

39
20j.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA



**DESARROLLO DE UN SELLADOR
A BASE DE ASFALTO Y
HULE ESTIRENO - BUTADIENO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

Q U I M I C O

P R E S E N T A :

ZOILA OSCOS PRADO

MEXICO, D. F.

1992

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DESARROLLO DE UN SELLADOR A BASE DE ASFALTO

HULE ESTIRENO-BUTADIENO.

I	INTRODUCCION	
	1) ANTECEDENTES HISTORICOS	5
II	CONSIDERACIONES TECNICAS	
	A) IMPERMEABILIZANTES	9
	1. IMPERMEABILIZANTES BITUMINOSOS	10
	2) IMPERMEABILIZANTES NO BITUMINOSOS	11
	B) SELLADORES	17
	1) TIPOS DE SELLADORES: CLASIFICACION INDUSTRIAL	20
	2) SELLADORES BITUMINOSOS (ASFALTICOS)	21
	3) MATERIAS PRIMAS PARA SELLADORES ASFALTICOS	22
	3.1) MATERIALES ASFALTICOS	
	3.2) HULE ESTIRENO-BUTADIENO	
	3.3) CARGAS O RELLENOS MINERALES	
	3.4) DISOLVENTES	
	3.5) ADITIVOS	
III	PARTE EXPERIMENTAL	
	1) MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO	56
	2) RESULTADOS - PREPARACION DE MUESTRAS	59
IV	CONCLUSIONES	95
V	BIBLIOGRAFIA	95

I INTRODUCCION

El confort que el hombre ha buscado por siempre en sus viviendas lo ha llevado a indagar, investigar, encontrar y/o fabricar materiales idóneos para tal fin, siendo una de sus principales metas obtener protección contra uno de los elementos naturales: el agua.

Aunque la humedad algunas veces es solamente un problema de estética que daña la pintura y el aspecto de la construcción, cuando está siempre presente, además de dañar la construcción, puede ser nociva para la salud y estando en bodegas o tiendas causa severos daños a la mercancía. Nos referimos aquí a la humedad que se filtra a través de paredes, techos y al llamado salitre.

Por lo anterior, a través de la historia se han utilizado diferentes y muy variados recubrimientos, siendo uno de los más importantes y utilizados por sus propiedades y costo el petróleo y derivados.

Actualmente, se observa un aumento considerable en el consumo de recubrimientos ya que los diferentes materiales de construcción se agrietan o se desintegran al absorber agua o humedad causando un costo de protección, pero más costoso es no protegerlos adecuadamente.

Durante los últimos años se ha mejorado y revolucionado materialmente la manufactura de los recubrimientos de superficie, y la gran variedad que existe en la actualidad tienen características comunes, es decir, se aplican en estado líquido y forman películas sólidas y continuas, después de ser aplicadas a la superficie.

Diferentes tratamientos de impermeabilización se aplican a una gran diversidad de productos, desde telas hasta estructuras de construcciones, y dentro de este rango pueden abarcar materiales tan distintos como: textiles, papel, cuero, cemento, obras de fábrica, etc.

Por ejemplo un recubrimiento protector de construcciones de concreto, debe conservar por mucho tiempo una superficie dada -lo cual no siempre se cumple-, ya que en las losas existen grietas causadas por las contracciones y dilataciones del material, así como el problema de los chaflanes por donde se filtran el agua y humedad, por lo que se debe obturar o sellar dichas grietas y chaflanes con un producto sellador de tipo impermeabilizante que cumpla con las características apropiadas para ser empleado en ambos casos.

Los recubrimientos más comunes para estos casos están constituidos fundamentalmente por un material asfáltico el cual exhibe cualidades impermeabilizantes, adherentes y de penetración, que constituyen un valioso elemento de protección

contra el agua y la humedad. Sin embargo, el aire, el sol, la lluvia y los cambios de temperatura afectan las propiedades del material, que a la larga lo degradan causandole grietas que provocan que el agua se filtre y las propiedades impermeabilizantes se pierdan.

Por lo mencionado anteriormente, se debe tomar en consideración la mejora en las propiedades que presenta el asfalto adicionandole diferentes cargas y refuerzos para lograr una mayor duración y economía. En la actualidad existen diversos productos para sellar techos y puntos o zonas críticas por donde se puede filtrar agua o humedad, sin embargo algunos de ellos no cumplen con su objetivo o son sumamente costosos.

En el presente trabajo, el objetivo principal es el desarrollar un sellador tipo impermeabilizante de base asfáltica formulado con hule estireno-butadieno para aplicar en láminas de asbesto-cemento, concreto y lámina de metal, con el fin de obtener un producto que posea mejores propiedades que los existentes en el mercado actual. Las propiedades más importantes que deberá de tener son: adherencia, elasticidad, resistencia al intemperismo, secado exterior rápido y costo económicamente atractivo.

El material empleado en la formulación del sellador es una base asfáltica, hule estireno-butadieno, disolventes, aditivos y cargas o rellenos minerales. Estos materiales proporcionan al

sellador las propiedades requeridas para lograr este objetivo.

Al término de este trabajo se obtuvo un material de consistencia manejable que soporta eficazmente contracciones y dilataciones, es decir, que presenta elasticidad. No presenta grietas, resecamiento ni escurrimiento cuando es expuesto a periodos de intemperismo. El tiempo de secado exterior es rápido y conserva en su interior una cantidad adecuada de disolventes. En cuanto al precio de este producto (materia prima) es el más económico de los productos comerciales del mercado.

1: ANTECEDENTES HISTORICOS

Las propiedades impermeabilizantes, adherentes y de penetración que presenta el asfalto lo hacen un elemento valioso en la protección contra el agua y la humedad.

Antes del descubrimiento del petróleo y de los métodos modernos de refinación que proporcionan innumerables tipos y grados de asfalto que son utilizados en trabajos especiales de impermeabilización, el asfalto se obtenía de yacimientos naturales y se usaba para recubrimientos impermeabilizantes y protectores.

Desde tiempos remotos las propiedades o cualidades impermeabilizantes y preservativas del asfalto han sido demostradas por las condiciones inalteradas y buen estado de conservación de las reliquias y estructuras protegidas con este material. Se desconoce la fecha en que se emplearon por primera vez los materiales bituminosos para techar, pues la propiedad impermeabilizante y la durabilidad del asfalto se conocía ya en la época de los sumerios (3900-3000 a. de C.).

La construcción de un techo compuesto por capas alternadas de alquitrán y arena aplicados sobre tablas previamente calafateadas es el primer caso conocido, esto ocurrió en Alemania en el año de 1722. Aproximadamente cien años después, se utilizó para techar el papel impregnado con alquitrán. Esta es la fecha

más antigua que se tiene sobre el uso de un betún en un producto prefabricado para dicho fin. El primer tejado bituminoso que se hizo fué en Nueva Jersey, U.S.A., en el año de 1845 y estaba compuesto de papel impregnado con alquitrán de pino y brea de alquitrán de pino. Después, los compuestos derivados del pino fueron reemplazados por el alquitrán de hulla y la brea de hulla. Estos fueron los precursores de los actuales tejados de asfalto y alquitrán de hulla. Los materiales preparados se empezaron a vender en 1893.

Hoy en día, el mercado de la construcción de estructuras y edificios se ha desarrollado enormemente siendo por mucho el asfalto el material indispensable para la protección y conservación adecuada, habiéndose dado gran impulso a su empleo por las facilidades y bajo costo que se han obtenido para su aplicación.

A través del tiempo las formulaciones de los recubrimientos han cambiado notablemente, se conocen desde mezclas de 2 elementos e incluso la utilización del asfalto como único elemento, hasta las complicadas formulaciones existentes en el mercado. A continuación se mencionan ejemplos de algunas formulaciones básicas utilizadas en el pasado y que tuvieron gran aceptación:

A) En una charola de hierro se derriten 2 partes de brea o alquitrán y 1 parte de gutapercha. Se debe quitar la tierra o polvo que tengan las goteras. se calientan los bordes con un

soldador caliente y se aplica en las mismas el cemento anterior en estado fluido; después se le pasa por encima una plancha tibia. Con este cemento se repara toda grieta en zinc, plomo o hierro y sirve también para acuarios.¹³

B) Brea 25 partes
Asfalto 25 partes
Corcho 25 partes
Asbesto 10 partes
Petróleo 100 partes

Da un producto muy espeso, si se quiere menos denso se agrega más petróleo; el asfalto y la brea deben quebrarse bien o molerse y el asbesto y la brea deben ir bien desmenuzados; hay que usar calor para disolver los ingredientes en el petróleo.

C) Asfalto 34 partes
Petróleo 26 partes
Asbestos 40 partes

Esta composición es similar a la anterior, pero se utiliza más asbesto. El asbesto debe ser del tipo de fibra larga. Para hacer este impermeabilizante hay que disolver el asfalto en el petróleo y luego añadir el asbesto; al aplicar este producto debe agitarse para evitar que se sedimente el asbesto.

La siguiente composición mejora notablemente todos los impermeabilizantes a base de asfalto, sobre todo en partes muy cálidas ya que el punto de ablandamiento se hace más elevado

gracias a la adición de gilsonita.

D) Asfalto 9 partes
 Gilsonita 4 partes

Al fuego se mezclan estas dos sustancias, se retira del fuego y se agregan las siguientes:

Petróleo 80 partes
Alquitrán de Hulla 16 partes
Aceite de linaza 1 parte

E) Alquitrán de Hulla 50 partes
 Hule crudo 3 partes
 Hidrato de cal 2 partes
 Albayalde 1 parte
 Gasolina 5 partes

Se disuelve el hule en la gasolina, aunque también puede usarse petróleo, se calienta con precaución, se agrega el albayalde y el hidrato de cal al alquitrán y se mezclan las dos soluciones.

F) 2 partes de una solución de hule butilo en gas nafta, se agregan a 19 partes de asfalto fundido, todo esto se hace con calentamiento.⁵²³

Como se puede observar, existen formulaciones y mezclas de todo tipo e índole, y todas ellas utilizando el asfalto como materia prima.

II CONSIDERACIONES TEORICAS

A) IMPERMEABILIZANTES

El término impermeabilización denota un proceso que confiere impermeabilidad completa al paso del agua, esto en sentido estricto, pero en sentido general se refiere a los tratamientos para conseguir repelencia del agua y/o evitar la humectación, lo cual implica crear superficies hidrófobas.

La definición para impermeabilizado, según la norma ASTM D-1079 (waterproofing); es el tratamiento a la superficie o estructura que previene el paso de agua líquida.

MATERIALES EMPLEADOS EN UN SISTEMA DE IMPERMEABILIZACION

La impermeabilización requiere de todo un sistema y materiales debido a que hoy en día se necesita mayor protección contra el medio ambiente.

Los materiales más comúnmente empleados en el impermeabilizado se pueden agrupar de la manera siguiente.

CLASIFICACION SEGUN SU COMPOSICION

El estudio de los materiales impermeabilizantes se divide en dos grandes grupos: los bituminosos y los no bituminosos

1) IMPERMEABILIZANTES BITUMINOSOS

Los impermeabilizantes bituminosos se fabrican a partir de asfaltos de petróleo o bien de alquitrán de hulla. En México el asfalto es más abundante que el alquitrán de hulla, por lo cual prácticamente sólo se emplea el asfalto para la fabricación de impermeabilizantes.

En la actualidad, se han detectado cuatro componentes principales en los asfaltos: asfaltenos, aromáticos polares, aromáticos nafténicos y productos saturados. El proceso que se utiliza para la separación de estos componentes es básicamente la extracción con diferentes disolventes. Con los componentes separados se determinan sus características y propiedades físicas y químicas que imparten a los asfaltos.

Efectuando la separación de estos componentes y después mezclándolos en diferentes proporciones, se obtienen asfaltos con características y propiedades distintas. Por este procedimiento se pueden controlar las propiedades deseadas de acuerdo con el uso a que se va a destinar el asfalto.

Lo mencionado anteriormente se refiere a impermeabilizantes de tipo asfáltico. Sin embargo hay que indicar que existen impermeabilizantes de distinta base, es decir, los no bituminosos, los cuales pueden ser divididos de la siguiente forma:

2) IMPERMEABILIZANTES NO BITUMINOSOS

- 1.-ELASTOMERICOS
- 2.-MATERIALES CERAMICOS
- 3.-LAMINAS METALICAS
- 4.-MATERIALES DE CAPILARIDAD NEGATIVA
 - A) SILICONES REPELENTES
 - B) IMPERMEABILIZANTES INTEGRALES

A continuación se detalla brevemente cada uno de ellos:

1.- ELASTOMERICOS, que pueden ser líquidos o ya en membranas prefabricadas.

