colocada transversalmente respecto del pavimento. Mediante esta medida, no solamente puede lograrse que el riego no se traslape, sino que también cualquier aplicación no uniforme del ligante al arrancar o frenar cae sobre el papel, que debe quitarse posteriormente. Al final del riego, en lugar de papel algunas veces se colocan charolas abajo de las espresas para evitar que el asfalto gotee en el pavimento. Cuando el riego asfáltico se aplica en dos o más franjas longitudinales, cada una traslapa con la anterior la mitad del ancho de la espresa de la boquilla extrema. Si el riego asfáltico no puede ser aplicado en todo el ancho de un camino de dos carriles, deberá fijarse un aditamiento especial que sirva de guía a la petrolizadora, para dirigirla a lo largo de una línea recta que marque la línea-

divisoria del camino.

Para asegurar el mejor funcionamiento, las petrolizadoras que se usen en la construcción de riegos de sello independientemente de su fabricación o modelo, estarán equipadas con instrumentos que deberá estar convenientemente ajustados, además de contar con una operación adecuada.

El abanico ideal debe poseer uniformidad en la distribución del ligante asfáltico, lo que solamente puede lograrse cuando éste es bombeado bajo la presión y velocidad apropiadas. Las bombas del tipo de desplazamiento positivo son las más adecuadas para el asfalto, ya que se garantiza su distribución uniforme en la barra aplicadora en cualquier momento, independientemente de la carga o volumen del material que quede en el tanque. Nunca deberá usarse bombas centrífugas porque el material bombeado a la barra regadora varía con la carga en el tanque y la cantidad distribuida decrece al final del riego.

Las petrolizadoras deberán estar equipadas ya sea con un manómetro o con un tacómetro en la bomba, para regular el gasto de distribución de acuerdo con la presión o velocidad correcta de la propia bomba. Algunas petrolizadoras están equipadas con válvulas reguladoras de presión en lugar de los manómetros y son controladas por el operador.

El asfalto es enviado a la barra con espreas bajo la presión constante adecuada a través de la barra. Para asegurar una presión uniforme en las espreas, es igual utilizar una barra aplicadora de circulo cerrado. Con el fin de lograr arranques y frenados limpios y uniformes, sin goteo, se utilizan válvulas de cierre rápido que controlan la salida del ligante. La altura de la barra regadora sobre la superficie de la carretera, debe ajustarse para proveer el traslape deseado de las boquillas de aplicación. Si el ajuste es inadecuado, hay peligro de producir un "rayado" que se traducirá en "llorada" o en pérdida de material. La altura de la barra regadora deberá permanecer constante y paralela a la superficie a través de todo el riego. Sin embargo, en la operación real, esta altura algunas veces varía debido a la deflexión de las muelles a medida que la carga va siendo vaciada. Para limitar esas variaciones a más o menos 5 a 7 mm., se usan ya sea muelles más rígidas o se une directamente el tanque al eje durante la descarga. Este ajuste puede también lograrse reduciendo la carga de cada riego, de manera de provocar una deflexión inapreciable.

Si todo el ancho de un pavimento de dos carriles va a ser regado, cada boquilla de la barra deberá estar a igual distancia del pavimento. Así pues, la barra regadora deberá ajustarse para que se acomode a la corona del pavi-

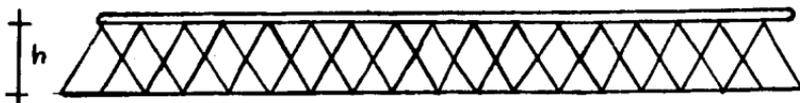
mento. Para cubrir la superficie con la cantidad adecuada de asfalto, la altura de la barra deberá ajustarse para dar un traslape de dos a tres espreas para poder obtener esa doble distribución del empalme, se cierra alternativamente cada boquilla y el material se riega a la presión adecuada de la bomba. La altura a la cual el riego forma un simple --- traslape, es la altura requerida para formar un doble traslape cuando todas las boquillas están abiertas. Levantando la barra cerca de un 50% más, se obtiene el traslape triple.

Las espreas se seleccionan con las aberturas de tamaño adecuado para proveer la cantidad deseada de asfalto en la aplicación. Hay varios tipos y tamaños de espreas que pueden usarse para obtener diferentes salidas de descarga. La esprea para todo uso de 3.1 mm. se usa en máquinas para distribuir hasta 1.58 litros por metro cuadrado, mientras que las de 2.4 mm. y más grandes se usan para aplicaciones mas cargadas. Las espreas deberán colocarse en la barra regadora en el ángulo adecuado, para evitar interferencia con los abanicos del riego. El eje mayor orificio de la esprea, deberá ajustarse a un ángulo conveniente con respecto al -- eje longitudinal de la barra regadora. Este ángulo puede - variar aproximadamente de 15° a 30° para diferentes modelos de equipo. Cada vez que se haga un riego, las espreas deberán inspeccionarse minuciosamente. Cualquier esprea dañada o tapada, deberá ser limpiada o reemplazada antes de la ---

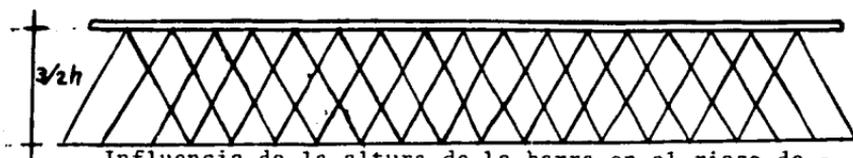
aplicación, de tal manera que se eviten riegos irregulares del ligante.

Para tener una verificación adecuada del gasto de -- distribución, cada petrolizadora deberá estar equipada con un tacometro que se opere sobre una quinta rueda que se desplace sobre el pavimento o sobre la rueda trasera. Puesto que para cada esprea hay solamente un gasto de descarga en el cual se obtiene la mejor distribución, la velocidad de la petrolizadora hacia adelante puede ajustarse para dar el gasto previsto. Para determinar las lecturas de las velocidades del tacometro del camión, un medidor de la bomba se coloca en relación algún factor de la longitud de la barra-regadora, en litros por minuto. Partiendo del gasto deseado de descarga, la velocidad del camión hacia adelante puede ser fácilmente calculada.

Como una medida adecuada para determinar la cantidad de ligante por aplicar en cada riego, el tanque de la petrolizadora deberá estar equipado con una regla de inmersión - marcada en ligros por centímetro de longitud. Leyendo la - lectura de la regla antes y después de cada riego, el gasto de distribución puede ser fácilmente verificado. Los tanques distribuidores también están equipados con uno o dos - termómetros adecuados para el rango de temperatura de operaciones. La lectura de las temperaturas deberá hacerse des-



Altura correcta de la barra-doble cubrimiento



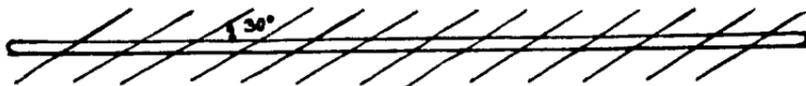
Influencia de la altura de la barra en el riego de -
asfalto

Influencia del ángulo de las espreas de descarga



Colocación incorrecta de las espreas

Angulo correcto para las espreas



Influencia del ángulo de la esprea de descarga

pués de que el ligante haya sido recirculada completamente en el tanque y su temperatura sea uniforme.

Algunos Departamentos de Carreteras y Administraciones, requieren las calibraciones y emiten un certificado como permiso para operarlas. El certificado es cancelado si se observan algunos defectos o mal funcionamiento en las partes o instrumentos de las petrolizadoras; algunos grupos han desarrollado y adoptado equipos especiales para la calibración de éstas. Generalmente, las petrolizadoras se desplazan sobre un área perfectamente nivelada y distribuyen el asfalto en una charola larga de acero, que esta dividida en compartimientos de 5.08 cm. de ancho. Mediante la verificación de la cantidad de asfalto en cada compartimiento después del riego, puede determinarse rápidamente si la petrolizadora está calibrada correctamente y si todas las partes están funcionando adecuadamente, si éstas están seriamente gastadas y pobremente ajustadas la petrolizadora puede requerir una reparación parcial o total, antes de que se pueden expedir el certificado.

Para obtener una buena adherencia entre el agregado-petreo y el ligante, aquél deberá distribuirse y compactarse antes de que el asfalto se endurezca. El tiempo límite para la colocación del agregado depende de los mismos factores que gobiernan la longitud del tiro y las condiciones climatológicas. No hay un método exacto para determinar este límite, por lo que deberá procederse de acuerdo a la experiencia del Ingeniero. En pavimentos muy anchos, donde

el ligante es aplicado en varias franjas longitudinales, la distribución del agregado se procura mantener de 5 a 10 centímetros separado del borde interior de la banda longitudinal, para permitir que las aplicaciones sucesivas del asfalto en la siguiente banda traslape ligeramente sin cubrir el pétreo esparcido. Por lo tanto, solamente una capa de agregado cubierto es esparcido en la junta longitudinal y el -- borde de la línea divisoria se elimina. Para evitar los -- bordes de las juntas transversales, el material pétreo se -- esparce sobre un papel que se coloca al principio y en el -- extremo de cada tramo de aplicación. Las cantidades esparcidas deberán ser verificadas mediante cálculo, utilizando el peso del agregado que se distribuye de los camiones y el área cubierta por éste.

Hay un buen número de esparcidores que se utilizan en la construcción de este tipo de tratamientos superficiales. Estos pueden clasificarse en tres grupos: Mecánicos, de compuerta trasera y de distribución contínua.

El esparcidor mecánico consiste en una tolva montada sobre ruedas, con un tornillo sinfín en el fondo para lo---grar uniformidad en el esparcido. En la operación, el es---parcidor se engancha en la parte posterior del camión que -- contiene el agregado y es empujado hacia atrás sobre la superficie regada.

Una abertura ajustable en el fondo del esparcidor se emplea para controlar el gasto de descarga. Este tipo es el más común y el menos costoso.

El distribuidor de compuerta trasera, que generalmente es controlado a mano, también se fija al extremo posterior del camión del material. El error humano es la operación manual de este tipo de esparcidor, es su principal desventaja.

El esparcidor continuo del tipo "Flaherty Spreadmaster", parece ser el mejor tipo que se ha desarrollado hasta la fecha; se emplea ampliamente en Estados Unidos y Europa.

Este esparcidor es una unidad motorizada autopropulsada, que recibe el agregado del camión transportador en una tolva y lo alimenta a la caja esparcidora, donde puede ser distribuido uniforme y continuamente. Esta caja esparcidora está equipada con un aparato especial que consiste en una criba que se localiza enfrente del rodillo, que fuerza a las partículas de agregado grueso a que caigan primero sobre el asfalto, permitiendo que las partículas finas que pasan a través de la criba, caigan sobre la parte superior del agregado grueso; cuenta con unas placas divisorias en la capa esparcidora. Cualquier ancho comprendido entre 0.60 y 3.95 metros puede ser cubierto satisfactoriamente --

por este equipo.

Aunque algunos grupos han sugerido que la superficie del agregado deberá ser rastreada antes de plancharse, esto no es recomendado como una buena práctica por la mayoría de las administraciones. El planchado deberá preceder a cualquier barrido mecánico u operación limpieza.

La selección del tipo de plancha metálica o compactador de llanta de hule, con frecuencia depende de las condiciones de la superficie y de la dureza del material pétreo. Es preferible utilizar los rodillos de llanta neumática sobre superficies viejas y ásperas o cuando se dispone de --- agregados suaves.

En tales casos, la primera fase del compactado se -- lleva a cabo mediante compactadores autopropulsados de llanta neumática y la segunda fase con aplanadoras. "Tandem" - de llanta de acero. Sin embargo, en pavimentos tersos, en donde la acción de "amasado" de las llantas neumáticas no - se requiere y en donde el agregado resiste satisfactoriamente el efecto de trituración, la primera fase del compactado se lleva a cabo con la aplanadora "Tandem" de llanta metálica y posteriormente, es seguida por los compactadores de -- llantas neumáticas. Por supuesto donde solamente se dispone de un solo tipo de aplanadora, la selección de ésta se -

basa en las condiciones del pavimento y del agregado. El compactador de llanta neumática generalmente se considera como el mejor para cualquier uso en la construcción de este tipo de riego superficial.

El agregado pétreo es planchado inmediatamente después de esparcirse con una aplanadora, ya sea "Tandem" de llanta de acero a una de llantas neumáticas, de no menos de 5 Ton, de peso. La operación se lleva a cabo principalmente en los bordes exteriores en una dirección longitudinal y procediendo hacia el interior, traslapando cada pasada en el ancho de media rueda de la llanta frental. La etapa de la primera fase deberá terminarse antes de media hora y deberá cubrir la totalidad de la superficie. Para la segunda fase de la operación de planchado, los compactadores neumáticos autopropulsados se usan frecuentemente y el planchado se continúa hasta que el asfalto ha desarrollado su adherencia. La velocidad de los compactadores no deberá exceder de aquella a la cual las llantas empiezan a levantar y botar el agregado.

Los compactadores neumáticos tirados por un tractor-agricola no se recomiendan, ya que las ruedas en las vueltas tienden a desalojar el agregado.

Muchos constructores emplean rastras de raíces entre la primera y segunda fase de las operaciones de planchado. - Esto se hace para ayudar a distribuir adecuadamente el agregado y también para permitir que las partículas mismas del petreo adquieran una orientación adecuada. Algunos Ingenieros sin embargo, no usan esta rastra porque consideran que esta operación desprende el agregado que ya ha tomado su lugar, el balance entre las desventajas y las ventajas, varía según las condiciones de trabajo y deberá ser considerado para cada situación en particular.