A) ELASTOMERICOS LIQUIDOS.

Estos productos se aplican con brocha o equipo de aspersión, sobre las superficies. Algunos de estos productos curan por evaporación del disolvente y otros por reacciones químicas. Estos materiales presentan magníficas propiedades, por ejemplo, los que son a base de neopreno-hypalon, poliuretanos o hule clorado se

emplean con éxito en el acabado de albercas, tienen alta resistencia al intemperismo y una gran elasticidad. Sin embargo, su empleo en techos es bastante limitado, debido al alto precio del producto.

B) ELASTOMERICOS SOLIDOS.

Se presentan en forma de membranas prefabricadas, tales como las de nule butilo, P.V.C. o similares, pero tienen el inconveniente de ser sumamente difíciles de sellar en los traslapes entre membrana y membrana. Como las superficies no son totalmente planas, se forman pequeños olanes durante su colocación que son practicamente imposibles de pegar en forma eficiente. El resultado es que aunque a través de la membrana no logra pasar el agua, ésta pasará por el traslape, ocasionando serios problemas. Por esta razón, la aplicación de estos materiales se debe encargar a compañías especializadas en este tipo de trabajos.

2.- MATERIALES CERAMICOS.

Existen materiales ceramicos que en algunas épocas se han usado como materiales únicos en los techos, -por ejemplo, las tejas- pero debido a que se rompen y desacomodan fácilmente con el viento se considera que su uso, hoy en día, debería de destinarse más bien a fines unicamente decorativos. Lo correcto sería colocar debajo de las tejas una impermeabilización formal, como sucede en otros países. Este material día a día va cayendo en desuso.

3.- LAMINAS METALICAS.

Las láminas metálicas de plomo o de cobre son las más usadas para impermeabilización y como ejemplo de su aplicación se puede mencionar el Palacio de los Deportes o la Basílica de Guadalupe en la Ciudad de México. Con el uso de estos materiales se logran efectos decorativos muy interesantes y de muy alta duración. Sin embargo su colocación presenta diversos problemas tales como, soldar traslapes oblicuos, recortes finos y su costo es muy elevado.

En cambio, cuando se usan láminas de fierro, aún cuando esté galvanizado, existen puntos donde se daña el galvanizado en los traslapes, que inevitablemente se oxidan, se corroen y dan puntos de penetración al agua. Por tanto se recomienda que estos acabados sean tratados con mucho cuidado, cuando se use láminas de fierro como impermeabilizantes.

4.- MATERIALES DE CAPILARIDAD NEGATIVA.

Estos materiales no forman verdaderas películas sobre los materiales que protegen, sino que su acción consiste en invertir la capilaridad de las porosidades de tal manera que de ser afines hacia el agua sean repelentes hacia ella, por lo cual habrá cierto rechazo al agua que esté en contacto con esa superficie. Naturalmente, el agua es rechazada en tanto que la presión que la empuja hacia dentro no supere a la fuerza de repelencia. Estos materiales de capilaridad negativa a su vez, se dividen en dos grupos:

A) SILICONES REPELENTES

Se emplean para proteger de la entrada de agua superficies verticales. Estos repelentes a base de silicones, no son para impermeabilizar techos puesto que ahí se acumulan tirantes de agua con presiones suficientes para vencer a la repelencia de los silicones. Deben emplearse exclusivamente en fachadas en las cuales se tengan acabados a base de materiales absorbentes, con la limitación de que los poros de dichos materiales deben de ser de tamaño capilar. Si son poros grandes, entonces la acción de los silicones se ve bastante disminuida y el agua será absorbida hacia el interior.

B) IMPERMEABILIZANTES INTEGRALES

Están formados generalmente a base de jabones metálicos que disminuyen grandemente la absorción del agua. Debe decirse que estos materiales no son una solución completa en losas de concreto, ya que ahí el agua no entrará exclusivamente por la porosidad que queda en el concreto, sino que también penetrará a través de las fisuras capilares y por todos los detalles constructivos que componen la losa, independientemente de que en ellos invariablemente se presentan agrietamientos posteriores al colado, por la hidratación natural del cemento, o bien, por los asentamientos de las construcciones. Por tanto los impermeabilizantes integrales se recomiendan más bien para disminuir en alto grado la absorción de agua a treves de cimentaciones, en muros de concreto, cisternas, etc., pero con las serias reservas ya mencionadas.

CLASIFICACION DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS SEGUN SU APLICACION

Los bituminosos se pueden subdividir por su forma de aplicacion; ya que esta se puede efectuar en caliente, en frio, en forma prefabricada o en combinacion de ellos tres. A continuacion se explica brevemente cada uno de ellos:

1.- APLICACION EN FRIO:

- Son materiales listos para usarse sin necesidad de calentarlos.
- Se adhieren firmemente en todo tipo de superficies, en algunos casos aún estando húmedas, evitando que aparezcan burbujas que provocan un desprendimiento temprano. Sin embargo algunas veces aparecen cuando la superficie tiene un alto contenido de humedad.
- No escurren aplicados en cualquier tipo de inclinación de las superficies ni a cualquier temperatura de operación
- Son muy resistentes al intemperismo y al envejecimiento natural, manteniéndose impermeables, flexibles y dúctiles durante muchos años. Su instalación es rápida y sin molestias
- Por su facilidad de aplicación pueden ser instalados por personal que tenga poco entrenamiento.

2.-SISTEMAS DE APLICACION EN CALIENTE

- Son economicos, forman carpetas fuertes y resistentes a la penetración, resisten el tránsito y al uso en algunas obras en construcción, por lo que se recomienda utilizarlos en techos que serán recubiertos con enladrillado.

-Están exentos de disolventes.

-Para su aplicación adecuada deben de ser calentados hasta que se fundan. La temperatura del calentamiento no debe ser superior de 220° C, porque se degradan. No debe recalentarse el material durante más de 10 hrs porque se logra un efecto similar.

-Estos materiales no se adhieren sobre superficies húmedas.

3.-SISTEMAS DE APLICACION MIXTA

En estos sistemas se hace la combinación de las aplicaciones en caliente, terminados con una capa superior de impermeabilizante en frío, con lo cual se logran conjugar las ventajas de ambos procedimientos, que son: obtener fuerza y resistencia al mal trato por parte de la impermeabilización en caliente y resistencia al intemperismo y el envejecimiento por el recubrimiento en frío.

Además, se fijan mejor las gravillas y se pueden terminar bien varios detalles de impermeabilización, tales como: pretilas, tuberías, bajadas pluviales, etc.. Se obtiene una cubierta superior sumamente resistente al agrietamiento que demuestra la durabilidad y seguridad que presentan las carpetas impermeables del sistema mixto.

4.-LOS SISTEMAS PREFABRICADOS

-Presentar espesor uniforme controlado en fábrica

-Son adecuados para superficies que tienen bajas temperaturas, y cumplen su objetivo hasta los 60°C sin riesgo de escurrimiento

-Su acabado granulado en colores se aplica en fábrica.

procedimiento así, un aspecto decorativo de larga duración.
-Estos sistemas se pueden fijar sobre la superficie por medios mecánicos o por medio de adhesivos asfálticos en frío o caliente con bastante rapidez; se recomienda colocar membranas de refuerzo adicionales.

B) SELLADORES

Un sellador se emplea generalmente para obturar o calafatear juntas entre materiales y hacerlas heréticas al paso del agua, aire o vapor.

Las juntas más comunes en las construcciones son de dos tipos: las proyectadas como juntas de construcción y las accidentales producidas por contracciones y dilataciones debidas a cambios bruscos de temperatura, presión del viento, asentamientos estructurales, espujes de otras construcciones, etc., lo cual provoca separación, deformación o fractura en su unión, por los distintos coeficientes de trabajo y dilatación en los materiales⁽³³⁾, por lo que existen diferentes tipos de selladores en el mercado que son utilizados para fines específicos.

Sin embargo y de manera mas general, se puede mencionar que un sellador debe reunir las características fundamentales de impermeabilidad, flexibilidad y adherencia que resuelvan los distintos problemas de sellado una vez que se han analizado las "condiciones" o factores que lo afectan. Dicho análisis permite determinar el sellador más apropiado. Las "condiciones" por considerar son las siguientes:

- 1.-Duración estimada
- 2.-Costo o aspecto económico
- 3.-Dimensiones y tipos de molduras o elementos
- 4.-Dimensiones y tipos de cristales, paneles u otros materiales
- 5.-Condiciones circundantes

A continuación se describe cada una de ellas:

DURACION ESTIMADA: La duración del sellador depende de su tipo, cantidad, temperatura, esfuerzos de deformación, protección, etc. Obviamente se requiere una máxima duración. En condiciones muy severas deberá escogerse un producto resistente al intemperismo, humedad y de gran adherencia.

COSTO O ASPECTO ECONOMICO: La relación del costo/propiedad debe ser analizado, ya que lo económico podrá ser eventualmente costoso a la larga debido a un frecuente mantenimiento. Por el contrario, un sellador de alto costo mal escogido o mal colocado no funcionará mejor que otro de bajo costo bien aplicado.

DIMENSIONES Y TIPOS DE MOLDURAS O ELEMENTOS: La forma, calibre y sistema constructivo determinarán la cantidad de sellador a emplear, la que a su vez afectará la función y duración. El acabado de su superficie determinará el grado de adherencia. El espacio previsto para el sellador, la rigidez de los elementos, su anclaje o soporte, etc., deberán ser tomados en cuenta.

DIMENSIONES Y TIPOS DE CRISTALES, PANELES U OTROS MATERIALES:

Los cristales teplados o de grueso calibre absorben más calor y tienden a "freír" a los selladores. Entre más grandes sean, mayores serán sus deflexiones y los esfuerzos en sus bordes tratarán de desalojar el sellador. Materiales porosos tienden a la fractura y a una mayor penetración de humedad.

CONDICIONES CIRCUNDANTES: Deberá considerarse el diseño de la construcción, la presión del viento en los niveles superiores, ubicación geográfica, cambios de temperatura, calor excesivo, viento huracanado, grado de humedad, de oxidación, tipos de materiales, problemas durante la ejecución, aleros, cornisas, botaguas, etc.⁽³⁾.

1) TIPOS DE SELLADORES: CLASIFICACION INDUSTRIAL

Industrialmente los selladores se clasifican en tres grandes grupos⁴³:

- A) clasificación por su base química
- B) clasificación según su presentación
- C) clasificación según su comportamiento

A) CLASIFICACION POR SU BASE QUIMICA

- Asfálticos
- Aceites vegetales y butilos
- Butilos y polibutenos
- Acrílicos
- Poliuretanos
- Silicones
- Polisulfuro
- Cloruro de polivinilo
- Epóxicos
- Varios (mezclas de los anteriores)

B) CLASIFICACION SEGUN SU PRESENTACION

- Masillas
- Productos autonivelantes
- Selladores (en pasta)
- Selladores (extruidos)
- Empaques

-Juntas premoldeadas

-Cintas espumadas

C) CLASIFICACION SEGUN SU COMPORTAMIENTO

-Plásticos (rango bajo)

-Semi-elásticos (rango medio)

-Elásticos (rango alto)

De todos los tipos de selladores enumerados se cree conveniente tratar con especial atención el referente al empleo de productos asfálticos, por ser éstos abundantes y de bajo costo en nuestro país, así como reconocidos mundialmente como los de mejor calidad, ya que, tanto en Europa como en Estados Unidos de Norteamérica, emplean el asfalto mexicano, lo mismo para la construcción de pavimentos en calles y caminos, como en trabajos de impermeabilización.⁽³⁾

2) SELLADORES BITUMINOSOS (ASFALTICOS)

Este tipo de selladores son comúnmente llamados cementos plásticos, son mastiques asfálticos que se emplean en el calafateo de grietas y zonas críticas.