Después de que el planchado se termina, puede haber gravilla sobrante suelta en la superficie. Este material es la proci6n esparcida que no se adhirió a la película de ligante. Puede llegar a ser hasta de 10% de la cantidad total del material aplicado. El material suelto produce situaciones muy peligrosas; puede causar el rompimiento de parabrisas, "derrapones" y vuelcos, de tal suerte que deberá barse antes de que la carretera se abra el tránsito. Para recoger el material suelto se utilizan escobas giratorias o de otro tipo que barren el material suavemente, sin desprender el agregado ya adherido. La operación de barrido se lleva a cabo comúnmente un día después de que el planchado se ha llevado a efecto y cuando el ligante asfáltico está suficientemente duro, que usualmente es a las primeras horas del día, para evitar que cualesquiera de las partícu-

culas de agregado adheridas pueda desprenderse.

En superficies con riegos de sello reciente, el tránsito debe controlarse para evitar el desprendimiento de partículas. El material pétreo desprendido por el tránsito, aparte de ser una pérdida económica y una demostración de mal funcionamiento del riego, creará peligros al usuario. Es desde todos puntos deseable desviar el tránsito completamente, hasta que el riego haya endurecido suficientemente para mantener el agregado en su lugar. Sin embargo, si una desviación del tránsito no es posible la velocidad de éste deberá limitarse a 30 kilómetros por hora y, de ser posible, deberá ser controlado por un vehículo piloto. Los vehículos pilotos están generalmente equipados con señales a través de los tramos recientemente construidos. El período durante lo cual el control de tránsito debe ser obligatorio, depende enteramente de los factores externos que gobiernan el fraguado del ligante. Aún bajo condiciones de tiempo ideales, este período es por lo menos de media hora para emulsiones asfálticas. Este lapso deberá ampliarse cuando el tiempo es nublado y prevalecen bajas temperaturas o cuando se usan otros tipos de asfaltos.

Es necesario enfatizar que, para obtener resultados satisfactorios, debe realizarse una inspección cuidadosa en todos los pasos durante la construcción de este tipo de tra

tamientos superficiales. Deberá estar presente el sobrestante debidamente entrenado bajo la supervisión de un Ingeniero con amplia experiencia. Deberán inspeccionarse cuidadosamente cada uno de los aspectos de la construcción, para asegurarse que los requerimientos especificados se han logrado y que se han seguido los mejores procedimientos de construcción.

En la construcción de cualquier tipo de tratamiento superficial, el estado climatológico es uno de los factores más importantes, independientemente de los materiales utilizados. Deberá seleccionarse el período del año más adecuado para la construcción de manera que no se pueden presentar condiciones desfavorables de clima. Las condiciones ideales son tiempo seco caliente, en que no haya ninguna posibilidad de lluvias. La mayoría de los Ingenieros insisten en que bajo ninguna circunstancia debe llevarse a cabo la construcción de tratamientos superficiales cuando la temperatura ambiente está abajo de 18°C . Sin embargo, la temperatura de la superficie del pavimento es aún más importante que la temperatura ambiente y no debe ser menos de 15°C . en el momento del compactado. Puesto que la adherencia del agregado con el ligante asfáltico es afectada por la presencia del agua, el trabajo no deberá realizarse durante un período de lluvia o poco después de un aguacero, cuando el agregado en el almacenamiento está aún húmedo en exceso.

La construcción de riegos múltiples sirve para proporcionar superficies de textura tersa y de larga vida, o para proteger carpetas de inferior calidad en sus agregados. Los tratamientos de doble riego no son sino dos riegos de gravilla, contruidos uno sobre el otro con la variante de que deben utilizarse agregados de diferentes tamaños. Cuando se construyen carpetas o tratamientos de tres riegos, -- uno después de otro, se llama tratamiento de triple riego.

Antes de colocar cualquier capa adicional, el primer tratamiento deberá abrirse el tránsito por un cierto período de tiempo. Este permitirá que las partículas de agregado sean compactadas y reacomodadas completamente, de tal modo que adopten su posición final en el pavimento. Luego, la superficie se barre y se limpia preparándola para la construcción de las capas adicionales. La aplicación del ligante, es esparcido del agregado y las operaciones finales de planchado, se llevan a cabo de la misma manera como se han descrito para la construcción de los riegos de sello sencillos.

7.- ESTABILIDAD DE SUELOS

Los agregados pétreos para revestimientos, sub-bases y bases de un pavimento, son materiales seleccionados, que se emplean en la construcción de estas capas en un pavimen-

to; ya sea que se estabilicen o no, con un producto natural o elaborado.

La estabilización de los suelos para pavimentos, 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 carpeta.

Los suelos empleados en las estabilizaciones, son aquellos materiales pétreos que se estabilizan empleando métodos tales como:

Acción mecánica

Cementantes naturales

Productos asfálticos

Productos químicos

En términos generales, un suelo estabilizado puede ser empleado en la terracería (mejorada), sub-bases y bases, si cumple con las especificaciones establecidas para cada caso.

Como puede verse, todas las definiciones están de acuerdo en un punto: Los agregados pétreos para cada capa de terracería, sub-base y abase 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.

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

Cuando los materiales no poseen en forma natural cualidades correspondientes a las características mínimas requeridas para la capa donde está previsto emplearlos, es posible proporcionárseles, bien sea corrigiendo la granulometría, sea estabilizándolos con una emulsión asfáltica que posea las características adecuadas o efectuando simultáneamente los dos tipos de mejoramiento.

8.- MEZCLAS ASFALTICAS.

Las mezclas asfálticas son revolturas íntimas de un grado mineral con un ligante hidrocarbonado. Esta mezcla se

efectúa en un mezclador mecánico, más o menos con cierta antipicipación a su colocación en la carretera.

Los materiales mezclados con emulsión asfáltica, que constituyen una de las categorías de las mezclas llamadas "en frío" permiten la construcción de capas de base, de riegos de liga, o aún de capas de rodamiento. Se emplean también en carpetas continuas (revestimientos nuevos), o en empleos parciales de áreas reducidas (conservación de revestimientos antiguos).

Las mezclas tienen por objeto la ejecución de la carpeta que constituye las capas del pavimento, principalmente las capas superficiales. Las carpetas así construidas permiten:

- Por una parte, aumentar la resistencia de las es--
tructuras del pavimento;
- De otra parte si constituyen la carpeta, confieren
a la parte superior, directamente sometida a los -
esfuerzos del tránsito;
- Resistencia a los esfuerzos cortantes;
- Rugosidad;
- Impermeabilidad;
- En fin, por los procedimientos de colocación y la-
naturaleza del material, permiten efectuar un reni

velado de las carreteras antiguas que soportan a -
dichas capas.

Estas posibilidades diversas explican el desarrollo importante de esta técnica en el curso de los últimos años, especialmente en la construcción de capas de rodamiento. Para este caso, se añaden a las anteriores posibilidades, las ventajas con relación a la técnica de los tratamientos superficiales, de permitir la utilización de gravas de menor calidad, asegurar una dosificación más uniforme del ligante respecto al material pétreo y evitar el desprendimiento de gravas, en las horas siguientes a la ejecución.

Las mezclas en frío y especialmente las mezclas con emulsión asfáltica, han tomado un lugar importante en este desarrollo.

En la actualidad se emplean especialmente en las siguientes partes de una carretera:

CAPA DE BASE

- Ya sea bajo la forma de piedras cubiertas con asfalto, de tamaños grandes (30/60, 25/40);
- Ya sea por incrustación bajo la forma de gravas -- mezcladas 5/12.5 por ejemplo, cuya finalidad es fijar las piedras de una capa de macadam;

CAPAS DE LIGA

- Bajo la forma de piedras o de gravas cubiertas con asfalto 25/40, 8/18 por ejemplo;
- O sea en forma de mezclas semi-densas o semi-abiertas, 0/18 por ejemplo.

Veremos que la ejecución de estas capas de mezclas con emulsión, son muy convenientes en la construcción de nuevas carreteras.

CAPAS DE RODAMIENTO

- Sea bajo la forma de mezcla semi-densas, semi-abiertas o abiertas;
- O bajo la forma de mezclas asfálticas con arenas.

Estas capas de rodamientos pueden ser para pavimentos de carreteras. Para aceras, áreas de estacionamiento, campos de juego, patios, pisos industriales, etc.

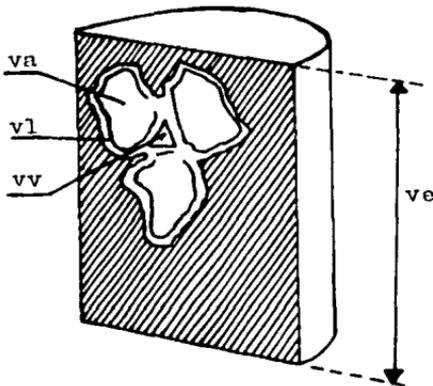
Agregamos que, por otra parte, se emplean también grandes cantidades de mezcla con emulsión asfáltica en la conservación de las carreteras.

Clasificación

No está por demás situar las mezclas con emulsión -- asfáltica dentro de la clasificación actualmente admitida -- para la variedad de mezclas asfálticas.

Una clasificación de esta naturaleza es siempre un -- poco arbitraria, ya que la compacidad de un revestimiento, -- de materiales mezclados, aumenta más o menos con el tiempo.

Nos referimos a la compacidad medida en el espécimen del tipo indicado en la figura siguiente.



Compacidad de una Mezcla.

ve: Volumen del espécimen

va: Volumen de un grano de agregado.

vl: Volumen de ligante que envuelve al grano.

vv: Volumen de vacíos (aire), comprimido entre varios granos subiertos.

$$\text{COMPACIDAD} = \frac{\sum va + \sum vl}{ve} \times 100$$

$$\% \text{ DE VACIOS} = \frac{\sum vv}{ve} \times 100$$

$$\text{COMPACIDAD} + \% \text{ DE VACIOS} = 100$$

Recordamos que la compacidad de una mezcla está definida como el porcentaje del volumen "agregado + ligante residual", en el volumen correspondiente de mezcla.

Las mezclas se clasifican en: Mezclas en caliente y mezclas en frío.

Mezclas en Caliente.

Caracterizadas por el paso de los agregados en un secador y que se dividen en dos categorías:

- CATEGORIA DC: Mezclas densas, en caliente, cuyo porcentaje de vacíos es inferior a 8% (compacidad superior a 92%);
- CATEGORIA SC: Mezclas semi-densas, en caliente, cuyo porcentaje de vacíos es superior a 12% (compacidad inferior a 88%)

Mezclas en Frío.

En donde los agregados no pasan por un secador y que se dividen en tres categorías:

- CATEGORIA SF: Mezclas semi-densas, en frío, cuyo porcentaje de vacíos es superior a 12% (compacidad

inferior a 88%.

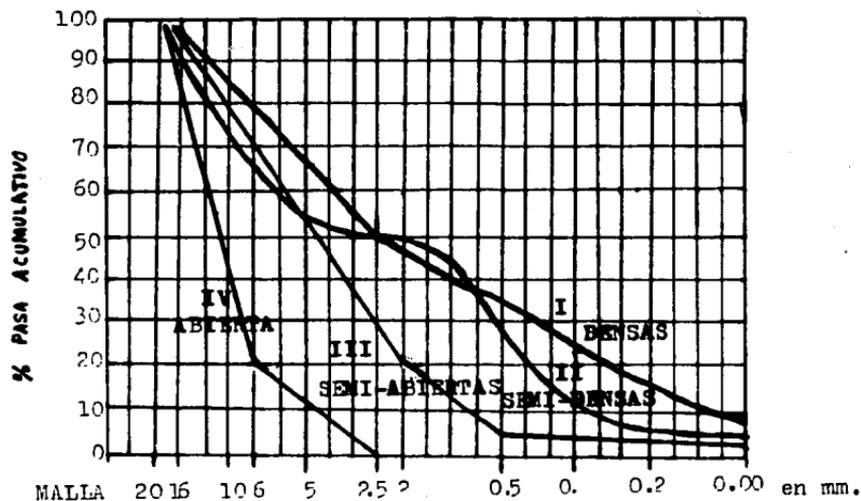
En la práctica, parece necesario, aunque no se encuentra previsto en el reglamento de Prescripciones Comunes, dividir las mezclas abiertas en dos categorías:

- Mezclas semi-abiertas, que contienen un poco de filler y cuando menos 15% de arena de tamaño inferior a 2mm.;
- Mezclas abiertas, que no contienen filler ni arena de tamaño inferior a 2 mm.

La gráfica que sigue, muestra ejemplos de curvas granulométricas para las diversas categorías de mezclas:

- | | | |
|-------|------|-----------------------------|
| CURVA | I: | Mezcla densa 0/18 mm. |
| CURVA | II: | Mezcla semi-densa 0/18mm. |
| CURVA | III: | Mezcla semi-abierta 0/18mm. |
| CURVA | IV: | Mezcla abierta 2.5/18mm. |

CURBA GARNULOMETRICA DE MEZCLAS.



En el caso de mezclas semi-densas y semi-abiertas, - el equivalente de arena de la fracción del agregado que pasa la malla de 5 mm, debe tener un valor mínimo de 45.

Por otra parte, en el caso de las mezclas abiertas, - los agregados deben responder, tanto como sea posible, a -- las siguientes condiciones:

- Porcentaje de desgaste los Angeles, inferior a 25;
- Para una mezcla 2.5/18 mm, el contenido de material de 8/18 debe ser mayor de 60%;
- Para una mezcla 2.5/12.5mm, el contenido de tamaño

5/12.5 debe ser mayor de 70%.

- Para una mezcla 2.5/8 mm, el contenido de tamaños de 5/8, debe ser mayor 80%.
- Agregado totalmente triturado, que contengan cuando menos 50% de partículas tales que:

$$L + G \leq 6E,$$

Relación en la que:

- La longitud L, en la dimensión mayor de la partícula;
- El grueso G, es el diámetro mínimo de la abertura a través de la cual puede pasar la partícula;
- El valor de E, es la separación mínima de dos planos paralelos que encierran la parte media del grano.

9.- MORTERO ASFALTICO "SLURRY SEAL"

Este tipo de tratamiento superficial, es empleado como una capa de desgaste o de sello. No se le puede considerar como parte estructural del pavimento.

El mortero asfáltico está compuesto por gravilla, arena, finos de cemento hidráulico o cal apagada, agua y emulsión que mezclados, forma una masa tixotrópica con mag-

níficas propiedades físicas.

Los métodos de diseño son muy variados y las pruebas hechas en cada uno son puramente empíricas; hasta el momento, cada laboratorio tiene su propia interpretación. En la Asociación de Fabricantes de Emulsiones (A.E.M.A.), se está trabajando para tener las primeras recomendaciones oficiales.

Por lo que se refiere al método de diseño, como en todos los proyectos de mezclas asfálticas en general, lo primero que se tiene que realizar es identificar el material pétreo, con el objeto de conocer todas sus características físicas mediante las pruebas correspondientes:

- a) Identificación petrográfica
- b) Granulometría
- c) Peso volumétrico
- d) Equivalente de arena
- e) V.S. Florida (tentativo).

Cada país según su experiencia y resultados obtenidos, ha establecido sus granulometrías tipo; esto hace que los resultados que se van a obtener en cada paso, sólo sean buenos para el aplicador; sin embargo, una granulometría que es aceptada por x es rechazada por z. En las gráficas-

y granulometrías numéricas que se presentan posteriormente, se puede ver que no hay un criterio uniforme al respecto.

En algunos países, se considera que la granulometría y características del material pétreo deben ser constantes e incluso algunos llegan al extremo de emplear un sólo tipo de material, a pesar de que el transporte es un renglón muy importante en el costo del trabajo.

Cuando se piensa que tal es el caso, la empresa que diseña la mezcla del mortero lo hace una sola vez y después se dedica únicamente a comprobar si existe algunas variantes. Cuando el trabajo que va a realizarse, dada su importancia, requiere la mejor calidad posible; el factor precio no es tan importante se justifica la realización de mezclas con materiales seleccionados por su calidad óptima.

En el caso que se varíen los materiales para cada trabajo, tendrá que hacerse para cada caso un diseño de mezcla especial.

La granulometría y su equivalente de arena son valores que infuyen en los resultados del diseño. Si el mismo material tiene una variación ligera en su equivalente de arena, su comportamiento es diferente. Cuando se va a emplear emulsiones catiónicas el equivalente de arena puede -

hacer variar el tipo de emulsión que deberá emplearse.

Un material con 10% de finos que pasan la malla No. 200 y un equivalente de 80% de arena, es totalmente diferente si contiene el mismo porcentaje de finos, pero su equivalente de arena es de 50%.

El cemento hidráulico o la cal apagada se deben escoger entre aquellas marcas que se conozcan de origen y que esté garantizada su calidad; sobre todo, el cemento debe ser de fraguado normal, ya que los de fraguado rápido no son compatibles con los morteros.

Estos finos tienen dos funciones principales: El rompimiento o fraguado del mortero se puede acelerar o retardar, según el tipo de emulsión que se emplee. En el caso de las aniónicas, el fraguado se acelera ligeramente, ganando tiempo para poner en servicio el tratamiento aplicado; este mismo cemento, si se agrega en las mezclas con emulsión catiónica, ésta sufrirá un retraso en su rompimiento, lo que provoca como consecuencia que el fraguado del mortero sea más lento.

Otra función que tienen estos fines es de formar un gel, que mantiene a la emulsión en un estado de suspensión perfectamente bien repartida en el mortero. Cuando se care

ce de una pequeña cantidad de cal o cemento, la emulsión --
tiende a bajar y escurrirse. En ese caso, una parte de la-
superficie queda sin la cohesión ni la consistencia de un -
mortero.

Un exceso de estos finos puede tener resultados nega-
tivos en la resistencia de la superficie ante la abrasión.-
Esta es independiente del ligante asfáltico, pero la in-
fluencia del cemento o la cal si pueden actuar de forma in-
versa. La cantidad crítica en un mortero es cercana al 2.5
por ciento en finos.

En cuanto al tipo de emulsión asfáltica para el mor-
tero, deberá ir de acuerdo con las exigencias del mismo tra-
bajo. Las emulsiones están divididas en dos grandes grupos:
Aniónicas y Catiónicas.

Estas emulsiones deberán cumplir con las especifica-
ciones respectivas para cada tipo de emulsión y los subgru-
pos incluidos en los dos básicos, SS-A y SS-C.

Emulsiones para Morteros	}	Aniónicas	}	Rompimiento medio
		SS-A		Rompimiento lento
	}	Catiónicas	}	Rompimiento rápido
				SS-C
Rompimiento lento				

Se tiene que hacer notar que el tipo superestabilizado (SS) es el indicado para trabajar en morteros asfálticos, es decir que tienen suficiente estabilidad y pueden ser manejadas por cualquier máquina especializada.

Después de haber analizado las pruebas que se realizan con los componentes de un mortero, de acuerdo con su posible comportamiento.

El primer paso es determinar el máximo contenido teórico admisible de residuo asfáltico. A partir de este valor, se determina la cantidad óptima de agua para el mezclado y el tendido; porcentaje que se mantendrá constante cuando a su vez se determine prácticamente el porcentaje óptimo de residuo, de modo que el resultado sea la mezcla más resistente a la abrasión.

Esta comprobación de resistencia se hará mediante variaciones del contenido y evaluación para descubrir cual combinación muestra menor tendencia a la abrosión.

El tipo de emulsión también debe comprobarse, ya que las emulsiones catiónicas pueden variar sus características cuando varían las temperaturas de aplicación. A mayor temperatura, una emulsión debe ser más estable; en cambio, cuando baja la temperatura, la emulsión puede ser rápida en

su rompimiento, sin que esto afecte su trabajabilidad.

Entre los aparatos para medir el desgaste de los mor
teros hay varios tipos que se han esayado y se han ido mejo
rando, mientras más se perfecciona la técnica de aplicación.

Entre estas máquinas tenemos:

- Raspado de cuchillas
- Caída de bolas por vibración.
- Desgaste por abrasión en inmersión

Se hará mención especial a la última prueba, que es-
la aceptada extraoficialmente en México.

C A P I T U L O I V

PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD.

1) COMPOSICION

La variedad que existe entre las especificaciones de los países productores y aún entre algunos estados de un mismo país, ha hecho tratar de establecer las normas mexicanas de acuerdo a los ligantes asfálticos que surte Petroleos Mexicanos (PEMEX) y a las necesidades de los usuarios de las emulsiones. Esto mismo se ha hecho en otros países, adaptandolas a sus requerimientos generales y regionales.

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

Las pruebas de laboratorio, para conocer sus características de las emulsiones, se pueden agrupar en la siguiente

te forma:

1.1. Residuo por destilación

Esta prueba tiene por objeto determinar las proporciones de agua y de residuo asfáltico contenidas en emulsión; el residuo de la destilación puede utilizarse para efectuar las pruebas de penetración, ductilidad y solubilidad en tetracloruro de carbono.

El equipo necesario para la prueba es el siguiente:

- Un alambique cilíndrico de fierro,
- Un alambique modificado de fierro, con cámara de expansión para ser usado con emulsiones asfálticas que producen gran cantidad de espuma.
- Un quemador anular de gas de 101.6 mm. de diámetro, con perforaciones en el contorno interior.
- Un quemador anular de gas de 50.8 mm. de diámetro interior, con perforaciones en la parte superior.
- Un tubo de conexión, una camisa de lámina, un refrigerante recto con camisa de metal y una probeta graduada.
- Un termómetro de inmersión total, con graduaciones -2 a +300°C tipo A.S.T.M.7 C o similar.

- Un mechero tipo "Bunsen".
- Una mella "U.S. Standard" de aberturas cuadradas de 0.297 mm. Núm. 50.

El procedimiento de prueba es el siguiente:

1) Pésense 200 ± 0.1 gramos de una muestra representativa de la emulsión en el alambique previamente tarado, incluyendo accesorios como: Tapaderas, abrazaderas, termómetros, etc. La tapadera debe ajustarse perfectamente mediante el tornillo de presión entre ella y el alambique, debe usarse un empaque de papel impregnado con aceite. El termómetro se insertará mediante un tapón de corcho, de tal manera que el bulbo quede a 6.4mm. del fondo del alambique.

2) Conéctese el alambique y colóquese alrededor de éste el quemador de gas de 101.16 mm. de diámetro con el que se calentará la parte superior del citado alambique.

Desígnese como W_i , el peso del alambique y sus accesorios, más la emulsión.

Aplicuese suficiente calor con el mechero "Bunsen" - al tubo de conexión para evitar la condensación de agua en éste.

3) Cuando la temperatura de la muestra haya llegado a 121°C, bájese el quemador hasta la mitad de la altura del alambique y téngase en esta posición hasta alcanzar la temperatura de 176°C, después de la cual, deberá bajarse nuevamente el quemador hasta una altura de 6.4 mm. del fondo del alambique.

4) Elévese la temperatura de la muestra hasta 260°C, manténgase el alambique y pésele con todos sus accesorios.- Este peso debe de anotarse como W_f .

Cuando sea difícil destilar una emulsión asfáltica - debido a la excesiva formación de espuma debe procederse de la siguiente manera:

1) Pésele 200 \pm o .1 gramos de una muestra representativa de la emulsión en el alambique modificado previamente tarado con sus accesorios, incluyendo el termómetro. De sígnese como W_i el peso del alambique y sus accesorios, más la emulsión.

2) Conéctese el alambique y colóquese cerca de su -- parte superior el quemador de 152.4 mm. de diámetro, por lo que el mismo tiempo funcionará como apoyo; el quemador de - 101.6 mm. de diámetro se colocará debajo del engrosamiento del alambique y el de 50.8 mm. de diámetro a 5 cm. abajo de

su fondo.

3) Inicie la destilación, aplicando calor únicamente con el quemador inferior. Cuando aquélla cese, enciéndase los dos quemadores mayores ajustándolos a una flama baja, con lo cual se reanudará la destilación.

4) Cuando nuevamente se interrumpa la destilación, - incrementase el calor, ajustando la flama del quemador inferior. Al aparecer la columna de mercurio en la parte del - termómetro que sobresale y se puede leer la temperatura, -- vuélvase a incrementar el calor, ajustando las flamas de -- los quemadores medio e inferior hasta alcanzar una temperatura de 260°C.

5) Si hay indicios de que la emulsión empieza a formar espuma y ésta trata de pasar al tubo de conexión, retirese rápidamente el quemador inferior y, sin mover el alambique, sumérgase en un recipiente con agua hasta que su fondo quede a 5 centímetros bajo el nivel de aquélla, durante el tiempo necesario para detener la formación de espuma. A continuación, reanúdese la aplicación de calor, observando cuidadosamente el tubo de conexión, para repetir el proceso, si es necesario.

6) Cuando el residuo alcance la temperatura de 260°C, consérvese ésta durante 15 minutos. Transcurridos éstos, desconéctese el alambique y pésele con sus accesorios, anotando el resultado como W_f .

7) Para esta variante de la prueba, la destilación debe realizarse en un tiempo comprendido entre una hora y una hora 15 minutos, medido desde la primera aplicación de calor, aún cuando puede requerirse un tiempo mayor si la formación de espuma obliga a repetir el proceso indicado en el punto 5.

Calcúlese y repórtese el residuo de la destilación, según el porcentaje del peso original de la muestra, empleando la fórmula siguiente:

$$R = \frac{200 - (W_i - W_f)}{200} \times 100$$

$$R = 100 \frac{(W_i - W_f)}{2}$$

En donde:

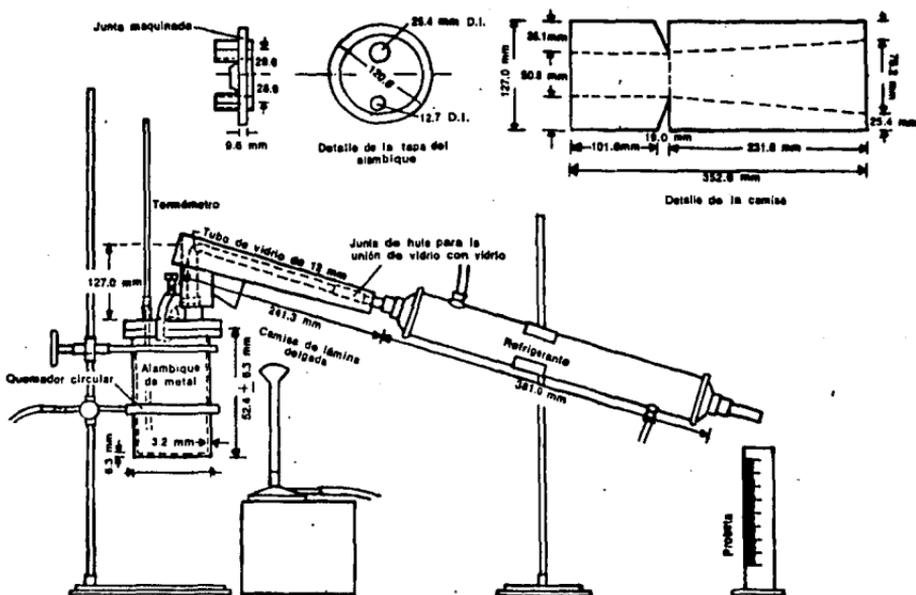
R = Contenido de residuo por destilación en porcentaje.