CARACTERISTICAS: Tener disolvente en pequeñas cantidades para que no se produzcan resecamientos ni contracciones fuertes. Tener una consistencia de una pasta espesa no escurrible aplicable con

espátula. Tener alta ductilidad, ya que deben soportar movimientos en grietas y juntas. Presentar muy buena resistencia al intemperismo, pues algunas veces quedan expuestas a la intemperie, por ejemplo, cuando se usa para sellar tornillos en techos de lámina, y de hecho, se puede decir que estos materiales nunca deben de perder su ductilidad.

Se recomienda para el empleo de selladores sobre grietas, abrir dichas grietas con un cincel o cualquier otra herramienta conveniente por lo menos a medio centímetro de ancho por 1.5 o hasta 2 cm de profundidad, también es conveniente forzar el material mediante espátula para que se llene totalmente el interior de la grieta, dejándolo aproximadamente un centímetro más alto que el nivel del techo y terminando a los lados en chaflán fino⁴³.

3) MATERIAS PRIMAS PARA SELLADORES ASFALTICOS

3.1) MATERIALES ASFALTICOS

En la destilación del petróleo crudo se separan las fracciones de volátiles; gasolinas, naftas, kerosinas y aceites livianos y pesados. La destilación se lleva a cabo a presión atmosférica quedando como residuos combustibles y asfaltos. Para lograr esta separación, se tenía que llegar hasta temperaturas del orden de los 370 °C, fue hasta el año de 1912 que se

introdujo el proceso continuo de destilación de petróleo y años después la utilización de arrastre de vapor y vacío, con lo cual se pudieron obtener asfaltos más duros y en forma continua, eliminando los riesgos de explosión al utilizarse temperaturas más bajas. En México FEMEX vende el asfalto bajo el nombre de asfalto # 6 y se le conoce popularmente con el nombre de chapopote. Para su producción se prefiere utilizar en planta como carga petróleos de base nafténica-asfáltica o crudos de base intermedia mixta.

La producción de los asfaltos oxidados se utiliza en más de un 90% en la fabricación de sistemas de impermeabilización, que son de suma importancia en la industria de la construcción.

El proceso de producción de los asfaltos oxidados modifica las propiedades físicas y químicas de los asfaltos. Dicho proceso se efectúa mediante el contacto íntimo de un asfalto con gases, los cuales pueden tener oxígeno o no. En un principio, se utilizaba aire para oxidar o tratar los asfaltos por lo que ya por tradición se les nombra asfaltos oxidados, sin embargo, en la actualidad se ha demostrado que el proceso básico del tratamiento de los asfaltos consiste en una condensación y polimerización de los componentes asfálticos y no una oxidación. El oxígeno opera como un catalizador de la reacción, el cual aparece en los productos resultantes en muy baja proporción.

Los asfaltos viscosos (reducidos), no son satisfactorios para muchos casos en donde son empleados. Aún el asfalto más duro fluirá con el tiempo si es sometido a pequeños esfuerzos, en algunas aplicaciones dichos esfuerzos deben ser superados para que no exista flujo (como por ejemplo cuando su aplicación es en techos inclinados durante alguna impermeabilización). En estos casos es necesario utilizar asfaltos plásticos (oxidados). Los asfaltos viscosos, se modifican mediante la oxidación, transformándose en asfaltos plásticos. Este proceso reduce los agentes dispersantes (resinas) y aumenta el contenido de asfaltenos. Dicho proceso consiste en incrementar el peso molecular de los asfaltenos así como su porcentaje, reduciendo simultáneamente el contenido de aromáticos polares y nafténicos. Los componentes saturados no sufren modificación química, aunque su proporción se reduce debido a que son parcialmente volatilizados durante el proceso de oxidación. Los productos obtenidos muestran una estructura de gel y las características de su flujo son complejas tales como su elasticidad y tixotropía que tenderán a oponerse a cualquier esfuerzo.

A continuación se reseñan brevemente los diferentes asfaltos, sus propiedades y usos¹⁷³.

a) ASFALTOS REDUCIDOS

Propiedades: Temp. de reblandecimiento (°C)	40-50
Penetración, mm/10, 25°C, 100g, 5seg	45-185
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	150
Densidad, 25/25°C g/cm ³	1.013-1.025
Punto de inflamación, °C	250-290
Viscosidad Furol, 175°C, seg	28-65
Calor específico, cal/g x °C	0.41
Conduct. Térmica, cal/hrxcm ² x°C/cm	6.40

Usos:

Principalmente son empleados en pavimentación de calles y carreteras aplicándose en caliente para ceamentar los agregados pétreos y como sellador final. Se utilizan en menor proporción como estabilizadores de suelos. Constituyendo entre el 4,5 al 10% de los componentes de los pavimentos.

b) ASFALTOS OXIDADOS

Propiedades: Temp. de ablandamiento (°C)	85-105
Penetración, mm/10, 25°C, 100g, 5seg	18-55
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	2.2-3.6
Densidad, 25/25°C g/cm ³	1.024-1.030
Punto de inflamación, °C	230-290
Viscosidad Furol, 175°C, seg	390-650
Calor específico, cal/g x °C	0.41
Conduct. Térmica, cal/hrxcm x°C/cm	6.40

Usos:

Se utilizan como impermeabilizantes de techos y recubrimientos de canales de riego. En pinturas disueltas en disolventes orgánicos o emulsionadas, como protección en ambientes marinos o húmedos, como recubrimientos para tuberías, especialmente gasductos, oleoductos y líneas de conducción de agua. Para fabricar cartón y fibra de vidrio asfaltada, ambos utilizados en la industria de la construcción y automotriz. Mezclado con inertes inorgánicos y fibras de asbesto se utilizan como aislantes acústicos.

c) ASFALTOS LIQUIDOS O DISUELTOS EN SOLVENTES ORGANICOS

Propiedades:	Punto de inflamación, °C	27-105
	Viscosidad Furol, 82°C, seg	125-250
	Residuos de la destilación:	
	Penetración, 25°C, 100g, 5seg, mm/10	80-300
	Ductilidad, 25°C, cm	100
	Solubilidad en CCl ₄ , %	99.5

Usos:

Se utilizan principalmente para pavimentaciones de calles y carreteras en frío. Consisten en soluciones de asfaltos reducidos en disolventes orgánicos derivados del petróleo, de volatilidad variable. Existen básicamente tres tipos: de fraguado rápido, fraguado medio y de fraguado lento.

reblandecimiento o asfaltos rebajados con disolventes, fabricados en tres tipos: de rápido, mediano y lento rompimiento, los cuales tienen usos similares a los asfaltos líquidos. Tienen la ventaja, de ser más seguros en su manejo ya que no contienen solventes inflamables. Tienen la desventaja de permanecer parcialmente solubles.

Como impermeabilizante de la construcción es otro de sus usos importantes, debido a la facilidad de su aplicación, formando capas con cartón asfaltado y membranas de fibra de vidrio.

IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES EN LA ELABORACION DE IMPERMEABILIZANTES O SELLADORES.

El asfalto uno de los materiales para impermeabilizado es afectado como todo cuerpo por las pequeñas tensiones desarrolladas por la fuerza de gravedad causando que el asfalto se corra o escurra. Para que este fenómeno sea mínimo hay que emplear un asfalto de tipo plástico, es decir, asfaltos oxidados que contienen una proporción más elevada de micelas de asfaltenos y poseen propiedades típicamente plásticas, además, de tener puntos altos de reblandecimiento, pequeños cambios en penetración y ductilidad con la temperatura y buenas cualidades de resistencia a los agentes atmosféricos.

Los disolventes que más son utilizados para cada uno de ellos son: para los asfaltos de fraguado rápido, naftas de punto de ebullición entre 93 y 205°C. Los de fraguado mediano disolventes de mediana volatilidad como los querosenos y los de fraguado lento están disueltos generalmente en aceites ligeros.

Los de fraguado lento y mediano se utilizan como capas primarias para la eliminación de polvo; los de fraguado rápido se utilizan como capas secundarias para la buena adhesión del asfalto final a las capas primarias.

d) ASFALTOS EMULSIONADOS

Propiedades: *De la emulsión

Viscosidad Furol, 25°C,seg	20-100
Residuo de la destilación, %	57-59
Asentamiento, 5 días, %	3
Estabilidad, 35ml CaCl ₂ 0.02 N, %	50-60

*Del residuo

Penetración, 25°C,100g,5seg,mm/10	100-200
Ductilidad, 25°C, cm	40
Solubilidad en CCl ₄ , %	97.5

Usos

Son utilizados para pavimentaciones de calles y carreteras, consisten en emulsiones de asfaltos de baja temperatura de

Generalmente un asfalto con mayor punto de reblandecimiento tiene menor penetración (menor ductilidad), por lo cual es conveniente emplear asfaltos con la mayor penetración posible, procurando que no disminuya el punto de reblandecimiento para evitar que la carpeta impermeable se escurra e inutilice la impermeabilización.

La penetración y la "dureza" están en relación inversa; cuanto mas baja es la penetración, tanto mayor es la dureza. El asfalto se vende con diversos "grados de penetración", que pueden variar entre 5 (o incluso menos) y 300.

Existe tambien una relación muy útil entre la penetración y el punto de reblandecimiento, llamado indice de penetración. El indice de penetración es una medida de la susceptibilidad a la penetración según la temperatura y se ha demostrado que guarda relación con el grado de elasticidad y de tixotropia⁽²⁾.

Otro punto importante es que la penetración y el punto de reblandecimiento varían con el contenido de asfaltenos y según la procedencia del asfalto.

Es preciso considerar que al sobrecalentar y recalentar el asfalto se eliminan, en ambos casos, aceites plastificantes provocándose un degradamiento en las características y propiedades del asfalto, lo que origina un envejecimiento prematuro del material.

Analizando las propiedades de los asfaltos existentes en el mercado, se considera al asfalto oxidado como el mejor para ser utilizado en formulaciones de impermeabilizantes que son destinados a la protección o para resanar o sellar grietas, ya que presentan las características más apropiadas para poder soportar las condiciones a las que se exponen. Es decir, hay que emplear un asfalto de tipo plástico.

La American Society for Testing Materials ASTM ¹⁹⁶³ ha establecido una serie de normas con requisitos mínimos para asfaltos, materiales bituminosos y otros productos usados en la impermeabilización de construcciones. Las especificaciones [ASTM-D 312] para asfaltos oxidados son las siguientes:

PRUEBA	ASTM-D
Punto de reblandecimiento	36
Muestreo	140
Punto de inflamación	92
Penetración	5
Ductilidad	113
Perdida durante el calentamiento	6
Situmen soluble en Disulfuro de carbono	4
Bitumen soluble en Tetracloruro de carbono	2042
Cenizas	271
Partículas gruesas	313

Sin embargo, las tres pruebas que más se usan generalmente para especificar asfaltos y para medir su deslizamiento o flujo son: temperatura de ablandamiento, penetración y ductilidad. Ninguna de las tres pruebas por sí solas puede definir las características de un asfalto y es necesario especificar cuando menos dos de ellas.

Por otro lado, las características más notables y sencillas de medir de un asfalto son el punto de reblandecimiento y la penetración, esta última se relaciona con la ductilidad del material. Por ello es necesario mencionar las siguientes definiciones al respecto

PUNTO DE REBLANDECIMIENTO [ASTM-D 36]

Esta prueba es mejor conocida por el método de la bola y del anillo, determina la temperatura a la cual una bola de acero colocada en el asfalto de un anillo se combe una pulgada cuando se calienta en un baño con un aumento de temperatura uniforme.

PENETRACION [ASTM-D 5]

Esta prueba determina la penetración en el asfalto en milímetros de una aguja normalizada bajo condiciones conocidas de presión, tiempo, temperatura y con una carga determinada (50, 100 ó 200 gramos). Las pruebas de penetración a diversas temperaturas muestran el efecto de la temperatura sobre la dureza del asfalto.

DUCTILIDAD [ASTM-D 113]

La ductilidad puede definirse como la capacidad de un asfalto de sufrir alargamientos sin disgregación de su masa. Esta es sin duda, una de las más interesantes propiedades del asfalto. En casi todas sus aplicaciones, el asfalto queda sometido a tracciones y compresiones alternativas que resiste deformandose, pero sin romperse, gracias a su ductilidad. Hasta ahora no se ha llegado a un ensayo de la ductilidad que resulte satisfactorio.

El ensayo generalmente admitido consiste en estirar a velocidad fija una probeta de asfalto de dimensiones y forma determinadas sumergida en un baño de agua termostático.