W_i = Peso del alambique y sus accesorios más la emulsión antes de la prueba, en gramos.

W_f = Peso del alambique y sus accesorios más el residuo después de la prueba en gramos.

$W_i - W_f$ = Peso del destilado, en gramos.

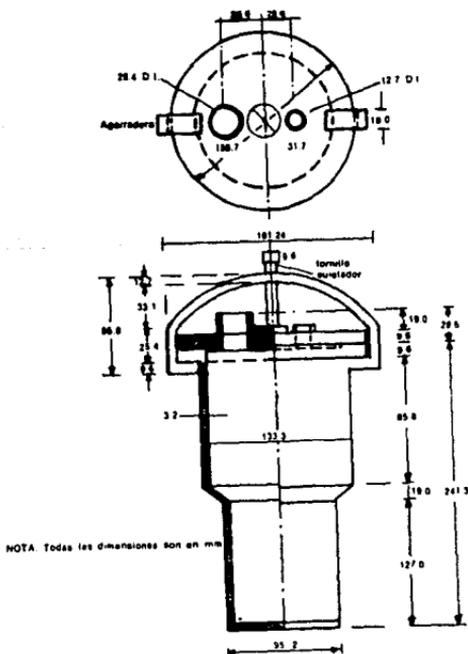
En caso de que la emulsión contenga disolventes, su volumen podrá determinarse directamente en la probeta que recibe al destilado total.



Aparatos Ensamblados para la Prueba de Destilación de Emulsiones Asfálticas.

Ese contenido deberá reportarse de acuerdo con el porcentaje del volumen de emulsión.

Si el residuo va a emplearse para efectuar otras pruebas, después de haber pasado el alambique al finalizar la destilación, se destapa y se vierte su contenido a través de la malla de 0.297 mm. No. 50, en los moldes y sus recipientes apropiados para las pruebas que van a realizarse antes de vaciarlo, verifíquese con una espátula si el residuo es homogéneo: Esto se comprueba si el material escurre en forma de hilo; de lo contrario, deberá revolverse con la espátula hasta lograr esa condición.



Alambique para Determinar residuo por Destilación en Emulsiones que Producen Espuma Abundante.

Al efectuar la prueba, se tendrá en cuenta que, debido a un fenómeno de flotación en el aire presente a temperaturas relativamente elevadas, los alambiques pesan a la temperatura de 260°C cerca de 1 y 2 gramos menos que la temperatura ambiente. Por ello antes de efectuar los cálculos debe agregarse 1 o 2 gramos al peso final W_f .

1.2. Residuo por evaporación.

El objeto de esta prueba es determinar el residuo de las emulsiones asfálticas en porcentaje, mediante evaporación en el horno. El residuo así obtenido tiende a dar valores de penetración y ductilidad inferiores a los que se obtienen en el residuo de la destilación. Por ello, en ciertos casos, no puede utilizarse esta prueba para tener una idea de las dos propiedades mencionadas anteriormente.

El equipo necesario para la prueba es el siguiente:

Tres vasos de precipitado de vidrio refractario, de 600. ml. de capacidad tres agitadores de vidrio con extremos redondos de 6.4 mm. de diámetro y 18 cm. de longitud.

Una balanza de 500 gramos de capacidad y 0.1 de gramos de aproximación.

Un horno eléctrico con temperatura controlable y capaz de mantener una temperatura constante de 163°C.

Uno termómetro con escala de 155° a 170°C del tipo - A.S.T.M. 13°C.

Una malla circular de aberturas cuadradas "U.S. Standard" de 0.297 milímetros Núm 50.

Cuando únicamente se desee conocer el contenido de residuo en porcentajes, deberá seguirse este procedimiento:

1) Pésense 100 ± 0.1 gramos de emulsión previamente homogenizada en cada uno de los tres vasos de precipitado - ya pesados con su correspondiente agitadores de vidrio y anotados como W_t .

2) Coloque los vasos durante 2 horas en el horno a una temperatura de 163 ± 2.8 °C.

3) Transcurrido este lapso, retírense los vasos del horno, uniformícese el residuo con el agitador de vidrio y vuélvase a colocar en el horno durante una hora más a la misma temperatura. Finalmente, sáquese nuevamente los vasos con enfriar a la temperatura ambiente.

4) Pénsense los vasos con el agitador y el residuo, - designado a este peso como W_r .

Cuando se desee hacer otras determinados en el residuo obtenido en esta prueba, deberá precederse así:

- 1) Efectúese todo el procedimiento anterior.
- 2) Colóquese nuevamente los vasos en el horno de 15- a 30 minutos, para que el residuo adquiera una consistencia tan fluida como para vasiarse a través de la malla de 0.297 mm. Núm 50 los recipientes y moldes apropiados para efectuar las pruebas de penetración, ductilidad y solubilidad en tetracloruro de carbono.

Calcúlese y repórtese el contenido de residuo de la emulsión, utilizando la fórmula siguiente:

$$\%R = \frac{W_r - W_t}{100} \cdot 100 = W_r - W_t$$

En donde: R= Contenido de residuo en la emulsión en porcentaje.

W_r = Peso del vaso, agitador y residuo en gramos.

W_t = Peso del vaso y agitador, en gramos.

El valor reportado del residuo por evaporación deberá ser el promedio de los resultados obtenidos en los tres especímenes.

Residuo por evaporación (Modificado)

El método anterior se tiene que simplificar aún más cuando se trata de controlar la producción de un molino coloidal que produce más de 20 toneladas por hora y es necesario conocer inmediatamente los rasgos del residuo.

El equipo necesario para la prueba es el siguiente:

Charolas de lámina con un diámetro de 20 cm.

Agitadores de vidrio con extremos redondos, de 6.4 mm. de diámetro y 18 de longitud.

Una balanza de 1500 g. de capacidad y 0.1 g. de ---- aproximación.

Estufa pequeña de gas o eléctrica, con 2 ó 4 quemadores.

El procedimiento de la prueba es como sigue:

- 1) Pénsese la charola con el agitador y anótese el resultado como P_t .
- 2) Agrégese una cantidad cualquiera de emulsión P_e , - junto con el peso P_t será el peso total P .
- 3) Caliéntese la charola con la emulsión hasta evapo rar totalmente el agua de ésta. Debe moverse --- constantemente la emulsión, para evitar que se de rrame al hacer espuma por el agua que contiene. - Deja de tener agua cuando el asfalto no presta -- burbujas y su estado líquido es uniforme.
- 4) Pénsese de inmediato y obténgase un valor P_1 , és- te será aquel que contiene la tara, más el cemen- to asfáltico puro, pues aunque la emulsión hubie- ra contenido solventes, éstos también se habrán - evaporado.

Este pesaje tiene un error por temperatura, más para los fines de la prueba, no afecta demasiado.

El peso del residuo asfáltico será:

$$P_r - P_e - (P_t + P_e - P_1) = P_1 - P_t$$

$$\% \text{ Residuo} = \frac{P_1 - P_t}{P_e} \times 100 = \frac{P_r}{P_e} \times 100$$

Se debe insistir en que este valor es erróneo, pero suficiente para respaldar la producción industrial. También la cantidad de solvente se debe verificar teóricamente, con respecto al residuo.

1.3 Contenido de agua.

El agua contenida, en la muestra de ensaye, es arrastrada por destilación a reflujo de disolventes no miscible con agua, después de la condensación el agua se separa del solvente y se acumula en una trampa graduada, de forma conveniente. El líquido de arrastre regresa al recipiente de destilación.

Equipo.

Recipiente de destilación:

Matraz de vidrio, de cuello corto y ancho, con capacidad de 500 ó 1,000 milímetros y sobre el cual debe poderse adaptar fácilmente la trampa descrita anteriormente.

Sispositivo de calentamiento:

Comprende: Un quemador

Refrigerante recto.

Longitud de la camisa400 mm. mínimo

Diámetro exterior del tubo interior....10 a 12 mm.

Este tubo está cortado en bisel en su parte interior, para, permitir el escurrimiento, gota a gota, de los prodtos condensados.

El matraz, la trampa y el refrigerante deben acoplar se por cualquier medio que evite fugas.

Trampas de Agua.

Estas trampas son de vidrio que tienen una capacidad de 10 ml. o de 25 ml.

Muestra de la Prueba.

La porción para ensaye utilizada debe ser representativa de la muestra. Inmediatamente antes de la toma debe - homogeneizarse la muestra agitando. Si la muestra debe ca- lentarse para tener fluidez suficiente. El tamaño de la -- porción para ensaye, está en función del contenido de agua- que se estime. Es generalmente de 100 ml. para productos -- fluidos y de 100 grs. para productos viscosos. La porción - de ensaye se mide con aprximación de 1%.

Procedimiento de Prueba.

En el caso de productos fluidos, mida la porción de ensaye a la temperatura ambiente, en una probeta graduada y viértala al matraz. Lave la probeta con 50 mililitros y -- después, dos veces, con 25 mililitros de disolvente, con -- objeto de eliminar el producto adherido a las paredes de la probeta, escurra perfectamente la probeta, después de cada- vaciado.

En el caso de productos viscosos, pese directamente la porción de ensaye en el matraz y agregue 100 ml. de sol- vente. Cuando las porciones de ensaye sean superiores a -- 100 gr. puede ser necesario utilizar más de 100 ml. de sol- vente. El contenido del matraz debe ser también lo más --- homogéneo que sea posible. Agítese si es necesario.

Después de haber mojado previamente con solvente las partes esmeriladas, se acoplan los elementos del aparato, - asegúrese que la trampa y el tubo inferior del refrigerante estén químicamente limpios. Hagase circular agua fría en - el refrigerante a la velocidad de 2 a 5 gotas por segundo.

Continúese la destilación hasta que el volumen de -- agua recogida en la trampa permanezca constante y que no -- haya agua visible en ningún otro punto del aparato; si que-

dan gotas de agua en el regriegerante, aumente momentáneamente la velocidad de destilación.

Pare el calentamiento, deje que la trampa y su contenido se enfríen a la temperatura ambiente. Lease el volumen de agua recogida en la trampa, con aproximación a la división de la escala más próxima de la interfase agua-solvente.

Reporte de los Resultados.

Expresa el contenido de agua de la muestra, efectuada y cálculo como sigue:

$$\begin{array}{l} \% \text{ de agua en peso} \\ \text{o en volumen} \end{array} = \frac{\text{Volumen de agua en la probeta} \times 100}{\text{Peso o volumen de la porción de ensaye}}$$

1.4. Determinación de la carga de la partícula.

Esta prueba es la única capaz de definir si una emulsión es aniónica o catiónica, ya que existen emulsiones --- aniónicas ácidas y lo contrario sucede con algunas catiónicas. Todas las especificaciones deben señalar el tipo de carga para cada emulsión.

Esta prueba tiene por objeto identificar las emulsiones asfálticas aniónicas o catiónicas a través de su carga eléctrica. Los glóbulos de asfalto con carga eléctrica positiva los clasifican como catiónica; los de carga negativa en aniónicas.

Equipo de Prueba

Un dispositivo que proporcione una corriente eléctrica directa de 12 voltios, provisto de una resistencia variable y un miliamperímetro. Dos electrodos formados cada uno por una placa de acero inoxidable de 101.6 mm. por 15.4 mm. y 3mm. Los electrodos están aislados entre sí y sostenidos paralela y rígidamente a una distancia de 12.7 mm.

Un vaso de precipitado de vidrio, de 150 a 250 ml.-- de capacidad.

Un cronómetro.

Procedimiento de Prueba:

1) Viértase en el vaso una cantidad de emulsión suficiente para que los electrodos puedan sumergirse 25.4 mm. - dentro de ella sin tocar el fondo del vaso.

2) Conéctese al aparato los electrodos limpios y secos; en seguida, sumérjense en la emulsión hasta una profundidad de 25.4 mm. sin tocar las paredes ni el fondo del vaso.

3) Acciónese el interruptor de la corriente eléctrica; ajústese ésta a una intensidad de 8 miliamperios y a partir de este momento, cuéntese el tiempo.

4) Cuando hayan transcurrido 30 minutos de aplicación de la corriente o bien, la intensidad de ésta se haya reducido a 2 miliamperios en un tiempo menor, interrúmpase la corriente; desconéctese los electrodos y lávense con agua de llave.

5) Observase si hay asfalto depositado en los electrodos; una emulsión catiónica depositará una cantidad apreciable de asfalto sobre el cátodo o electrodo negativo, mientras que el ánodo o electrodo positivo se conservará relativamente limpio.

6) En el caso de no apreciarse depósito de asfalto en ninguno de los electrodos, deberá repetirse la prueba con mayor intensidad de la corriente. Repórtese los resultados de la prueba en términos de la polaridad determinada. Como positiva, si el asfalto se ha depositado en el cátodo-

o negativa, si el depósito se observa en el ánodo.

Cuando la prueba se realice a una intensidad de corriente mayor de la especificada, deberá reportarse aquélla y el resultado obtenido.

2.- CONSISTENCIA.

Viscosidad.

Recordamos que la viscosidad se define como la resistencia opuesta en el seno de una masa a una deformación cuyo gradiente de velocidad es:
$$N = \frac{V}{Z}$$

Esta viscosidad o viscosidad dinámica, tiene por unidad el Poiseuille (10 Poises) o sea, la viscosidad de un líquido que opone una reacción de un Newton para un gradiente de un metro por segundo por metro. Se refiere en el campo de las emulsiones salvo para ciertas emulsiones muy viscosas, considerar la viscosidad cinemática. $\gamma = \frac{\eta}{\psi}$, designándose por ψ , la masa específica a la temperatura de prueba. La unidad de viscosidad cinemática es el $m^2/\text{seg.}$; un stokes es igual al $cm^2/\text{seg.}$ El agua a 18 grados centígrados cuya masa específica es sensiblemente igual a 1.0, tiene una viscosidad dinámica aproximadamente de un centipoise y una viscosidad cinemática de un centistokes. De todas maneras, debe notar

se que en una emulsión, como dispersión heterogénea, realmente no se puede hablar de viscosidad en el sentido exacto del término, sino más bien de viscosidad aparente, que varía con el gradiente de viscosidad y muy a menudo aumenta cuando el gradiente de velocidad disminuye. Prácticamente, la viscosidad de las emulsiones se mide con la ayuda de aparatos gravitacionales del tipo "Saybolt-Furol" y "Engler".

Se podría decir que mide el estado de facilidad de trabajo que presentan los productos asfálticos a diferentes temperaturas.

2.1. Viscosidad "Saybolt-Furol"

Esta prueba tiene por objeto determinar la viscosidad "saybolt-Furol" de las emulsiones asfálticas, a las temperaturas de 25 y 50 grados centígrados, establecidas para realizar la prueba estándar..

Equipo de Prueba.

Un viscosímetro "Saybolt-Furol"

Un matraz aforado de vidrio, para viscosidad "Saybolt", de 60 mililitos de capacidad.

Un termómetro de inmersión total, con escala de 19 a 27 grados centígrados del tipo A.S.T.M. 19°C.

Un termómetro de inmersión total con escala de 45 a 57 grados centígrados del tipo A.S.T.M. 19°C.

Un baño de agua con temperatura controlable.

Un vaso de precipitado de vidrio refractario, de --- 400 ml. y una malla de aberturas cuadradas "U.S. Standard.- de 0.841 milímetros (mm) Núm. 20

Procedimientos de Prueba a 25°C.

1) Uniformícese completamente la muestra en su recipiente, evitando la formación de burbujas y vacíese 100 ml. en el vaso de precipitado.

2) Sumérjese el baso en el baño de agua durante 30 - minutos a una temperatura de 25°C. Durante este lapso, mézclese la muestra con ligeros movimientos circulares del termómetro, a razón de 60 revoluciones por minuto, aproximadamente.

3) Vacíese la muestra en el tubo de viscosímetro a través de la malla de 0.841 mm. No. 20, hasta que rebase el

nivel del tubo de derrame.

4) Una vez lleno el tubo y sin agitar la muestra, de termínese la viscosidad, quitando rápidamente el tapón de la boquilla del tubo de viscosímetro permitiendo que la muestra escurra hacia el matraz aforado. En este momento, inficiése la cuenta del tiempo.

Procedimiento de Prueba a 50°C.

1) Uniformícese completamente la muestra en su recipiente, evitando la formación de burbujas y vaciense 100 ml en el vaso de precipitado.

2) Sumérjese el vaso en el baño de agua cuya temperatura debe mantenerse a $71 \pm 3^\circ\text{C}$, de tal manera que el fondo del vaso quede aproximadamente a 5 centímetros bajo el nivel del agua del baño.

3) Para uniformizar la temperatura de la muestra, agítese moderadamente con movimientos circulares del termómetro, a razón de 60 revoluciones por minuto, aproximadamente.

4) Manténgase el vaso dentro del baño hasta que la muestra alcance una temperatura de $51.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$. Inmediata-

mente después, viértase la emulsión en el tubo del viscosímetro a través de la malla de 0.841 mm. No. 20 hasta que rebase el nivel del tubo de derrame.

5.) Agítase moderadamente la muestra con el termómetro a razón de 60 revoluciones por minuto, aproximadamente, hasta que alcance la temperatura de $50 \pm 0.05^{\circ}\text{C}$, la que debe mantenerse constante durante un minuto, antes de proceder a determinar la viscosidad.

6) Extráigase el termómetro, límpiese rápidamente el exceso de emulsión que se haya vertido por el tubo de derrame y determínese la viscosidad como se describe en el punto 4) del primer caso ya tratado.

El tiempo en segundos que marque el cronómetro para el matraz especial estándar hasta la marca de aforo, será la viscosidad Saybolt-Furol de la muestra a las temperaturas de la prueba.

Viscosidad ENGLER

El ensaye tiene por objeto conocer la facilidad de aplicación de una emulsión asfática, determinando su viscosidad Engler.

Sin embargo, aunque el campo de utilización del vis

cosímetro Engler esté teóricamente comprendido entre 1 y 15°E. Se emplee frecuentemente hasta 30°Engler.

Principio del método.

En determinar primero el tiempo necesario para que 200 ml. de agua destilada mantenida a 20°C, escurran de un recipiente normalizado lleno hasta un nivel preciso.

En determinar a continuación el tiempo de escurrimiento de 200 ml. de emulsión mantenida a 20°C permaneciendo constante las otras condiciones.

El calcular la relación del segundo tiempo con el primero.

Equipo de Prueba.

Viscosímetro Engler.

El viscosímetro engler está formado esencialmente por un recipiente de latón (A), cuya pared es cilíndrica y cuyo fondo es un casquete esférico provisto, en su parte central, de un tubo de escurrimiento calibrado (b), ligeramente cónico, de metal inoxidable, cuidadosamente pulido en su interior. El recipiente (Z), destinado a recibir la emulsión lleva sobre su pared interior tres pequeñas puntas metálicas (C), que fijan el nivel del líquido (Capacidad co-

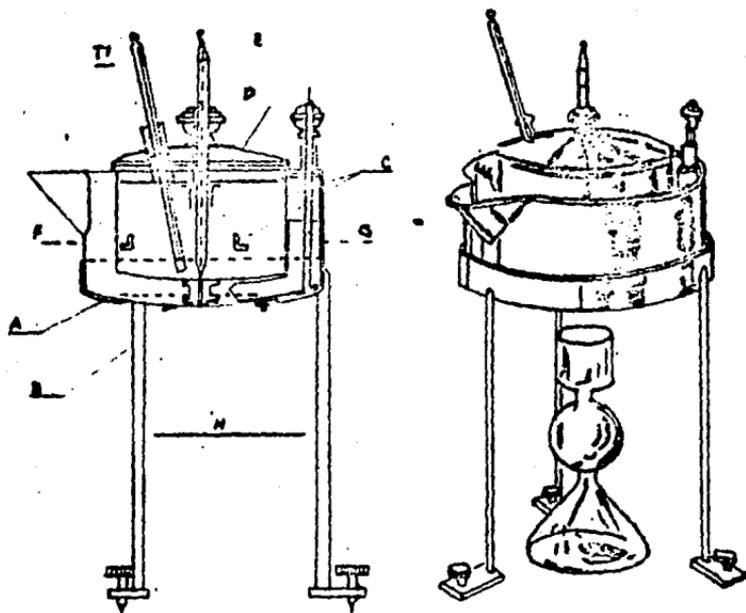
rrespondiente a 250 ml. aproximadamente). El recipiente - - (A) está cerrado por una tapadera (D), que tiene una abertura central para permitir el paso de una varilla de madera - - (E) y otra abertura para el paso del termómetro (T).

Todo este dispositivo está dentro de un recipiente-cilíndrico concéntrico (F), de latón destinado a recibir -- agua para formar un baño a temperatura constante.

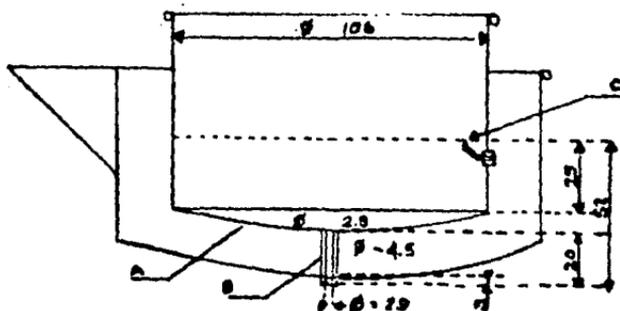
El baño maría (F) puede calentarse, bien sea por una tubería de gas anular móvil o preferencia, por una resistencia eléctrica. Un pequeño agitador de paleta (G) permite uniformizar la temperatura del baño a la falta de un agitador eléctrico.

El conjunto está soportado por un triple (H), pro-- visto de tres tornillos móviles que permiten poner horizontal el plano definido por tres puntas metálicas.

En seguida se muestra esquemáticamente el viscosímetro Engler.



VISCOSIMETRO ENGLER



3. ESTABILIDAD.

3.1. Miscibilidad con cemento "Portland"

La prueba se aplica a las emulsiones aniónicas para conocer la estabilidad de la emulsión al mezclar con un material tan fino como el cemento.

Equipo y Materiales para la Prueba.

Una malla circular "U.S. Standard" de aberturas cuadradas de 0.177 mm. Num. 80.

Una malla circular "U.S. Standard" de aberturas cuadradas de 1.41 mm. núm. 14, con su fondo.

Un recipiente metálico de fondo redondo y 500 ml. de capacidad.

Una varilla metálica de extremos redondeados y de 1.25 cm. de diámetro, aproximadamente.

Una probeta de vidrio graduada, con capacidad de 100 ml y cemento "Portland" tipo III, con una superficie específica mínima de 1900 centímetros cuadrados por gramo, determinada con el método del turbidímetro de Wagner.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

1) Diluyanse en agua 200 ml. de una muestra representativa de la emulsión, hasta alcanzar un residuo asfáltico de 55%. La cantidad de agua necesaria deberá calcularse determinando previamente el residuo de la emulsión por destilación o por evaporación, siguiendo los métodos de prueba correspondientes, el porcentaje de residuo de la emulsión diluida deberá verificarse mediante alguna de las dos pruebas antes citadas.

2) Críbese una porción de cemento a través de la malla de 0.177 mm. Núm. 80; tómense 50 ± 0.1 gramos de la fracción que pasa por dicha malla y coloquense en el recipiente metálico.

3) Agréguese al cemento 100 gr. de la emulsión a la temperatura de 25°C y mezclense mediante movimientos circulares de la varilla metálica, a una velocidad de 60 revoluciones por minuto aproximadamente.

4) Después de transcurrido un minuto de mezclado, agréguese 150 ml. de agua destilada y continúese el mezclado por tres minutos más.

5) Finalizando este período, críbese la mezcla a tra

vés de la malla de 1.41 mm. núm 14, cuyo peso, incluyendo el del fondo, se habrá anotado previamente como W_t . Lávese con agua destilada el recipiente en que se hizo la mezcla y hágase pasar el producto del lavado a través de la malla, la que a continuación se lavará también con agua destilada, hasta que ésta salga clara. Para el lavado de la malla, el agua deberá dejarse caer desde una altura de 15 cm. aproximadamente; para no forzar el paso de los grumos retenidos.

6) Coloque el fondo a la malla y séquese en el horno a una temperatura de 163°C , hasta peso constante.

7) Pésese la malla con su fondo y el retenido, anotando el peso como W_r .

Calcúlese el peso en gramos del material retenido en la malla y en el fondo, mediante la siguiente expresión:

$$M = W_r - W_t$$

En donde:

M = Peso del material retenido en la malla y el fondo en grs.

W_r = Peso de la malla, fondo y material retenido en gramos.

W_t = Peso de la malla y fondo, en gramos.

El valor M será el que se reporte como resultado de la prueba de miscibilidad con cemento, expresado como porcentaje de los 100 gramos de la emulsión empleada.

3.2. Capacidad de cubrimiento del material pétreo en condiciones de trabajo y resistencia a la acción del agua.

Este método sirve para determinar las propiedades de una emulsión asfáltica, en lo que respecta a su facilidad para cubrir completamente un agregado pétreo, soportar una acción de mezclado mientras permanece como una película sobre el agregado y resistir la acción de agua de lavado después del fraguado. Este método ayuda a identificar la emulsión apropiada para mezclarse con los materiales pétreos gruesos que se utilizarán en la obra.

Equipo y Materiales Necesarios para la Prueba

Una cacerola esmaltada, con mango aislado, de 3 litros de capacidad, aproximadamente.

Una espátula o cuchillo sin punta, de 3 por 8 cm. y extremos redondeados.

Una malla circular "U.S." Standard" con aberturas --

cuadradas de 19 mm. (3/4 de pulgada).

Una malla circular "U.S. Standard" con aberturas cuadradas de 4.76 mm. Núm.4.

Una regadera, que trabaje con una carga constante de 77.5 cm.

Un termómetro del tipo A.S.T.M. 15-C o similar, con graduaciones de 2 a +80°C.

Una balanza de 2 kg. de capacidad y 0.1 gr. de aproximación.

Una pipeta con capacidad de 10 centímetros cúbicos.

Una muestra de material pétreo en las condiciones de trabajo, que pase la malla de 3/4 de pulgada y se retenga en la Núm 4, el cual se usará como referencia.

Carbonato de calcio precipitado y químicamente puro (Ca CO_3), para emplearse como polvo mezclado con los agregados calizos de referencia de la prueba. Este producto no será necesario cuando se usen materiales pétreos no calizos.

Agua con un contenido de carbontato de calcio, infe-

rior a 250 partes por millón.

Procedimiento de Prueba

1) Pónganse en la cacerola 461 g. de material pétreo, a una temperatura de 25°C, que haya sido secado al aire.

2) Agréguese 4 g. de carbonato de calcio en polvo y mézclense con los 461 g. de agregado pétreo calizo durante un minuto aproximadamente, empleando espátula o cuchillo y tratando de obtener un cubrimiento uniforme de las partículas del material pétreo. Cuando no se utilice material calizo y por tanto no se emplee carbonato de calcio, el peso del agregado deberá ser de 465 g.