Esta prueba se hace a diversas temperaturas y mide el grado al cual un centímetro cuadrado de sección transversal de asfalto se puede estirar sin romperse.

Aún cumpliendo escrupulosamente todas las especificaciones, la dispersión de los resultados obtenidos es muy grande y no pueden deducirse de ellos consecuencias de orden práctico. En general, la ductilidad de los asfaltos obtenidos por destilación de crudos adecuados es tan elevada, que la rotura de las estructuras en las que el asfalto interviene como ligante se produce antes por fallo de la adherencia que por fallo de la ductilidad, tal como se define en el ensayo descrito. Esto hace que el ensayo no sea de gran utilidad.

DUREZA

La dureza de un sellador no es por sí misma una indicación de cómo trabajará el material en una junta de construcción. Por tanto, se usa algunas veces como una medida rápida del módulo de elasticidad puesto que la dureza representa una resistencia a la penetración. La dureza se mide mediante el durómetro Shore (ASTM-D 2240); la escala numérica de 0 a 100 es totalmente relativa. Los selladores que tienen una dureza mayor a 30 son generalmente muy rígidos para poder acomodarse a los movimientos del edificio.

La dureza de la mayoría de los selladores varía con la temperatura. Estos materiales se reblandecen con el calor y se ponen rígidos en bajas temperaturas. Cuantitativamente muchos selladores aumentan su dureza en 10 ó 20 puntos a temperaturas muy bajas⁽¹⁰⁾.

ENSAYES A NIVEL INDUSTRIAL

Por otro lado, algunas de las pruebas más importantes a nivel industrial para producto terminado son las siguientes:

- Penetración
- Envejecimiento e intemperización
- Tiempo de secado
- Temperatura de ablandamiento
- Adherencia
- Flexibilidad
- Dureza

A continuación se discuten brevemente cada una de las pruebas que no han sido descritas anteriormente.

ENVEJECIMIENTO E INTEMPERIZACION

El efecto de la intemperie en los selladores se manifiesta generalmente como un arrugamiento o "agrietado de lagarto" en la superficie del sellador, lo cual es un problema. Las causas del envejecimiento o intemperizado se debe principalmente a un efecto

combinado de evaporación del disolvente, ataque por ozono, fuga de plastificantes, ataque por rayos ultravioleta, inmersión en agua y otros factores.

El envejecimiento acelerado y el intemperizado de los selladores efectuado por un dispositivo medidor de intemperismo se describe en varios de los procedimientos de prueba de la ASTM.

El intemperómetro utilizado en el presente trabajo es el de Q-panel Company, donde se exponen las muestras en la cámara de intemperizado sometiénolas a ciclos alternados de luz ultravioleta y rociado de agua. Aunque es necesario disponer con urgencia de más datos de correlación, podemos decir que si un material soporta 300 horas o más en el aparato, se considera generalmente adecuado para juntas exteriores⁽¹¹⁾.

Se ha demostrado que el grado de correlación entre el envejecimiento natural y el acelerado, cuando este es factible, depende del material en particular y de la propiedad específica en estudio. Así se tiene por ejemplo que para el caso del polietileno en pruebas de tracción, 100 horas de intemperismo acelerado corresponden a un año de exposición natural. Para el metilmetacrilato 1000 horas en el intemperómetro corresponden a un año de exposición a la intemperie en la mayoría de sus propiedades mecánicas. Los fabricantes de este tipo de aparatos recomiendan que en el caso de que no se tengan datos de la literatura o de la experiencia, se tomen como término aproximado

200 horas de intemperismo acelerado como equivalentes a un año de exposición natural⁽¹²⁾.

TIEMPO DE SECADO

Se aplica una capa de la muestra de aproximadamente 1.5mm de espesor en lamina de asbesto o galvanizada. Se determina el tiempo de secado a 20°C por medio del tacto, y se considera un tiempo de 15 min como el más apropiado.

Esta prueba no esta normalizada, sin embargo, es utilizada en las industrias para el control de calidad en productos de impermeabilización y selladores.

ADHERENCIA

La adhesión de un sellador puede mejorar ya sea por los aditivos de adhesión interna o por materiales de base o ambos. En general mientras es más elástico un sellador más necesita un material de base para garantizar una buena adhesión. Pero el colocar un material de base aumenta el costo de el procedimiento de sellado, sin embargo, ya que la mayoría de los selladores son relativamente viscosos, el objeto del material de base es proporcionar mayor humedecimiento del substrato.

FLEXIBILIDAD

La prueba de flexibilidad se hace en laminas galvanizadas, aquí se aplica una capa de 1.5mm de espesor de la muestra, estas láminas se doblan a un ángulo de 45° aproximadamente para

determinar que tanto soporta la muestra sin agrietarse o romperse.

3.2) HULE ESTIRENO-BUTADIENO

Los hules sintéticos o elastómeros se producen comercialmente polimerizando mono-olefinas como el isobutileno y diolefinas como el butadieno y el isopreno. También existen elastómeros que se obtienen por copolimerización de olefinas con diolefinas como es el caso del estireno-butadieno que se conoce como SBR, GR-S o Buna S.

Los hules de SBR se pueden clasificar en 2 tipos: calientes y fríos, según las temperaturas de polimerización. Y se subdividen de acuerdo al contenido de sólidos en bajo, mediano y alto.

El SBR se usa como recubrimiento de cierto tipo de papel, para recubrir cuerdas en la fabricación de llantas, para la fabricación de ligantes para las pinturas, se usa en las baterías como separador de placas, etc.

El SBR con alto contenido de estireno se suele mezclar con otros hules para darles resistencia a la abrasión.

En particular, el estireno, también llamado vinil benceno, tiene la fórmula siguiente: $\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}_2$

es líquido, de color claro. En estado insaturado polimeriza rápidamente por calentamiento, aumentando su viscosidad hasta formar un sólido, siendo este el poliestireno, resina sólida incolora, dura y quebradiza. Para obtener una película que no sea quebradiza, el poliestireno se plastifica con butadieno, cuya fórmula es la siguiente: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$

siendo un gas a temperatura ordinaria, se licúa fácilmente por medio de presión y enfriamiento. Cuando es polimerizado se tiene una sustancia suave y pegajosa, sujeta a oxidación por sus dobles ligaduras y le confiere más suavidad y flexibilidad al poliestireno.

El copolímero estireno-butadieno es muy resistente a los álcalis por lo que puede ser lavable, además de no presentar demasiada penetración, lo que asegura que este copolímero proporciona excelente uniformidad de color cuando es empleado en pinturas sobre superficies porosas.

La polimerización de los monómeros de estireno y de butadieno puede llevarse a cabo por cuatro métodos generales de copolimerización:

- 1.- Polimerización en masa
- 2.- Polimerización en solución
- 3.- Polimerización en suspensión
- 4.- Polimerización en emulsión

El hule estireno butadieno grado R, GR-S o Buna S presenta las siguientes propiedades:

-Resistencia a la tension (psi)	
goma pura	abajo de 1000
relleno negro existente	arriba de 2000
-Rango de dureza (shore durom A)	40-90
-Gravedad especifica (material base)	0.94
-Resistencia al desgarro	regular
-Resistencia a la abrasion	buna a excelente
-Resistencia a disolventes	
hidrocarburos alifaticos	pobre
hidrocarburos aromaticos	pobre
-Resistencia a ácido	
diluido	regular a buena
concentrado	regular a buena
disolventes oxigenados (cetonas, etc.)	buna
-Permeabilidad a gases	regular
-Resistencia al aceite y gasolina	pobre
-Resistencia al aceite animal y vegetal	
vegetal	pobre a buena
-Oxidacion	buna
-Envejecimiento al calor	muy buna
-Resistencia a hinchamiento en aceite lubricante	pobre
-Resistencia a absorcion de agua	buna a muy buna
-Resistencia a disolventes de barniz o laca	
o laca	pobre
-Resistencia a la flama	pobre
-Resistencia al frio	excelente
-Resistencia al calor	excelente
-Resistencia dielectrica	excelente
-Aislamiento electrico	buna a excelente
-Propiedades vulcanizables	excelente
-Adhesion a metales	excelente
-Adhesion a tejido o tela	buna

El SBR tiene otras aplicaciones ya que se utiliza como:

A) SELLADOR PARA USO ESPECIAL

El hule estireno-butadieno es un elastomero que solo ha tenido un uso limitado. La ventaja principal del SBR es su bajo costo. Ofrece propiedades moderadamente buenas como sellador elastico, a un costo muy razonable¹¹³.

B) SELLOS PREFABRICADOS

El hule estireno-butadieno, o SBR, es un material del que se hacen sellos de compresión que no han tenido gran aceptación, por sus características inferiores hacia la intemperie. Su recuperación es buena y su costo es razonable, pero los sellos de este material tienen deficiente retención del color y baja resistencia a los rayos ultravioleta y al ozono. En consecuencia, no son adecuados para usarse en lugares expuestos. No obstante, se pueden usar con éxito en lugares donde los efectos de la intemperie no son un problema¹¹³.

C.3) CARGAS O RELLENOS MINERALES

La adición de cargas o rellenos minerales "inertes" en un sellador proporciona principalmente las siguientes características: fluidez, propiedades expansivas, estabilidad dimensional, resistencia a la fricción, economía, etc..

Así mismo, dichas cargas son empleadas como sustancias que rellenen posibles poros presentes en una mezcla no homogénea. También son elementos que provocan resistencia al intemperismo y el deterioro.

En general, estos materiales de relleno son utilizados principalmente en las formulaciones de selladores para controlar

la consistencia y facilidad de aplicación de los mismos, así como para aumentar el volumen y de esta manera bajar el porcentaje de polímero base requerido abatiendo así el costo. Las propiedades físicas del producto terminado pueden mejorarse notablemente mediante una selección adecuada de los materiales de relleno. Por ejemplo, en los selladores no fluidos que se usan en juntas verticales, la tixotropía se obtiene añadiendo bentonita, fibra de asbesto o sílice coloidal.

Por lo general, la adición de materiales de relleno a un sellador aumenta su módulo de elasticidad y disminuye su alargamiento final. El negro de humo y la sílice molida son buenos agentes de refuerzo. El carbonato de calcio y las arcillas se usan para regular la consistencia y tienen poco efecto en la resistencia a la tensión o en el módulo. Los rellenos de aluminio más que rellenos son pigmentos y producen selladores de gran suavidad.

El tamaño de partícula de los materiales de relleno es muy importante para el control de la aplicación con pistola y de la tixotropía. Las partículas muy finas se dispersan más fácilmente en la mezcla y generalmente dan el mejor refuerzo, especialmente en los sistemas negros.

A menudo se usa alquitran de carbón como material de relleno en los selladores de pavimentos debido a su bajo costo, pero es de muy poco valor en los selladores para construcción.

Las cargas más comúnmente usadas en la industria de selladores son: Caolín, talco, bentonita, yeso, diatomita, asbesto y carbonato de calcio.

A continuación, se discute brevemente cada una de las cargas utilizadas en la fabricación de selladores asfálticos:

1) CAOLIN

Composición:

La fórmula del caolín se da generalmente como $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ pero también se expresa como $Al_2Si_2O_7(OH)_4$. El agua se separa a alta temperatura, arriba de $330^\circ C$.

Se encuentran dos grados primarios: la forma hidratada natural y el calcinado, forma anhidra.

Propiedades:

Se caracterizan por lo untuosos y jabonosos al tacto.

Las formas hidratadas son no-abrasivas, resistentes a productos químicos y tienen relativamente alta área de superficie. Presentan un pH ácido, esto se debe considerar en muchos sistemas en donde la reactividad pueda ocurrir. Se dispersan totalmente y con facilidad en la mayoría de los plásticos especialmente con la ayuda de dispersantes o surfactantes. En plásticos reforzados y termofijos, controlan las propiedades de flujo y proporcionan más uniformidad a las propiedades del compuesto¹¹³³.

El silicato de aluminio hidratado se encuentra disponible en múltiples grados y calidades. Es de precio bajo y contribuye a la tixotropía, nivelamiento y brocheabilidad cuando es empleado en la fabricación de pinturas, pero siendo ácido por naturaleza es conveniente agregar pigmentos alcalinos cuando se use, para no variar el pH ni reducir la resistencia al agua de la película aplicada y evitar posibles incrementos de viscosidad en la pintura. El talco, carbonato de calcio y silicato de calcio, son pigmentos alcalinos que pueden utilizarse con el caolín.