3) Añádase al material 35 g. de emulsión y mézclense vigorosamente con la espátula durante 5 minutos siguiendo una trayectoria elíptica. Al final, elimínese el exceso de emulsión inclinando la charola para que escurra.

4) Colóquese aproximadamente la mitad de la mezcla sobre una papel absorbente y estívese el cubrimiento como se indica más adelante.

5) Riéguese abundantemente con agua la mezcla sobrante de la cacerola utilizando la regadera. Escurrase cuida-

dadosamente el agua y continúese regando y escurriendo, -- hasta que está salga completamente clara. Colóquese la mezcla de la cacerola sobre un papel absorbente y estívese el cubrimiento después de lavado.

6) Déjese secar la mezcla sobre el papel absorbente a la temperatura ambiente y determínese nuevamente el cubrimiento del agregado. Si se desea un secado rápido de la -- mezcla, puede usarse un ventilador.

Con agregados Húmedos, la Prueba se efectúa de la siguiente forma:

1) Procédase de acuerdo con los puntos 1) y 2) anteriores.

2) Agréguese el 2% de humedad con la pipeta (9.3ml.) al material pétreo con o sin carbonato de calcio, según el caso, y mézclese hasta obtener una humedad uniforme.

3) Efectúense los pasos indicados en los puntos 3) a 6) anteriores.

Para las pruebas efectuadas con materiales pétreos -- húmedos, obténgase y repórtese la información:

1) Al finalizar el período de mezclado, regístrese --

el cubrimiento de la superficie total de agregado por el as falto de la emulsión designándolo como: Bueno, regular o ma lo. Se clasificará como bueno un cubrimiento total de la - superficie, sin considerar puntos y aristas agudas de los - agregados; será regular cuando el área cubierta sea franca- mente mayor que la descubierta y mala cuando predomine el - área descubierta sobre la cubierta.

2) En forma semejante se deberá estimar el cubrimiento después de lavar la mezcla y de haberla secado, clasificándola en cada una de las tres condiciones como bueno, re- gular o malo según el caso.

3) Anótese en el reporte todas las observaciones -- que pudieran ser de utilidad para calificar los materiales.

3.3. Ruptura de la Emulsión en presencia de Mate- riales Finos.

Esta prueba se basa en la actividad de una emulsión- en presencia de los materiales finos, que permiten medir la rapidez de ruptura de una emulsión en condiciones normalizadas, empleando un material de referencia que es un polvo si licio de composición química y granulométrica definidas. Se introduce poco a poco el polvo silicio (de 0.2 a 0.3 g/seg). dentro de 100g. de emulsión, dispersándolo finalmente sobre

la superficie. Se hace un mezclado convencional, con el fin de tener la mayor homogeneidad posible.

El polvo se sigue agregando, hasta el momento en que la mezcla emulsión-polvo forme una masa compacta, no es necesario que rompa la emulsión totalmente. Se determina entonces la cantidad de polvo empleado y se calcula el índice de ruptura C.

$$C = \frac{P}{E} \times 100 = P$$

P = Peso del polvo

E = Peso de la emulsión = 100 g.

Después de dos años de experiencia en Francia, se pudo hacer la clasificación siguiente, de acuerdo con los tipos de emulsión clásicos.

INDICE DE RUPTURA	TIPO DE EMULSION
- 80	RAPIDA
80 + 120	MEDIA
+ 120	LENTA

3.4. Prueba de Miscibilidad con Agua.

Este ensaye tiene por objeto examinar si las partículas del ligante de una emulsión tienen tendencia a aglomerarse cuando se hace su dilución con agua destilada.

Consistente en efectuar una mezcla de agua destilada-emulsión y en determinar, el peso de las partículas del ligante retenido en la malla.

Equipo de Prueba

Malla AFNOR Núm. 29, con abertura de 0.630 ml.

Dos vasos de 250 Ml.

Un agitador de vidrio-agua destilada.

En un vaso de 200 ml. que contenga 50 ml. de emulsión, agregue lentamente, agitando 150 ml de agua destilada preparada en un segundo vaso.

Deje reposar la mezcla durante dos horas.

Proceda en seguida a la prueba de tamizado, como se prevé en las especificaciones de la prueba.

Se indicará el peso de residuo retenido en la malla, expresado en gramos y referidos a 100 ml. de emulsión.

3.5. Asentamiento

El objeto de esta prueba es obtener un índice de latencia que los glóbulos de asfalto tienen para sedimentarse durante un almacenamiento prolongado de las emulsiones asfálticas.

Equipo de Prueba

Dos probetas de vidrio de 500 ml. de capacidad, con graduaciones a cada 5 ml. con base ensanchada, tapón de corcho o vidrio y con diámetro exterior de \pm 0.5 cm.

Una pipeta de vidrio de 60 centímetros cúbicos de capacidad

Se requiere además el equipo descrito en la determinación del residuo por evaporación.

Procedimiento de Prueba es el Siguiete.

1) Colóquese en cada una de las dos probetas una muestra representativa de la emulsión, con un volumen de 500 ml.; déjense tapadas y en reposo durante el tiempo espe

cificado a la temperatura ambiente.

2) Transcurrido ese lapso, por medio de la pipeta -- extráigase de la parte superior 55 ml. de cada una de las - muestras, sin alterar el resto del contenido de las probe-- tas.

3) Colóquese en los vasos de 600 ml. cada una de las porciones tomadas. Uniformícense con la varilla de vidrio- y ajústese el peso de cada porción a 50 g. utilizando la -- pipeta.

4) Determínese en ambas porciones el contenido de re- siduo por evaporación, siguiendo el procedimiento indicado para tal efecto y anótese el promedio de ambos resultados - como R_s .

3.6. Retenido en la Malla Núm 20

El objeto de esta prueba es determinar cuantitativa- mente el contenido de asfalto presente en forma de glóbulos relativamente grandes y que pueden obtruir el espesor y la- uniformidad de la película de asfalto sobre las partículas- del agregado pétreo; además que el tamaño de los glóbulos - indican una buena o mala estabilidad de la emulsión para -- permanecer en ese estado. Los glóbulos grandes indican que

la emulsión va a tener una tendencia asedimentarse y por lo tanto, esto puede causar su rompimiento.

Equipo y Materiales necesario para la Prueba.

Una malla circular "U.S. Standard" con un diámetro - de 10 cm. de aberturas cuadradas de 0.841 mm. Núm 20 con su fondo.

Una probeta de 500 cm³.

Un vaso de precipitado de vidrio, con capacidad de -- 1000 ml. y agua destilada.

Procedimiento de Prueba

1) Pése la malla y su fondo y regístrese como W_t - el peso total.

2) Pése 500 g. de una muestra representativa de - la emulsión en la probeta de 500 cm³ y hágase pasar por la malla de 0.841 mm. Núm 20 previamente humedecida con agua - destilada o agua jabonosa, del mismo tipo de la utilizada - para la fabricación de emulsiones.

3) Lávense las probetas o vasos y la malla con agua destilada, hasta que el agua de lavado salga limpia.

4) Colóquese el fondo a la malla y séquese en el horno durante dos horas a una temperatura de 105°C. Déjese enfriar

En un desecado hasta la temperatura ambiente y pése-se. El resultado se anotará como W_r .

Calcúlese y repórtese el material retenido en la malla, utilizando la siguiente fórmula.

$$R_{20} = \frac{W_r - W_t}{500} \times 100 = \frac{W_r - W_t}{5} = 0.2 (W_r - W_t).$$

En donde:

R_{20} = Material retenido en la malla Núm 20, en porcentaje.

W_r = Peso de la malla, fondo y retenido en la malla, en gramos.

W_t = Peso de la malla y fondo, en gramo.

3.7. Determinación del Potencial Hidrógeno (pH)

Esta prueba sirve para determinar el potencial de --

de hidrógeno de la fase acuosa de las emulsiones asfálticas. El pH es el logaritmo con signo contrario de la concentración de iones de hidrógeno H^+ .

Equipo y materiales necesarios para la prueba

Un potenciómetro con escala doble (una para la banda ácida y otra para la alcalina) y un dispositivo que permita corregir los efectos de la temperatura. El voltímetro del aparato debe tener una resistencia interna elevada de 10^{12} ohm. Para eliminar a los efectos de polarización en los electrodos.

Un electrodo de referencia de tipo platino/mercurio/calomel, en solución acuosa saturada de KCL.

Una solución de referencia de tartrato ácido de potasio (saturada), con un $pH = 3.57 \pm 0.02$ entre 20° y $30^\circ C$.

Una solución de referencia de bórax 0.02 m. con:

$pH = 9.22 \pm 0.02$ a $20^\circ C$

$pH = 0.18 \pm 0.01$ a $26^\circ C$

$pH = 0.13 \pm 0.01$ a $30^\circ C$

Una solución saturada de KCL. (cloruro de potasio)

Una solución de diamina comercial de clorhidrato de alquil-propileno-diamina comercial al 1% con el pH comprendido entre 3 y 5.

Una solución de jabón de resina vinsol con un pH entre 12 y 13.

Agua destilada, acetona y tricloroetileno.

Dos vasos de 100 ml. y uno de 250 ml. de polietileno.

Antes de la prueba, se homogeneiza suficientemente una muestra representativa de 200 g. de emulsión.

Procedimiento de prueba

1) En el caso de las emulsiones catiónicas, los electrodos se mojan en la solución de diamina de clorhidrato de alquil propileno. Para las aniónicas con jabón de resina vinsol.

2) Se lavan los electrodos con agua destilada.

3) Los electrodos se calibran sumergiéndolos en algunas de las soluciones de referencia y se anota la lectura obtenida como pH, cuidando de hacer la corrección por la --

temperatura.

4) Se lavan los electrodos con agua destilada.

5) A continuación de vierten 50 ml. de la muestra en un vaso de 100 ml. se introducen los electrodos y después - de agitar el vaso durante algunos segundos, se determina la lectura pH_2 .

6) Lávense finalmente los electrodos con agua destilada.

7) Con objeto de verificar la calibración de los --- electrodos, efectúese una determinación mas en la misma solución de referencia y anótese la lectura pH_3 .

8) Para lavar los electrodos, enjuáguese con acetona, en seguida con tricloroetileno, nuevamente con acetona y funalmente con agua destilada.

El resultado debe reportarse así.

1) Como resultado de la prueba se reportará la lectura como pH_2 con un decimal.

2) Indique la temperatura de la prueba, que debe estar comprendida entre 20 y 30°C.

4. Pruebas en el Residuo.

Las pruebas en el residuo tienen como objeto conocer las propiedades de los materiales asfálticos que componen a la emulsión asfáltica.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que estos ensayos se hacen sobre el residuo que se ha obtenido de la destilación y esta prueba ha mostrado valores que no están de acuerdo con las propiedades de los ligantes empleados durante su fabricación.

4.1. Penetración.

Este método describe un promedio para determinar la penetración de materiales bituminosos semisólido o sólidos.

La muestra se funde y enfría bajo condiciones normalizadas. La penetración se mide por medio del penetrómetro empleando una aguja standar que se aplica a la muestra.

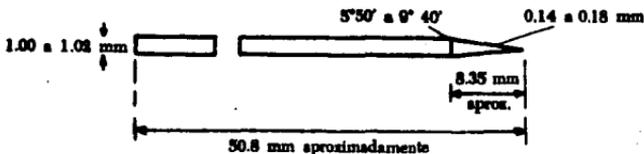
La penetración de un material bituminoso es la distancia de décimas de milímetro que una aguja estándar pene-

tra verticalmente en la muestra, bajo condiciones normalizadas de temperatura, carga y tiempo.

Equipo necesario para la Prueba

Cualquier tipo de aparato de penetración que permita el movimiento del vástago, sin que se tenga una fricción -- apreciable y que esté perfectamente calibrado para aportar resultados de acuerdo con la descripción del término "penetración".

Cuando la aguja va a ser montada en la mordaza, el peso del vástago debe ser de 47.5 ± 0.05 g. Cualquiera -- que sea el aditamento de montaje, el peso total del vástago con la aguja debe ser de 50 ± 0.1 g. Debe contar con pesas de 50 g. ± 0.2 g. y de $100,00 \pm 0.001$ g. para poder tener pesos totales de 100 g. y 200 g. según las condiciones de la prueba.



Dibujo con las Dimensiones Standard de la Aguja de Penetración.

Una aguja como la que se muestra en el dibujo, hecha de una varilla cilíndrica de acero de aproximadamente 50.8-mm. de longitud y 1.0 a 1.02 mm' de diámetro; uno de los extremos debe ser simétricamente cónico. El cono debe ser aproximadamente de altura y con un ángulo entre 8°40' y 9°40'. Después de darle la forma cónica, se deberá despuntar esmerilando, hasta que quede un cono truncado, cuya base menor tenga de 0.14 a 0.16 mm. de diámetro. La aguja terminada debe ser templada y altamente pulida. El tramo expuesto de la aguja cuando se halla montada en la mordaza del aparato de penetración o en una férula, no debe ser menor de 40-mm. ni mayor de 43 mm.

Un recipiente de metal o de vidrio de fondo plano, donde se prueba la muestra. El recipiente que se use para materiales con una penetración de 200 o menos, debe tener una capacidad nominal de 115 cm³; sus dimensiones interiores deben ser aproximadamente como sigue: 55 mm. de diámetro y 35 mm. de altura. El recipiente que se use para materiales con penetración mayor de 200 debe tener una capacidad nominal de 230 cm³; sus dimensiones interiores deben ser más o menos las siguientes: 70 mm. de diámetro y 45 mm de altura.

El baño maría debe mantenerse a una temperatura tal, que no varíe 0.1°C de la seleccionada para la prueba. El -

volumen de agua no deberá ser menor de 10 litros.

La altura del baño debe permitir que la muestra sea sumergida a una profundidad de 10 cm. y de ser soportada en una plataforma perforada, que estará 6 cm. separada del fondo. No se debe permitir que el agua se llegue a contaminar de aceite o suciedades; cuando se tenga que hacer la prueba a bajas temperaturas se puede emplear sal en el agua.

Si la prueba se hace en el mismo baño, la plataforma debe soportar el peso del penetrómetro.

El vaso de traslado para el recipiente debe ser un cilindro de metal o de vidrio con fondo plano, provisto de algún medio que asegure un apoyo firme para evitar que el recipiente se balancee. Debe tener un diámetro interior mínimo de 90 mm. y una altura mínima de 55 mm. por encima de los apoyos del fondo.

Se requerirá de los siguientes termómetros, de acuerdo con las necesidades especificadas en el A.S.T.M. para termómetros:

Para las pruebas de 25°C se puede usar el mismo que el empleado para la viscosidad S.F., con un rango de 18°C a 27°C. El termómetro deberá estar en inmersión a 150 ± 15 mm.

Para las pruebas de 46.1°C empléese un termómetro -- con un rango de 25°C a 55°C. También en este caso, deberá estar en inmersión a 150+ 15 mm.

Puesto que la precisión de la prueba depende principalmente del control que se tenga de la temperatura, los -- termómetros deberán estar certificados por el método de --- inspección y estandarización de "Etched_Stem" líquidos en - vidrio para termómetros (A.S.T.M. E-77).

El cronómetro deberá tener una aproximación de 0.1 - segundos o una alarma. Algunas veces, se adapta un mecanismo de tiempo directamente al penetrómetro.

La muestra se debe calentar con cuidado para evitar un sobrecalentamiento local a la temperatura mínima posible, hasta que se vuelva suficientemente fluida para verterse -- con facilidad. En ningún caso la temperatura de la muestra debe exceder de 93°C sobre la temperatura de ablandamiento determinada por el método A.S.T.M. 36. La muestra debe ser agitada hasta que esté homogénea y libre de burbujas de --- aire. Después se debe vaciar en el recipiente hasta una -- altura, tal, que al enfriarse a la temperatura de la prueba, sea por lo menos 10 mm.más que la profundidad a la cual la aguja penetra durante la experiencia. Se deben vaciar ---- muestras separadas para cada variación en las condiciones--

de la prueba.

El recipiente y su contenido se deben tapar ligeramente, como protección contra el polvo y se deben dejar enfriar a una temperatura no mayor de 29.5°C ni menor de 20°C entre hora y media y dos horas, cuando la muestra se halla en un recipiente de 230 cm^3 . y entre una hora y hora y media cuando se trata de un recipiente de 115 cm^3 . Después, se debe colocar en el baño de agua junto con el vaso de --- traslado y dejarse reposar de hora y media a dos horas cuando la muestra se halla en un recipiente de 230 cm^3 , y cuando menos hora y media si la muestra está en un recipiente de 115 cm^3 .

Procedimiento de la prueba es la siguiente

1) Al hacer la prueba, la muestra se debe colocar en el vaso de traslado con agua del baño, en cantidad suficiente para cubrir completamente el recipiente.

Después se coloca el vaso de traslado que contiene la muestra sobre el soporte del penetrómetro. La aguja cargada con el peso especificado, se ajusta de modo que haga contacto con la superficie de la muestra.

Esto se puede realizar haciendo contacto entre la --

aguja real y su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra por medio de una fuente luminosa convenientemente situada. Después, se anota la lectura de la escala o se pone la manecilla en cero. Se suelta la aguja durante el período de tiempo especificado, tras lo cual se ajusta el vástago del penetrómetro para leer la distancia penetrada.

2) Se debe hacer por lo menos tres pruebas sobre puntos de la superficie de la muestra, que no estén a menos de 1. cm. de la pared del recipiente, ni a menos de 1 cm. de distancia entre sí. después de cada prueba, la muestra y el vaso de traslado se deben regresar al baño de agua, mientras la aguja se limpia cuidadosamente hacia su punta; primero con un paño limpio humedecido con tetracloruro de carbono para quitar todo el asfalto adherido y después con un paño limpio y seco. La penetración reportada debe ser el promedio calculado aproximado a la unidad más cercana de -- por lo menos tres pruebas, cuyos valores individuales no deben diferir del promedio en más de las tolerancias calculadas con aproximación de una unidad para dicha penetración. Las tolerancias se deben calcular como sigue:

$$\text{TOLERANCIA} = \frac{\text{PENETRACION}}{100} \pm 1$$

3) Cuando se desee variar la temperatura y con el ob

jeto de proporcionar un método uniforme para reportar los resultados si hay variaciones, se sugieren las siguientes combinaciones de temperatura, tiempo y carga:

- a 0°C 200 g. de carga, 60 segundos
- a 46.1°C 50 g. de carga, 5 segundos.

Cuando se obtengan penetraciones de 5 o menos y se requieran resultados más significativos. La prueba se puede hacer usando una carga creciente. Se sugieren incrementos de 100 g. cuando se hagan variaciones. Las muestras deben ser preparadas de acuerdo con las instrucciones anteriores, aunque tenga que usar salmuera en lugar de agua, en el baño si es necesario para mantener las bajas temperaturas.

Los resultados de las pruebas por éste método, deben ser obtenidos por distintos laboratoristas dentro de límites abajo y arriba del resultado promedio, como sigue:

$$\text{LIMITE} = (+) \frac{\text{PENETRACION PROMEDIO}}{50}$$

4.2. Ductilidad de los materiales asfálticos.

La ductilidad de los materiales asfálticos, se mide por la distancia a la cual se pueden estirar antes de romperse, cuando los extremos de una briqueta de muestra del

material de la forma descrita en el inciso 2, son jalados a una velocidad y a una temperatura especificada. A menos -- que se indique otra cosa, la prueba se debe hacer a $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ y a una velocidad de 5 cm./min., más o menos 5%. Cuando se desea hacer una prueba de ductilidad a baja temperatura, la prueba se efectúa a 4°C y a una velocidad de 1cm/min.

Equipo para la Prueba

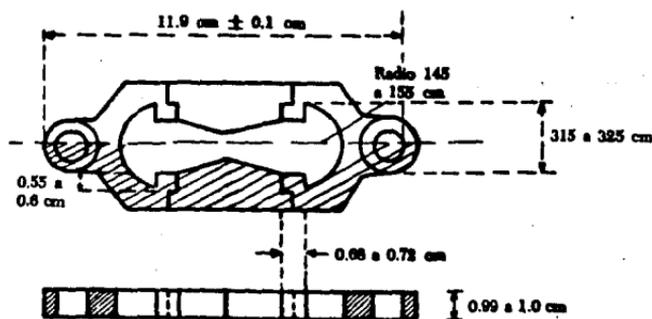
El molde debe ser diseñado de acuerdo a las dimensiones mostradas en la figura, estas pueden tener las variaciones permisibles que se indican. El molde debe ser de latón, los extremos b y b' se designan como pinzas, y las partes a y a' como lados del molde. Las dimensiones del molde deben ser tales, que cuando esté debidamente armado forme una briqueta con las siguientes dimensiones:

Longitud total	7.45 a 7.55 cm.
Distancia entre las pinzas	2.97 a 3.03 cm.
Anchura en la boca de la pinza	1.98 a 2.02 cm.
Anchura en la sección más estrecha (a la mitad entre las dos pinzas)	0.99 a 1.01 cm.

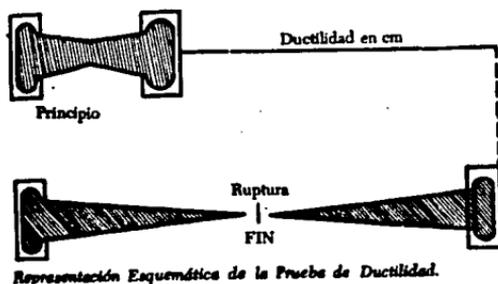
El baño de agua debe mantenerse a la temperatura de prueba especificada, con variaciones no mayores de 0.1°C -- con respecto a dicha temperatura. El volumen del agua no -

debe ser menor de 10 litros y la muestra debe ser sumergida a una profundidad no menos de 10 cm. y estar colocada sobre un entrepaño perforado que se halla a no menos de 5 cm. del fondo del baño.

Para jalar la briqueta del material asfáltico se puede usar cualquier aparato construido en tal forma, que la muestra esté continuamente sumergida en el agua, como se especifica más adelante; al mismo tiempo que las dos pinzas son separadas a una velocidad uniforme, sin vibraciones indicadas.



Dibujo del Molde para la Prueba de Ductilidad.



Procedimiento de Prueba

1) Modelado de la muestra para la prueba. El material asfáltico que se va a probar debe ser fundido completamente, hasta que esté bien fluido, calentándolo en un baño de aceite que se mantiene a la temperatura mínima necesaria para licuar debidamente la muestra.

Después de agitar perfectamente, se vacía el material dentro del molde que se arma sobre una placa de latón. Para impedir que el material por probar se adhiera a la superficie de la placa y las superficies interiores de los lados a y a' de la figura anterior, deben ser completamente amalgamas. La placa sobre la cual se coloca el molde necesita estar completamente plana y nivelada, de modo que la superficie de la base del molde, la toque totalmente. Cuando se llena el molde, se debe tener cuidado de no desarreglar las partes y de formar la briqueta. Al llenar, el material debe ser vertido en un chorro delgado moviendo de --

adelante hacia atrás de un extremo a otro del molde, hasta que esté al ras. Se debe dejar enfriar a temperatura ambiente por un período de 30 a 40 minutos y después se coloca en el baño de agua mantenido a la temperatura especificada para la prueba durante 30 minutos, después de lo cual el exceso de cemento asfáltico se corta por medio de un cuchillo o de una espátula de borde recto, de modo que el molde quede perfectamente lleno al ras.

2) La placa de latón y el molde con la briqueta de la muestra, se colocan después en el baño de agua y se conservan a la temperatura especificada por un período de 85 a 95 minutos, después de lo cual se quita la briqueta de la placa, se desconectan las piezas laterales y se prueba inmediatamente la briqueta así formada.

3) Los anillos en cada extremo de la pieza, son conectados a los postes o ganchos de la máquina probadora y de las dos piezas son jaladas a la velocidad uniforme especificada, hasta que la briqueta se rompa. La distancia hasta la cual podrán ser jaladas las piezas para producir la ruptura, debe ser entonces reportada en centímetros. Al estar haciendo la prueba, el agua del tanque de la máquina probadora debe cubrir la muestra tanto por arriba como por abajo por lo menos 2.5 cm y se debe mantener continuamente a la temperatura especificada dentro de una variación de --

más o menos 0.5°C.

Una prueba normal es aquélla en la cual el material entre las dos pinzas se estira hasta el punto de ruptura en el lugar en que la briqueta prácticamente no tiene ninguna sección. El promedio de tres pruebas normales se debe tomar y reportar como ductilidad de la muestra.

Si el material asfáltico entra en contacto con la superficie del agua o con el fondo del baño, la prueba no se puede considerar como normal. El peso específico del baño se debe ajustar por adición de alcohol metílico o de cloruro de sodio, en tal forma que el material asfáltico no entre en contacto con la superficie del agua o con el fondo del baño en ningún momento durante la prueba.

Si no es posible obtener la prueba normal en tres -- pruebas sucesivas, se debe reportar que la ductilidad no -- puede ser obtenida en las condiciones de prueba.

Debido al posible peligro para la salud cuando el -- mercurio se maneja descuidadamente, se deberá observar en -- todas las ocasiones las siguientes reglas:

Guárdese el mercurio en un recipiente cerrado, en un lugar fresco.

Evítese estrictamente el derramamiento del mercurio.

4.3. Solubilidad del Cemento Asfáltico en Tetracloruro de Carbono.

Este método sirve para la determinación del porcentaje de cemento asfáltico soluble en tetracloruro de carbono.

Este mismo procedimiento se puede emplear para determinar la solubilidad en otros solventes, tales como: Bisulfuro de carbono, benzol, etc.

Equipo para la Prueba

a) Crisol "Gooch", con diámetro aproximado de 4.4 cm en la parte superior, que disminuye a 3.6 cm. en la base y con una altura de 2.5 cm.

b) Asbesto de grado para "Gooch", lavado con ácido, cortado en pedazos no mayores de 1 cm. de longitud, desmenuzado y suspendido en agua.

Preparación de la Muestra

La muestra debe ser representativa y, si contiene más de 2% de agua, se debe deshidratar destilando de una re

torta de cobre de acuerdo con el método A.S.T.M. D370 para prueba de agua en la creosota y el diesel destilado libre de agua se vuelve a mezclar con el residuo. Si el material es duro y quebradizo, puede ser molido y secado a una temperatura inferior a la de volatización del producto.

Preparación del Crisol "Gooch".

Insértese el tubo para el filtro en el tapón de la botella de filtración, colóquese el crisol "Gooch" en el tubo para el filtro y conéctese la botella con la bomba de succión. Llénese el crisol con algo de la suspensión de asbesto en agua; déjese asentar parcialmente en el crisol y aplíquese succión ligeramente para succionar el agua, dejando una capa que pese 0.5+ 0.1 g. después de la calcinación.

Lávese perfectamente la capa de asbesto con agua, séquese en la estufa y calcínese sobre un mechero "bunsen". Enfríese el crisol en el desecador, pésele y vuélvase a colocar en el tubo para el filtro seco que se haya colocado en la botella de filtración limpia y seca.

Procedimiento de prueba.