Usos:

Los grados más finos y puros se emplean en la fabricación de porcelana, loza, etc., y en forma de arcilla en alfarería, obras de barro, ladrillos etc..

Efecto en las propiedades del sellador:

Esta carga contribuye al no escurrimiento del material asfáltico. Además, proporciona uniformidad en el sellador.

El caolín incrementa la resistencia a la tensión cuando es empleado en termoplásticos⁽¹⁴⁾.

2) TALCO

Composición:

El talco presenta variaciones de composición, especialmente en el contenido de agua. Es un silicato de magnesio hidratado con la siguiente fórmula $4SiO_2 \cdot 3MgO \cdot H_2O$ siendo el contenido de

silice de 0.5%, magnesio 31.7%, agua 4.8 %. La mitad del agua se pierde antes de alcanzar el calor rojo higado y el resto se pierde rapidamente cerca de 900°C. El niquel se encuentra presente algunas veces en pequeña cantidad.

Propiedades:

Se caracteriza por su extremada suavidad, jabonoso al tacto, estructura común laminada, lustre perlino es flexible, pero no elástico y desahenda agua solamente por calcinación intensa.

Usos:

En forma pulverizada se usa como carga para papel, como lubricante, en cosméticos, etc.

Es un silicato hidratado de magnesio que ayuda a obtener dispersiones estables de pigmentos, contribuyendo al poder cubriente cuando es empleado en la fabricación de algunas pinturas reforzando la película debido a su gran variedad de tamaños de partícula; sin embargo, un exceso de talco puede afectar el flujo de la pintura.

Efecto en las propiedades del sellador:

El talco da una consistencia de pasta fina.

El talco es empleado en la industria de los materiales de construcción para techos para y proporciona características tales como: resistencia al intemperismo y resistencia al fuego¹⁷³.

3) BENTONITA

Composicion:

Es una arcilla coloidal (silicato de aluminio) que contiene montmorillonita. Existen dos variedades: bentonita sodica, que tiene gran capacidad de esponjamiento en agua y bentonita cálcica, con insignificante propiedad de esponjamiento. En general la bentonita puede ser representada por la fórmula $2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2 \cdot 5H_2O$.

Las bentonitas sodicas del tipo Montmorillonita han alcanzado un gran valor comercial en la industria.

Propiedades:

La especial estructura de los cristales da lugar a una actividad superficial muy elevada, no es tóxico y es incombustible.

Las suspensiones acuosas de bentonita de aprox. 8 partes de bentonita por 100 de agua, muestran la propiedad de la tixotropía. Dichas soluciones son estables si se ha empleado agua no dura. Por este motivo en la industria química se utiliza Tixoton (compuestos a base de bentonita) frecuentemente como estabilizador de suspensiones y emulsiones.

Usos:

Se utiliza frecuentemente en cosméticos, agentes decolorantes, relleno de cerámica, refractarios y recubrimientos de papel, modificador de asfalto, abrillantadores y abrasivos,

así como aditivo de alimentos.

La capacidad de suspensión que poseen las levigaciones de bentonita se suele aprovechar para ayudar al arrastre de partículas de gran peso específico por la corriente de lavado (elaboración de minerales y perforaciones profundas).

Efecto en las propiedades del sellador:

Se comporta como un espesante, dando volumen y con el agua forma un gel. Además le confiere propiedades tixotrópicas y es barato.

Se recomienda usar la bentonita para productos emulsionados.

4) YESO

Composición:

Sulfato de calcio hidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Trióxido de azufre 46.6, cal 32.5, agua 20.9 %.

El término yeso es la denominación general que se emplea para sulfatos cálcicos con diferente cantidad de agua de cristalización. Existen yesos crudos y yesos calcinados (o quemados). El yeso mineral, que es el dihidrato del sulfato cálcico, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, constituye grandes yacimientos en numerosos lugares.

Los diversos minerales de yeso se distinguen por su pureza y por tipo de impurezas que los acompañan.

Propiedades:

Se caracteriza por su suavidad en todas las variedades, no hace efervescencia con ácidos como la calcita, ni se gelatiniza como las zeolitas y es más duro que el talco⁽¹⁰⁾.

Usos:

Grandes cantidades de dihidrato se consumen en la industria del cemento, donde se muele éste con 6-8% de clinker, empleándolo como regulador del fraguado del cemento. El yeso molido se usa como abono en algunas tierras alcalinas. La industria química utiliza el yeso como producto inicial para la obtención del ácido sulfúrico y azufre, así como para la preparación de abonos amoniacales. Los yesos calcinados se usan ocasionalmente como desecadores. La industria papelerá lo utiliza también como carga, sirviendo además para numerosos fines diversos.

Grandes cantidades de yeso cocido se consumen en la industria cerámica. Los moldes para las figuras se hacen de yeso y como absorbe agua, seca rápidamente la mezcla y las figuras se pueden sacar pronto de los moldes. También los dentistas emplean cantidades apreciables de yeso para tomar moldes así como para los trabajos de plástica⁽¹⁰⁾.

Efecto en las propiedades del sellador:

Se utiliza como carga para abaratar el producto.

5) DIATOMITA

Composición:

Esta constituida por esqueletos silíceos de corpúsculos unicelulares llamados diatomeas. La diatomita es esencialmente silice ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Propiedades:

La diatomita en estado relativamente puro es una sustancia blanca, quebradiza y porosa parecida a la creta, de poca densidad aparente. La diatomita impura puede tener color crema, gris, canela, pardo, verde o negro. La diatomita absorbe entre 1 y 4 veces su peso de agua, es atacada por álcalis fuertes y por el ácido fluorhídrico, pero no por otros ácidos.

Es relativamente barata, se dispersa fácilmente y se incluye en formulaciones para controlar el brillo angular de la película aplicada; proporciona además una resistencia a la abrasión en húmedo y se encuentra en varios grados de blancura²⁰⁰³.

Usos:

La diatomita se usa en casi todas las ramas de la industria. Los principales usos son: filtración, aislamiento térmico, materiales de relleno, aditivos, etc.

La diatomita puede servir como material de relleno en composiciones de caucho y asfalto, pinturas, lacas, cabezas de fosforos, plásticos, pulimentos, linoleos, tintes, abonos, etc., para lo cual se necesita que la diatomita esté finamente

pulverizada, sea liviana y resistente contra sustancias químicas y agentes atmosféricos. En general, cuanto más pura es la diatomita tanto mejor es el material de relleno para la mayoría de las aplicaciones comerciales. Se usa además como abrasivo y como vehículo para polvos insecticidas.

Efecto en las propiedades del sellador:

Este tipo de relleno contribuye a las características de flexibilidad y es un agente voluminoso. Además, se dispersa fácilmente en la mezcla asfáltica.

La mezcla de diatomita y caolín proporciona permeabilidad regular a vapor. Aumenta la viscosidad y resistencia a la abrasión húmeda.

De la literatura se sabe que la diatomita es una de las 3 principales cargas minerales usada en la manufactura de plásticos, probablemente después de la posición de los asbestos y mica. Este uso es dado para mejorar el acabado de la superficie y para modificar otras ciertas propiedades, tales como flujo, contracción y resistencia al agua⁽²¹⁾.

6) ASBESTO

Composición:

Asbesto es la denominación general aplicado a diversos silicatos minerales fibrosos que son incombustibles y que pueden separarse en filamentos.

El asbesto presenta una composición química que varía entre

un silicato magnésico sencillo (por ejemplo crisotilo) y silicatos complejos como los de hierro y magnesio (antofilita y amosita) o silicatos de hierro y sodio (crocidolita).

La fórmula del crisotilo es $Mg_3Si_4O_{11}(OH)_2 \cdot H_2O$

Las diferentes clases de asbesto presentan generalmente los siguientes componentes: SiO_2 , MgO , FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , H_2O , CaO , Na_2O etc.

Propiedades:

Existen muchas formas y tipos de asbestos que varían entre los de fibra larga, sedosa y suave y los de fibra corta, quebradiza y áspera. Los diferentes tipos de asbesto son de color blanco, gris verdoso, pardo amarillento o azul. Casi todos los tipos tienen un lustre sedoso o perláceo y algunos carecen de brillo.

Usos:

Como se mencionó anteriormente, el asbesto se divide en dos clases: el que puede hilarse y el que no puede hilarse. Las fibras del primero se utilizan para hacer tejidos y las del segundo para hacer empaquetaduras comprimidas, aislantes térmicos, materiales para la edificación, piezas para autocarviles, rellenos de plásticos, cubiertas de asbesto-asfalto para techados, pinturas, etc.

Efecto en las propiedades del sellador:

Se debe emplear en las formulaciones de selladores el asbesto de fibra relativamente larga para proporcionar cuerpo al sellador, es decir, que evite el escurrimiento del mismo. Se usa además, para dar permeabilidad a vapor. También le confiere al sellador estabilidad dimensional y es un excelente refuerzo para el anclaje mecánico del sellador/sustrato.

La Compañía COMPUESTOS PLÁSTICOS Y MATERIALES S.A., en sus formulaciones para estos productos utiliza 1% en peso de asbesto para selladores. Sin embargo, recomienda cambiar el asbesto por fibra poliéster, siguiendo de alguna manera el decreto propuesto por los U.S.A. en relación al problema cancerígeno del asbesto, por lo que en este país para 1992 todos los productos que contienen asbesto tendrán que ser cambiados o modificados en sus formulaciones si estos quieren seguir en el mercado.

En cuanto a las propiedades del sellador no hay diferencia al utilizar fibra poliéster o asbesto y casi no difieren en precio, aunque la longitud de la fibra poliéster a utilizar debe ser de aproximadamente 7mm. La baja resistencia al intemperismo sería uno de los inconvenientes para utilizar la fibra poliéster.

7) CARBONATO DE CALCIO

Composición:

El carbonato de calcio (CaCO_3) es uno de los materiales más comunes, abundantes y más ampliamente difundidos. Se encuentra en forma natural más o menos pura como: piedra de cal, grada,

marso; en unión del carbonato de magnesio como dolomita formando grandes masas montañosas. Otras formas de presentación son: las estalactitas, estalagmitas, pizarras calcáreas, etc.. Elemento de fosilización en muchos restos de moluscos y conchas (caliza conchifera, greda).

Propiedades:

La forma más pura es el espato doble, aragonito rómbico, la forma más estable por ser difícilmente soluble es la calcita (13mg/litro); se precipita CaCO_3 al coincidir los iones de calcio con soluciones acuosas de carbonatos, por ejemplo: cloruro de calcio con carbonato acético. La precipitación, al principio amorfa, se transforma poco a poco en forma cristalina. En general el carbonato de calcio tiene poca absorción de agua.

Usos:

El CaCO_3 se emplea en los procesos químicos para la neutralización de los ácidos, especialmente el ácido sulfúrico. La greda o tiza, en polvo, se emplea en gran cantidad como color en pintura como medio de adorno y de pulimentación en pasta dentífrica y bruñido de los metales, así como en productos sintéticos, especialmente con el caucho.

Como carga el CaCO_3 es usado como extendedor en espuma de poliuretano, compuestos epoxy y resinas fenólicas. En espuma de poliuretano, el CaCO_3 sirve a las partículas como núcleo para producir uniformidad en el tamaño de la celda⁽²²⁾.

Efecto en las propiedades del sellador:

Debido a que el carbonato de calcio es una de las cargas de más bajo costo se usa para regular la consistencia y dar volúmen a la mezcla. Tiene poco efecto en la resistencia mecánica a la tensión y en el módulo.

3.4) DISOLVENTES

Los disolventes más utilizados en la elaboración de productos impermeabilizantes y selladores son los derivados del petróleo, ya que relativamente son de costo económico y además disuelven con facilidad al asfalto.

Por lo anterior se utilizaron principalmente, los siguientes disolventes:

-PETROLEO DIAFANO	-XILENO
-DIESEL	-BENCENO
-GASNAFTA	-TOLUENO
-GASOLVENTE	-ACETONA
-CICLOHEXANONA	

Sin embargo, es preciso considerar los siguientes factores para la elección del tipo de disolvente, tanto para ser empleado en la disolución del asfalto como para la del hule.