1) Pésele aproximadamente 2 g. de muestra dentro del matraz cónico tarado y agréguese en pequeñas porciones

100 ml. de tetracloruro de carbono, agitando continuamente hasta que desaparezcan todos los grumos y que no quede nada adherido al fondo del matraz. Después, tápese el matraz y guárdese en la obscuridad por lo menos durante 12 horas.

2) Decántese la solución de tetracloruro de carbono cuidadosamente a través de la capa de asbesto del crisol -- "Gooch" preparado, sin succionar o succionando ligeramente, según se encuentre que es necesario, reteniendo lo más que sea posible el sedimento en el matraz hasta que toda la solución haya pasado por el asbesto. Con una pequeña cantidad de tetracloruro de carbono, lávense las paredes del matraz y bájese el precipitado del matraz a la capa de asbesto. El matraz debe ser frotado con una pluma si es necesario, con el objeto de quitar todo el precipitado; lávese el contenido del crisol con tetracloruro de carbono hasta que los lavados sean incoloros y después aplíquese succión para eliminar el tetracloruro de carbono. Séquese el crisol en la estufa entre 100 y 125°C durante 25 minutos, enfríese en el retenido de la materia insoluble en tetracloruro de carbono.

3) Si la materia insoluble se adhiere al matraz, séquese el matraz y pésele. Súmese el peso de la materia insoluble en el matraz, al paso de la materia insoluble en el crisol "Gooch".

4) En el caso de que se desee saber la cantidad de materia mineral que pueda haber pasado a través del asbesto, evapórese el filtrado y calcínese el residuo asfáltico. Si en la ceniza del filtro se halla presente algún mineral de carbonato, agréguese a la ceniza algunas gotas de una solución de carbonato de amonio y séquese a 100°C, después califentese durante algunos minutos a un rojo obscuro y enffiese en el desecador. Pésese y agréguese el peso de la ceniza obtenida, al peso de la materia insoluble en tetracloruro de carbono.

Cálculos y Reporte.

a) Cálculo. El peso de la muestra tomada calculado sobre base seca menos el peso total de la materia prima insoluble en tetracloruro de carbono, es el peso del cemento asfáltico soluble en tetracloruro de carbono. El porcentaje se debe calcular sobre base seca del material.

b) Reporte. La proporción de cemento asfáltico soluble en tetracloruro de carbono, se debe reportar en porcentaje como sigue:

$$P = \frac{\text{CEMENTO ASFALTICO SOLUBLE EN TETRACLORURO DE CARBONO}}{\text{CEMENTO ASFALTICO TOTAL}} \times 100$$

Donde:

P = Porcentaje de cemento asfáltico soluble en tetracloruro de carbono.

C A P I T U L O V

RECOMENDACIONES

Para la construcción y conservación de carreteras se recomienda el uso de las emulsiones asfálticas y, más concretamente de las emulsiones catiónicas, está remplazando a los rebajados y aún a la mezcla en caliente.

En los últimos años, esta técnica ha tenido adelantos muy notables, con lo que su uso se ha generalizado.

Entre las ventajas que presenta su empleo, tenemos:

- 1.- Es más fácil manejar, porque no es necesario calentar el producto.
- 2.- Tiene mayor estabilidad que el asfalto rebajado, al carecer de solventes. Puede permanecer almacenada prácticamente por tiempo indefinido.
- 3.- Se obtiene buenos resultados casi todos los agregados, por la propiedad que le confiere el mismo

emulsificante a la emulsión, haciendo que la afinidad entre los dos sea automática.

- 4.- No es necesario secar, así como tampoco calentar el material pétreo.

Al no importar la temperatura ni el grado de humedad, se obtiene un período mucho mayor para trabajar con estos productos asfálticos. Prácticamente, podríamos considerar la temperatura de 365 días del año y de 24 horas por día. Lo anterior, aunque es puramente teórico, se podrá considerar de esta forma, porque no será necesario esperar a que se evapore la humedad producida en el curso de la noche, así como tampoco es necesario suspender el trabajo como precaución al amenazar lluvia. Aún se puede trabajar de noche, con tal de que la temperatura no baje de 5°C.

ALMACENAMIENTO

Durante el almacenamiento las ventajas son:

Se puede almacenar como si fuera agua a temperaturas entre 10°C a 60°C dependiendo del tipo y del uso.

Se puede calentar empleando agua caliente, vapor de aceite o llama indirecta, siempre y cuando las superficies de contacto no sobrepasen de 85°C. Las emulsiones que ten-

gan una baja viscosidad no habrá necesidad de calentarlas, únicamente se hará necesario emplear calor cuando la viscosidad sea mayor a 300 segundos S.F. a 25°C que es cuando se dificulta su manejo por medio de bombas. En tabla de viscosidad se pueden ver los rangos de variación de las emulsiones que produce C.P.F.I.S.C.

TABLA DE VISCOSIDAD A 50°C

ERR- C	30 a 150 seg. S.F.
ERM- C	15 a 150 seg. S.F.
ERL- C	15 a 150 seg. S.F.
ESS- C	15 a 30 seg. S.F.
ESS-	10 a 30 seg. S.F.

NO SE PUEDE calentar las emulsiones a más de 85°C. - Cuando se pasa de este límite se hierve el producto, provocando un desequilibrio en la estabilidad de la emulsión, -- haciendo que se deposite una cierta cantidad de asfalto puro en el fondo del tanque, presentándose un rompimiento parcial de la emulsión.

NO SE PUEDE permitir que la superficie de contacto - de los serpentines o sistemas de calentamiento sobrepase la temperatura de 85°C.

SE DEBE proteger las bombas de una posible congelación en zonas frías para evitar retrasos y posibles rupturas de piezas.

Se debe evitar un sobrebombeo para evitar cambiar las características de la emulsión.

Se debe tener cuidado al vaciar una emulsión en un tanque donde haya sido almacenada otra que no haya sido previamente identificada. En el caso de emulsiones aniónicas y catiónicas es la situación más grave y es necesario hacer uso de la opinión de laboratorio especializado o en último caso, tratar de mezclar la emulsión existente con la que se pretende almacenar en pequeñas cantidades para apreciar la compatibilidad.

Se debe vaciar o agitar, procurando que las tuberías lleguen al fondo de los tanques para evitar la formación de espuma.

USOS DE LAS EMULSIONES.

Oficialmente C.P.F.I.S.C. Ha registrado nueve emulsiones, ocho de ellas del tipo catiónico y una aniónica, según puede verse en la lista siguiente:

Rompimiento rápido	ERR-C1
Rompimiento medio	ERR-C2
	ERM-C3
	ERM-C4
Rompimiento lento	ERL-C4
	ERL-C5
Rompimiento Superestable	ESS-C4
	ESS-C5
Rompimiento Superestable	ESS-A

Las emulsiones de rompimiento rápido se emplean en - tratamientos superficiales tales como, riegos negros, im- - pregnación y riegos de sello con gravilla. Las emulsiones - de rompimiento medio, lento y superestables se usan en mez- - clas asfálticas en estabilizaciones, bases negras y carpe- - tas. También las superestables se usan en la elaboración - de lechadas asfálticas. Las aniónicas superestabilizadas - se emplean para mezclas asfálticas de estabilizaciones, ba- - ses negras, carpetas y lechadas asfálticas, aunque siempre - está limitado su uso por las condiciones climatológicas por - ser muy sensibles a la humedad.

RECOMENDACIONES PARA EL RIEGO DE SELLO.

El asfalto en las emulsiones de rompimiento rápido - sirve para fijar la gravilla, sin embargo el agua también -

juega un papel muy importante en su comportamiento. El --- agua tiene tres funciones:

Baja la viscosidad de la emulsión de tal forma que - la viscosidad que se logra es igual a la que se lograría empleando altas temperaturas en el residuo que forma la emulsión.

Sirve como medio para contener los productos quími--cos que mejoran la adherencia entre el asfalto y los agregados pétreos.

Su contenido en las emulsiones ayuda para que al final de su eliminación esté asegurado que el riego no vaya a presentar llorado, tal como ocurre con los rebajados asfálticos. Esto es muy importante cuando se tiene una intensidad de tránsito de vehículos.

Aplice las emulsiones de rompimiento rápido en las mismas cantidades que para los rebajados asfálticos. Un poco mas del producto no afecta en el comportamiento del riego.

Aplice la gravilla inmediatamente después de que se efectúe el riego de la emulsión para asegurar el máximo de embebido de la gravilla.

Aplique gravilla limpia, dura y con cortes angulares para prevenir el desprendimiento.

Aplique la compactación con un neumático autopropulsado tan pronto como sea posible. Esto permite asegurar el embebido de la gravilla y las orienta en la posición mejor posible, mientras la emulsión no haya roto.

Aplique un control estricto en la velocidad de tránsito de los vehículos o deje el tratamiento el tiempo necesario para lograr un adecuado curado, asegurando su comportamiento.

RECOMENDACIONES PARA MEZCLAS ASFLATICAS.

Es esencial la selección mas adecuada de emulsión para los pétreos que se van a emplear en la mezcla asfáltica.

Debe analizarse el material pétreo en todas sus características con el objeto de poder escoger la emulsión -- mas adecuada de acuerdo con éstas.

Debe conocerse con exactitud el método de construcción que se va utilizar ya que la emulsión deberá adaptarse a la maquinaria por emplearse.

Debe determinarse la cantidad de agua óptima de mezclado para obtener el cubrimiento también óptimo

Debe conocerse la función que vaya a tener la mezcla asfáltica ya que de esta será exigible el porciento que se pida de cubrimiento de los agregados pétreos.

Debe evitarse un sobremezclado del material pétreo--emulsión con objeto de evitar que los materiales gruesos se peguen dejando únicamente el asfalto concentrado en los finos.

Debe procurarse tender la mezcla asfáltica en capas no mayores de 75 milímetros.

Evitar cualquier construcción con material pétreo-emulsión cuando se tengan temperaturas menores de 7°C, procurando siempre tener la posibilidad de futuras temperaturas mayores a la límite señalada.

C A P I T U L O I V

CONCLUSIONES

Se concluye que uno de los factores más importantes que determinan si se obtendrá una buena adherencia en una mezcla de agregado pétreo y un asfalto emulsificado, es la naturaleza de las propiedades superficiales del material pétreo.

Es muy difícil encontrar en la naturaleza una fuente de materiales pétreos que sean totalmente electropositivos o electronegativos. En vez de ello, la mayor parte de las rocas tienen elementos que hacen que los dos tipos de materiales existan en la superficie de ellas. De esta manera, una superficie fracturada, tendrá una mezcla de cargas electropositivas y electronegativas. Los materiales pétreos que son intermedios entre estos extremos, incluyen al basalto, al pórfido y algunos tipos de calizas.

Por lo que se concluye, que las emulsiones asfálticas son las que se deben adaptar a los materiales pétreos, existentes en la región donde se va usar este material pétreo.

El tipo de emulsión por utilizar será escogido en función del lugar que ocupa en esta tabla, y da el "signo" de los materiales, en función de contenido de sílice SiO_2 .

- Emulsión aniónica para materiales "positivos" o mixtos.
- Emulsión catiónica para materiales mixtos o "negativos".

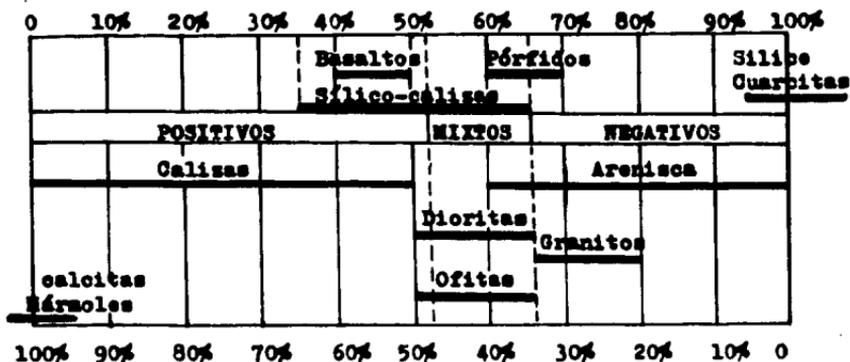
Debemos agregar que de todas maneras es prudente, cada vez que se encuentra uno en presencia de materiales Mixtos, utilizar una emulsión bi-activa, es decir, susceptible de intercambiar iones con las dos categorías de materiales.

Como hemos visto, la emulsión catiónica presenta esta propiedad: "Adhesividad polivalente".

La rapidez de formación del compuesto insoluble obtenido con la emulsión catiónica, es otra razón para preferir la cada vez que se temen riesgos de desprendimiento: Caso de climas húmedos y fríos, caso en que se tenga tránsito --

inmediato y muy importante en la carretera.

CONTENIDO DE SILICE (SiO_2)



CONTENIDO DE OXIDOS ALCALINOS O ALCALINO-TERREOS.

C A P I T U L O V I I

BIBLIOGRAFIA

1. **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION DE LA SE-
CRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS.
Parte cuarta,
Libro Primero, Parte octava.
Parte novena
Tercera Edición,
1973.**
2. **Manuel Bustamante Velazco y
Domingo Sanchez Rosado,
EMULSIONES ASFALTICAS PARA CAMINOS,
Revista de Ingeniería, U.N.A.M.
Abril de 1967.**
3. **Apuntes de Caminos y Puentes Federales de Ingresos -
y Servicios Conexos.
LAS EMULSIONES ASFALTICAS
LAS TECNICAS DE SU APLICACION,**
4. **Gustavo Rivera E.
EMULSIONES ASFALTICAS,
Representaciones y Servicios de Ingeniería,S.A.
México.**
5. **Poul Becher,
EMULSIONES TEORIA Y PRACTICA,
Versión Española,
Julián Fuentes Marcuello,
Editorial Blume,
1972.**