- A) Grado de toxicidad
- B) Flanabilidad
- C) Evaporación
- D) Costo

Además, se recomienda conservar el contenido de disolvente de la mayoría de los selladores lo más bajo posible, para evitar el excesivo encogimiento conforme se efectúa la evaporación. Los principales disolventes que se utilizan son el tolueno, xileno, naftas de petróleo, y agua. El consumidor puede conocer el contenido de disolvente leyendo los detalles técnicos proporcionados por el fabricante. Por ejemplo, un material marcado con "86% de sólidos" se reducirá con el tiempo a un 86% de su volumen inicial. Esto es, el sellador contiene 14% de disolvente u otros materiales evaporables²⁴.

Por otro lado, los selladores aplicados en frío no se curan en el sentido estricto de la palabra. En lugar de curarse, forman una película con bastante rapidez como resultado de la liberación de disolvente en la superficie. La película así formada, restringe la liberación de disolvente en el resto de la masa del sellador. En consecuencia, el cuerpo del sellador que queda bajo la película puede permanecer pegajoso durante varios meses e incluso años. Estos materiales tienen tendencia a suavizarse con el calor y a endurecerse cuando están expuestos al frío²⁵.

3.5) ADITIVOS

La elaboración de productos de impermeabilización y selladores requiere de la incorporación de aditivos para el mejoramiento de diversas propiedades.

En este trabajo en particular se utilizan los siguientes aditivos:

ALCOHOL BUTILICO

Cuya formula es: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ y presenta las siguientes propiedades:

Límites de ebullición	114-118 °C
D ₂₀ ⁴	0.810-814
Punto de inflamación	34 °C
Índice de evaporación	33

Se emplea como disolvente para aceites, grasas y colodión.

El alcohol butílico se utiliza para proporcionar mejor adhesividad en la formulación del sellador.

ACEITE PLASTIFICANTE IEQ-373

Algunas de sus propiedades son:

viscosidad	37.8°C sus	303.8188
viscosidad	98.9°C sus	46.45964
índice de viscosidad		-76.79655
temperatura de inflamación		
°C a 760 mmHg		179
temperatura de ignición		
°C a 760 mmHg		203

El aceite IEQ-373, es un aceite que se utiliza principalmente para plastificar materiales que presentan poca manejabilidad. Este producto comercial, lo fabrica la Compañía Industrial de Especialidades Químicas.

EMULSIFICANTE NOPCOSANT C

El NOPCOSANT C es un polvo beige oscuro soluble en agua de gran utilidad en industrias muy diversas, ya que actúa como dispersante. Es fabricado por la Compañía Nopco Industrial, S.A. de C.V..

III PARTE EXPERIMENTAL

1) MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO

La base asfáltica utilizada en este trabajo fue la mezcla de asfalto #12 y #6, ambos producidos por PEMEX, de tipo oxidado.

Los aditivos utilizados fueron el aceite plastificante denominado IEQ-373 de la Compañía Industrial de Especialidades Químicas y el emulsificante denominado Nopco sant-C de la Compañía Nopco Industrial, así como el alcohol butílico.

Los disolventes utilizados en los ensayos fueron todos grado industrial y se utilizaron los siguientes: petróleo diáfano, combustóleo, diesel, xileno, benceno, tolueno, acetona, alcohol butílico, ciclohexanona, gasnafta y gasolvente. Estos dos últimos de gran rapidez de evaporación.

Las cargas que se usaron para elaborar el sellador también fueron grado industrial y se les practicó la prueba de absorción de aceite como ensayo previo para la inclusión en el sellador. Estas cargas fueron: caolín, diatomita, carbonato de calcio, yeso, bentonita, y talco.

Como material de refuerzo se utilizaron fibras de asbesto denominado 7M-05 de la Compañía Productos Químicos Marquol. Por otro lado, se utilizaron fibras de poliéster como posible

sustituto de la fibra de asbesto.

El hule sintético empleado fué el estireno-butadieno o SBR, producido por la Cía. Epaques Mexicanos S.A. de C.V.

Los productos selladores que se utilizaron como contratipos fueron los siguientes:

PRODUCTO	COMPAÑIA
RUFTOP	Productos Pennsylvania
PLASTIC CEMENT	Fester de México
SILPLAST	Sealcret de México

Además se utilizaron productos impermeabilizantes como contratipos, que los consumidores utilizan como selladores tapa goteras, tales como:

ASBESTO FEST	de Fester de México
KARSYL	de Productos Pennsylvania
FENCOT	de Productos Pennsylvania

Las mezclas de asfaltos y aditivos se llevaron a cabo en una mezcladora marca Hobart tipo planetaria a una velocidad de 60 rpm y capacidad de 2 litros, adaptándole una parrilla como sistema de calentamiento y un termostato para controlar la temperatura.

La disolución de hule se realizó también en la mezcladora hasta disolución completa del hule en el disolvente.

La trituración del hule SBR se llevó a cabo en un Molino de cuchillas marca PAGANI de 5 Hp con malla de 6 mm.

Las fibras de asbesto son utilizadas sin darles ningún tratamiento previo.

El equipo para intemperismo acelerado fue el Q-U-V Accelerated Weathering Tester de la Q-Panel Company; equipado con lámparas de luz ultravioleta tipo UV-B con longitud de onda de 280-320 nm.

Las mediciones de temperatura de ablandamiento se llevaron a cabo en el aparato fabricado en el Instituto de Investigaciones en Materiales bajo las especificaciones de la norma ASTM D-36.

La dureza shore (indentor A) fue medida en un aparato para ensayo de dureza con un peso en el vástago de 1 kg según especificaciones de la norma ASTM D-2240.

La rapidez de formación de la película exterior del sellador se lleva a cabo a una temperatura promedio de 20°C tomando datos cada 30 seg.

Los especímenes para los ensayos de intemperismo, adhesión, flexibilidad y escurrimiento fueron elaboradas a través de un molde de metal que aplica una capa uniforme de sellador de 1.5mm de espesor sobre la superficie deseada, (lámina de asbesto-

Lemento y lamina galvanizada).

2) RESULTADOS Y PREPARACION DE MUESTRAS

PREPARACION DE LA FORMULACION BASE

Comercialmente existen una gran cantidad de recubrimientos y selladores de todo tipo e indole, por lo que a su vez existen un gran numero de formulaciones que poseen ciertas características particulares. Sin embargo, todos ellos tienen elementos comunes, esto es, contienen en su seno una base, aditivos (plastificantes, dispersantes, modificadores de adherencia, etc.) cargas y disolventes.

En este trabajo en particular la base es asfáltica, por lo que partimos de una formulación asfáltica estándar conocida¹.

La formulación base es la siguiente:

COMPONENTE	PARTES
1.-Asfalto 12	320
2.-Asfalto 6	80
3.-Aceite IEQ-342	15
4.-Combustible	40
5.-Caclín	100
6.-Nopco sant-C	10
7.-Agua	40
8.-Gresneta	30
9.-Bentonita	50

Al elaborar esta fórmula se presentaron diversos problemas tanto en las propiedades del producto final, como en el proceso.

El producto presenta poca o mala adherencia a materiales tales como: asbesto y lámina galvanizada, no se puede aplicar con facilidad, además de que la mezcla es muy dura. Con dichas características presentes, se prosiguió a determinar la concentración idónea de cada componente en la formulación.

Para seguir una secuencia de trabajo se valoró como primer paso la relación de asfaltos que debe contener la formulación, para lo cual, se fabricó un aparato para medir temperaturas de ablandamiento según la norma ASTM-D 36 bajo las siguientes condiciones: en un baño de glicerina con aumento de calentamiento homogéneo se determina la temperatura a la cual una bola de acero colocada sobre el asfalto en un anillo se comba una pulgada. Es decir, se determinó la consistencia más adecuada de una mezcla de asfalto 12 y 6 para un sellador. [ver Fig.1]

Ya que la relación de asfaltos que tiene la formulación base se supone no es la adecuada, se hicieron pruebas utilizando primero únicamente el asfalto 12, resultando ser muy duro hecho que impide manejabilidad, además por su bajo contenido de aceites plastificantes este asfalto tiende a envejecer con mayor facilidad.

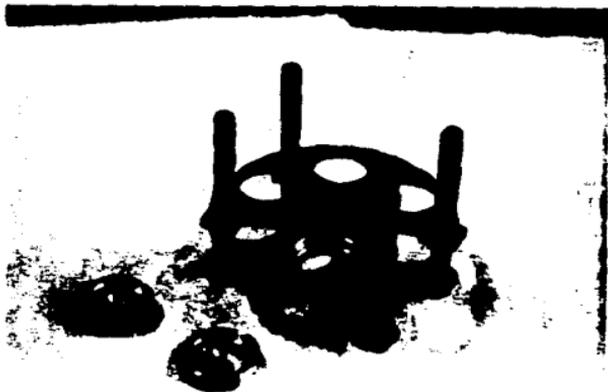


FIGURA 1 APARATO PARA TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO

Por otro lado, el asfalto 6 por si sólo resulto ser demasiado blando, por lo que tiende a escurrir bajo ciertas condiciones de temperatura, sobre todo si se le adiciona disolvente y ningún material de refuerzo.

Las características que presentan estos asfaltos son las siguientes:

Para el asfalto 12

Temperatura de ablandamiento: 100°C
Dureza shore indenter A, 23°C: 76
Penetración 25°C, 100g, 5seg: 10

Las características que resultan del asfalto 6 son:

Temperatura de ablandamiento: 90°C

Dureza shore indenter A, 25°C: 30

Penetración 25°C, 100g, 5seg: 35

Al realizar el ensaye de mezclas de asfaltos que fueron desde 0 hasta 100% de asfalto #6, contenido en el asfalto #12, los resultados fueron los siguientes: se presenta un decremento de la temperatura de ablandamiento a medida que aumenta la concentración del asfalto 6, como se muestra en la Tabla 1, y esquemáticamente en la Figura 2.

TABLA 1 TEMPERATURAS DE ABLANDAMIENTO DE MEZCLAS ASFALTICAS

MEZCLA No.	asfalto #12 %	asfalto #6 %	Temp. ablandamiento °C
1	100	0	103*
2	90	10	102*
3	80	20	101*
4	70	30	100
5	60	40	98
6	50	50	94
7	40	60	93
8	30	70	92
9	20	80	91
10	10	90	90
11	0	100	90*

*datos proporcionados por La Compañía Fester de Mexico S.A.

Los resultados de la Figura 2, como se puede observar muestran que al 60% de asfalto 12 existe un escalon en la conducta de la mezcla, es decir a la relación de 60/40 la mezcla tiene un incremento de temperatura de ablandamiento mayor que

hasta la relación de 50/50 y después sigue aumentando paulatinamente hasta alcanzar la temperatura de ablandamiento del asfalto 12, y debido a que a la radiación solar la lámina metálica en particular llega a alcanzar temperaturas mayores de 50°C. se decide trabajar con esta relación 60/40 ya que la temperatura de ablandamiento es de 98°C.

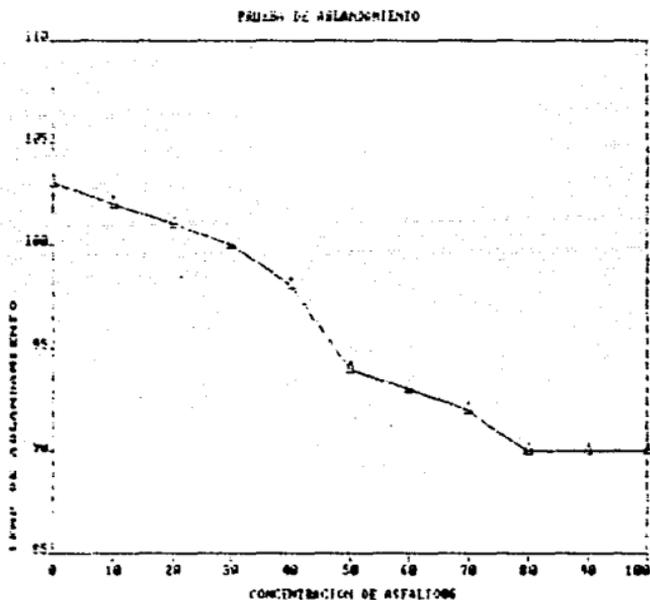


FIGURA 2 GRAFICA DE TEMPERATURAS DE ABLANDAMIENTO VS. CONCENTRACION DE ASFALTO %

Aunado a los resultados anteriores el comportamiento del ensayo de penetración vs concentración de asfalto #6, se muestran en la Figura 3.

Como se puede observar el comportamiento es practicamente lineal por lo que se puede definir por la regla de mezclas, dando en este caso la relación siguiente:

$$\text{Penetración en mezcla} = (\text{fracción peso})(\text{penetración asfalto 6}) + (\text{fracción peso})(\text{penetración asfalto 12})$$

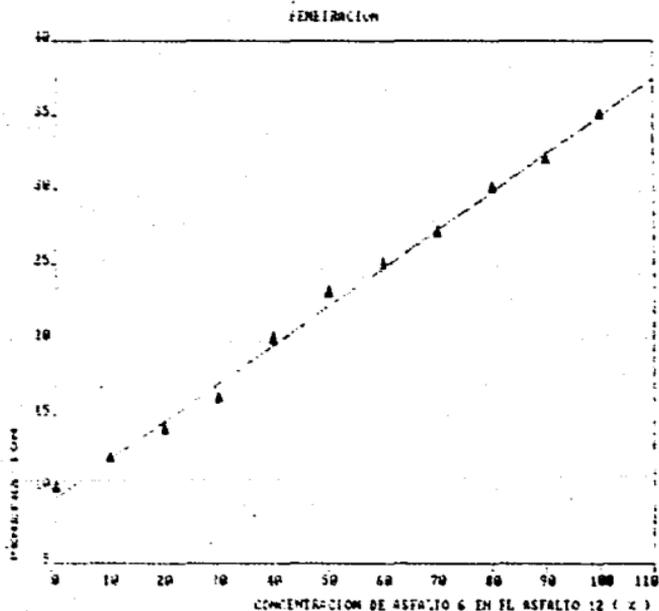


FIGURA 3 GRAFICA DE PENETRACION VS CONCENTRACION DE ASFALTO #6

Los resultados de dureza de la mezcla de asfaltos se muestran en la grafica de la Figura 4.

Como se puede observar, prácticamente la conducta es lineal y se puede definir para propósitos prácticos con la siguiente ecuación

$$\text{Dureza} = (-0.454)(\text{concentración de asfalto } \%) + 78.25$$

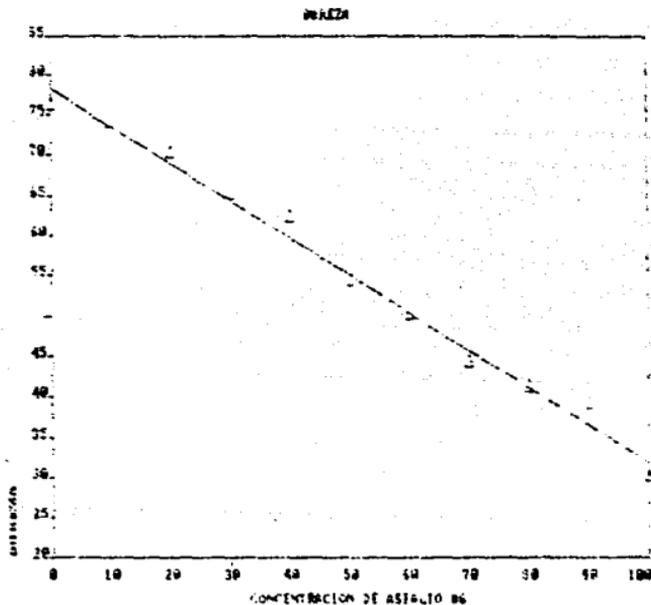


FIGURA 4 GRAFICA DE DUREZA VS. CONCENTRACION DE ASFALTO %

Como se muestra, la relación de asfaltos fue muy diferente a la formulación base por lo cual las cantidades de disolventes y aditivos fueron también variadas.

Como primera instancia, el aceite IEQ-342 se cambió por el aceite IEQ-073 de la misma industria, ya que a diferencia del primero este tiene una viscosidad más alta.

Este aceite es un plastificante, y cuando se mezclan con un sellador, bajan el módulo de elasticidad y aumentan el alargamiento final. También hacen más manejable la mezcla y permiten aumentar grandes cantidades de material de relleno al sellador, lo cual ayuda a reducir el costo⁽²⁷⁾. Sin embargo sólo es totalmente necesario cuando la base asfáltica es muy rígida, por lo que en este caso para la relación 60-40 de asfalto 12 y 6 respectivamente, no se necesita de un plastificante, ya que esta mezcla presenta las características de flexibilidad y manejabilidad necesarias porque el asfalto 6 actúa como plastificante⁽²⁷⁾.

También el NGFCO SANT-C que actúa como dispersante (o emulsificante) se tuvo que eliminar de la formulación debido a que este producto comercial tiene que disolverse en agua y presenta la desventaja de formar burbujas de aire en el sellador, resultando una adherencia pobre en el sustrato.

Por otro lado, al elaborar la formulación base con combustóleo el resultado fue una mezcla con alto contenido de disolvente por lo que no secaba rápidamente, ni formaba tampoco película protectora, y ya que es bien conocido que la conservación del disolvente en el interior del sellador debe ser máxima cuando este es aplicado, -es necesario que haya formación de una película protectora en la superficie- se decidió adicionar como disolvente el petróleo diáfano. Además, se cambió el combustóleo por diesel ya que este último se evapora más rápido que el combustóleo.

Por lo anterior y después de determinar el efecto, del aceite IEG-373 y del NOPCO SANT-C y haber decidido eliminarlo de los posibles aditivos de la formulación a elaborar se prosiguió con el ensayo de los disolventes y cantidad de ellos, para después experimentar con las cargas y por último los aditivos, siguiendo el diagrama siguiente:

RUTA CRITICA PARA LA ELABORACION DEL SELLADOR

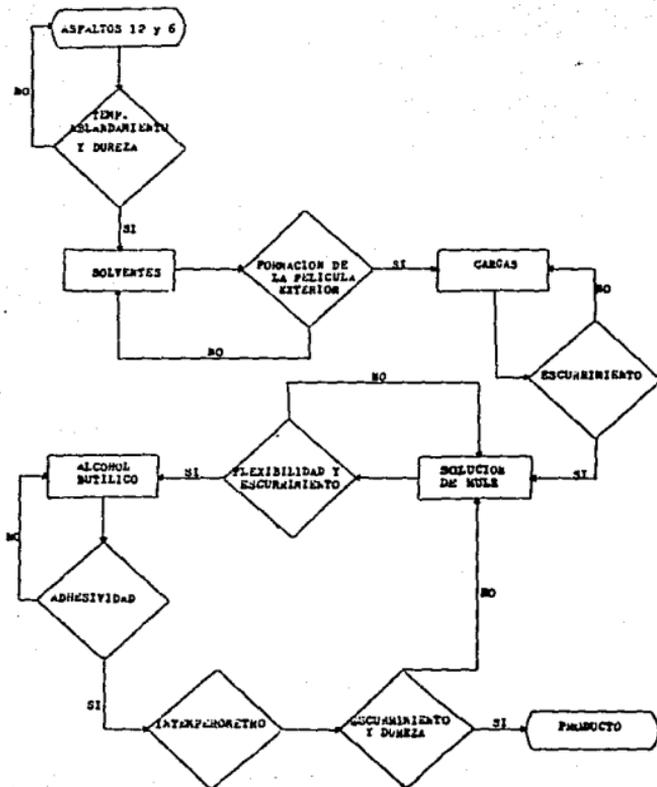
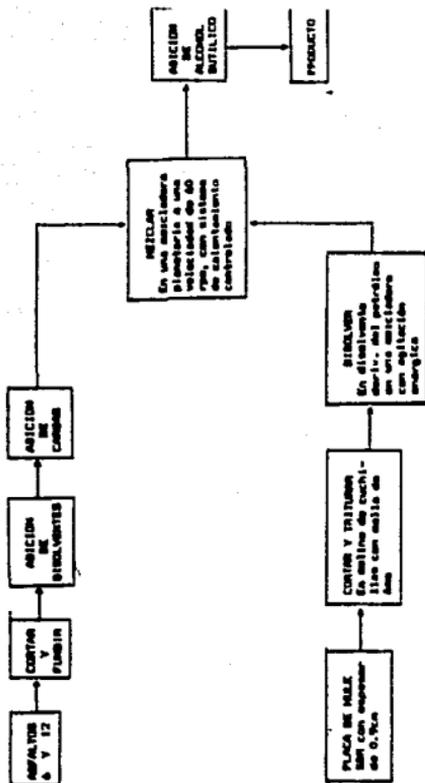


DIAGRAMA DE PROCESO



DETERMINACION DE LOS DISOLVENTES PARA LA MEZCLA DE ASFALTOS

Una vez determinada la concentración de ambos asfaltos, se prosiguió a la adición de disolventes hasta obtener la mezcla de asfalto menos dura que la de la fórmula base, y así evitar la formación de grietas y resecaimiento de la mezcla en un tiempo muy corto.

Como se muestra en la formulación base, solo se utilizan como disolventes el combustóleo y gasnafta. Estos disolventes no son los adecuados, ya que por un lado el combustóleo retarda el secado y el gasnafta no retiene el disolvente en el interior del producto. Por tales efectos se buscaron otros disolventes que mejoraran las condiciones anteriores.

Los disolventes que se utilizaron fueron: petróleo diáfano, diesel y gasolvente.

Como el combustóleo es un producto de baja calidad, se cambió por el petróleo diáfano y diesel.

El diesel es utilizado principalmente para evitar el endurecimiento de la mezcla de asfaltos y hacerla fluida para incorporar las cargas.

Debido a que se considero al petróleo diáfano como el mejor disolvente para el hule SBR, no fue utilizado de manera

individual en la formulación.

El diesel por ser un disolvente poco volátil, se adicionó durante el proceso, -ya que muy difícilmente se evapora a la temperatura a la que se está trabajando- manteniendo a la mezcla "humectada".

El gasnafta tiene la ventaja de ser volátil, pero no es lo suficientemente volátil como para formar por sí solo la película protectora que se pretende, por lo que se utilizó además de este disolvente el gasolvente que posee una volatilidad mayor al gasnafta.

La ventaja principal de utilizar el gasolvente y el gasnafta en la formulación, es la formación de una película protectora en la superficie de la mezcla y así evitar la evaporación de los disolventes de su interior.

Con la adición de estos disolventes en la mezcla de asfaltos se logra la formación de la película protectora, determinándose el tiempo de secado a 20°C por medio del tacto, considerándose para esto un tiempo de 15 min como el más apropiado⁷².

DETERMINACION DE LAS CARGAS EN LAS PROPIEDADES DEL SELLADOR

Una vez que la mezcla tiene la cantidad adecuada de disolventes, es decir cuando la mezcla es lo suficientemente fluida para poder incorporar las cargas, se adicionan estas agregando primero las de más alta absorción de aceite⁽²⁾ tales como; asbesto, caolín y bentonita, si la mezcla endurece, se agrega el diesel como disolvente y se ajusta la consistencia con las cargas de menor absorción de aceite, principalmente con carbonato de calcio, o con talco y/o diatomita.

La prueba de absorción de aceite está dada por la norma ASTM-D 281, con este método se puede determinar la absorción de aceite de pigmentos y cargas. La determinación de absorción de aceite es importante, ya que las cargas que venden comercialmente no siempre se encuentran con el mismo valor de absorción, alterando la cantidad de carga ya establecida en formulaciones posteriores⁽³⁾.

TÁBLA 2 ABSORCIÓN DE ACEITE [ASTM-D 281]

CARGA	ABSORCIÓN DE ACEITE %	
Asbesto		
Caolín		
Bentonita		
Diatomita		
Talco		
Carbonato de calcio		

MAYOR
↑
MENOR

En principio, la formulación base sólo contiene caolín y bentonita. Sin embargo, se conoce que los productos comerciales contienen además de estas cargas a las siguientes: diatomita, carbonato de calcio, yeso, talco y asbesto, según las características que deberá poseer el producto final.

Tomando en consideración el efecto de las cargas en las propiedades del sellador, mencionadas anteriormente, se eligen como cargas finales más aceptadas a las siguientes: diatomita, caolín y asbesto, de acuerdo a las posibles ventajas en propiedades que le impartirá al producto.

Se hace a continuación una breve reseña de las ventajas y desventajas de todas las cargas que fueron utilizadas en los ensayos:

DIATOMITA

Según datos proporcionados por fabricantes de productos impermeabilizantes, la diatomita proporciona plasticidad al producto aún estando en poca proporción.

Esta carga se utilizó como agente voluminoso por ser de bajo costo y por lo tanto abaratando el producto final.

También, se dispersa fácilmente en la mezcla, provocando que esta resulte blanda.

CAOLIN

El caolín proporciona principalmente uniformidad en la mezcla ya que se incorpora fácilmente. Además esta carga ayuda a evitar el escurrimiento.

ASBESTO

La incorporación del asbesto en la mezcla no presenta problemas y más que una carga es un material de refuerzo, proporcionando cuerpo al sellador y ayudando a evitar el escurrimiento. Además de lo anterior, confiere estabilidad dimensional.

Las cargas que no cumplieron los requisitos necesarios, después de ensayados fueron:

BENTONITA

Esta carga se utiliza para productos emulsionados, lo cual indica que en combinación con agua tiene mejores propiedades, sin embargo en los ensayos con esta carga existe producción de burbujas en el sellador.

TALCO

Por su fácil incorporación a la mezcla, confiere una consistencia de pasta fina, pero es una carga de alto costo por lo que no se recomienda su uso en este tipo de productos.

CARBONATO DE CALCIO

Es una de las cargas más baratas, (aún más barata que la diatomita) pero no presenta las características que proporciona esta, por lo tanto no se utiliza. Además, en los experimentos solamente se utilizó para regular la consistencia y dar volumen.

YESO

El yeso hace que el producto final sea demasiado duro, proporcionando un fraguado rápido, por lo que no es adecuado para las características que se requieren en un sellador.

SOLUCION DE HULE ESTIRENO-BUTADIENO.

Una vez que se hubo determinado la cantidad de cargas para el sellador se prosiguió con la incorporación de una solución de hule para mejorar de una manera importante las propiedades elásticas del mismo. Esta solución se preparó y adicionó de la manera siguiente:

El hule estireno-butadieno (SBR) tiene una presentación en placas, las cuales tienen un espesor de 0.9cm, por tal motivo se corta en piezas más pequeñas para posteriormente triturarlo en un molino de cuchillas. [ver Fig.5]



FIGURA 5 HULE CORTADO EN EL MOLINO

La elección del disolvente para el hule se realizó mediante pruebas de solubilidad, utilizando los siguientes disolventes:

- | | |
|----------------|-------------------|
| -Etileno | -Petróleo diáfano |
| -Benceno | -Diesel |
| -Tolueno | -Gasolvente |
| -Acetona | -Gasnafta |
| -Ciclohexanona | |

De los disolventes anteriores, es bien conocido que el hule estireno butadieno presenta una resistencia pobre a disolventes

de hidrocarburos aromáticos e hidrocarburos alifáticos, al igual que su resistencia al petróleo y gasolina. Y por el contrario su resistencia a disolventes oxigenados (por ejemplo cetonas) es buena, por lo que su solubilidad es mayor en los siguientes disolventes:

- Xileno -Gasnafta
- Benceno -Diesel
- Tolueno -Petróleo diáfano
- Gasolvente

Aunque los impermeabilizantes, adhesivos y selladores que se encuentran en el mercado actual, son elaborados con disolventes de alta toxicidad y que no son recomendables por las mismas razones, se estimó conveniente hacer algunos ensayos comparativos.

Las soluciones de hule, se prepararon con diferentes cantidades de disolvente. La solubilidad del hule se mejora si se hace la disolución con agitación energética.

Las soluciones que se prepararon fueron las siguientes:

NUM.	HULE %	DIESEL %	SOLUBILIDAD
1	10	90	BUENA
2	20	80	BUENA
3	30	70	BUENA
4	40	60	REGULAR
5	50	50	MALA

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

NUM.	HULE %	PETROLED %	SOLUBILIDAD
1	10	90	BUENA
2	20	80	BUENA
3	30	70	BUENA
4	40	60	REGULAR
5	50	50	MALA

NUM.	HULE %	GASNAFTA %	SOLUBILIDAD
1	10	90	BUENA
2	20	80	BUENA
3	30	70	BUENA
4	40	60	BUENA
5	50	50	BUENA
6	60	40	REGULAR
7	70	30	MALA

NUM.	HULE %	GASOLVENTE %	SOLUBILIDAD
1	10	90	BUENA
2	20	80	BUENA
3	30	70	BUENA
4	40	60	BUENA
5	50	50	BUENA
6	60	40	REGULAR
7	70	30	MALA

NUM.	HULE %	XILENO, BENCENO O TOLUEND %	SOLUBILIDAD
1	10	90	BUENA
2	20	80	BUENA
3	30	70	BUENA
4	40	60	BUENA
5	50	50	REGULAR
6	60	40	REGULAR
7	70	30	MALA

Tambien se hicieron combinaciones de disolventes, por ejemplo, petroleo y gasnafta o diesel y gasolvente, resultando tambien una solubilidad aceptable.

Debido a que las muestras elaboradas con xileno, benceno y tolueno presentan alta toxicidad y formación de burbujas, se descartan automáticamente de la lista posibles de disolventes útiles para este fin²⁰³, y por lo tanto no son utilizados.

De las soluciones restantes las que provocan mayor formación de burbujas en el producto final son las soluciones con gasnafta y gasolvente (ver Fig.6), debido a la elevada volatilidad del disolvente utilizado.

Por lo anterior, sólo unos cuantos disolventes son idóneos para ser utilizados, ya que se requiere que el disolvente presenten características moderadas de toxicidad, flamaibilidad y evaporación. Además, de tener un costo económico.



FIGURA 6 SELLADOR CON BURBUJAS FORMADAS POR LAS SOLUCIONES DE HULE EN GAS NAFTA Y GAS SOLVENTE.

De los disolventes restantes, y que prácticamente son parecidos ya que son productos de destilación del petróleo, se eligió a los de menor costo y toxicidad, resultando el petróleo diáfano como el disolvente más apropiado, por lo que la solución utilizada fue la de 30 % de hule en petróleo.

Una vez determinada la concentración del hule en el disolvente se ensayó la cantidad de solución de SBR que debería contener el sellador, para lo cual se prepararon muestras que contenían concentraciones de solución de hule del 0% en peso hasta concentraciones en las cuales la cantidad de la solución comienza a tener efecto en las propiedades del sellador, es decir cuando muestra escurrimiento. Esta cantidad llegó a ser hasta de 200 partes.

Se debe decir que la cantidad base de asfalto 12 es de 100 partes y de asfalto ó es de 66 partes.

Los ensayos de rapidez de formación de película, adhesión, flexibilidad y escurrimiento son ensayos que no están normalizados, sin embargo son los que se practican empíricamente en la industria para el control de calidad de selladores e impermeabilizantes y que son parámetros comúnmente empleados y aceptados.

Las pruebas de flexibilidad se hicieron en láminas galvanizadas aplicadas con una capa de 1.5mm de mezcla. Estas

láminas se doblaron a un ángulo aproximado de 45° para determinar la capacidad de deformación de la muestra sin agrietarse o romperse²⁷⁷ (ver Fig.7).

Si la muestra no se rompe o agrieta, pero tiene mala adherencia, se agrega alcohol butílico en pequeñas cantidades para mejorarla, ya que no significa que para obtener una excelente adhesividad sea necesaria una alta cantidad de este (ver Fig.8). Se comprobó que existe un límite para la adición, ya que a mayor cantidad de alcohol butílico la mezcla se hace menos fluida por lo que no se extiende perfectamente en su aplicación.



FIGURA 7 LAMINA DOBLADA, PARA LA DETERMINACION DE LA FLEXIBILIDAD

Debido a que el sellador generalmente se aplica en zonas expuestas a la intemperie, se determinó el incremento de dureza de la muestra debido a la pérdida de disolvente por efecto de la exposición a la intemperie. La norma utilizada para esta determinación fue la ASTM-D 2240 y para simular la exposición a la intemperie natural se utilizó el equipo para intemperismo acelerado de la Q-panel Company, con ciclos alternados de luz ultravioleta y condensado de agua durante periodos de 0, 24, 92, 143, 167, 262, 287, 311, 335, 360 y 454 horas. Posteriormente se determinó la dureza de cada una de las muestras y contratipos, expuestos a los diferentes periodos de radiación.



FIGURA 2 SELLADOR CON MALA ADHERENCIA Y/O AGRIETADO

Cuando los resultados de dureza presentan solamente un ligero aumento con las horas de exposición en el interperometro, el producto está terminado. Si la dureza no es la adecuada, por la evaporación de disolvente, entonces se adiciona un disolvente aún más volátil que los utilizados, ya que el factor que ayuda a la conservación de estos en el interior de la muestra es la formación de una película en la superficie del sellador. Por lo que se utiliza en estos ensayos el gas solvente, gas nafta o una mezcla de ambos.

Primeramente se utilizó la cantidad de gas nafta de la formulación base, mostrando que no es la adecuada porque presenta poca volatilidad, aún en baja proporción, por lo que se le adiciona gasolvente, con el fin de aumentar la rapidez de evaporación.

El gasolvente tiene una rapidez de evaporación alta, por lo que al adicionarlo a la mezcla éste se evapora totalmente y muy rápido, sobre todo si la mezcla se encuentra a una temperatura superior de 60°C. Aún cuando la adición del disolvente es en el rango de 45° a 60°C, el sellador final presenta formación de burbujas provocadas por la rápida evaporación del disolvente. Con lo anterior se llega a la conclusión de hacer una mezcla de ambos disolventes variando la concentración del gasnafta. La determinación de la cantidad de la mezcla de disolventes se lleva a cabo solamente cumpliendo la condición de formar la película exterior en menos de 15 minutos a temperatura ambiente, además de

no presentar formación de burbujas en el producto. Las Figuras 6 y 9 muestran burbujas producidas por la alta concentración de disolvente volátil.



FIGURA 9 BURBUJAS POR SOLVENTES VOLATILES.

Después de terminar todas las etapas descritas anteriormente, la formulación que mejor se apego a los requerimientos y características que debe tener un elemento sellador fué la siguiente:

No Hay

Hoja

No. 85

propiedades típicamente plásticas.

MULE ESTIRENO-BUTADIENO (SBR)



CARACTERISTICAS: Presenta excelente adhesividad en crudo y resistencia a los agentes atmosféricos. Es de uso general en la industria llantera y en gran variedad de artículos mecánicos que requieran resistencia a la flexión a un bajo costo. Tiene una viscosidad Mooney a 100°C de 50, un porcentaje en peso de estireno reaccionado de 23.5 y un peso específico relativo de 0.95.

Este hule es fabricado por la compañía HUNEX y es denominado como H-1712.

DIESEL

Está compuesto principalmente por hidrocarburos alifáticos y son compuestos con C₁₂-C₂₂

GASNAFTA

Es una mezcla de hidrocarburos de cadena lineal desde C_6 a C_{14} . Se obtiene del gas natural, por destilación del petróleo crudo y líquidos del gas natural, proseguido de refinación. Es un líquido transparente y cristalino de olor más intenso que la gasolina y es insoluble en agua.

GASOLVENTE

Es una mezcla de compuestos alifáticos tales como hexano y heptano. Se obtiene de la destilación del petróleo. Es un líquido incoloro de olor característico, inflamable, insoluble en agua.

ASBESTO

Es un silicato mineral, cuya fórmula es la siguiente
 $Mg_3Si_2O_8 \cdot (OH)_2 \cdot H_2O$

CAOLIN

Es un silicato de aluminio hidratado, con la siguiente fórmula $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

DIATOMITA

Es esencialmente sílice ($SiO_2 \cdot xH_2O$)

ALCOHOL BUTILICO

Presenta la siguiente fórmula $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

EFFECTO DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA EN LAS PROPIEDADES DEL SELLADOR

A continuación se presentan los resultados de la formulación final antes y después de ser sometida a la radiación ultravioleta:

ENSAYO	ANTES	DESPUES (454 hrs)
Dureza	2	9
Temp. de ablandamiento	55°C	61°C
Adherencia	Buena	Buena
Flexibilidad	Buena	Buena
Escurrecimiento a 45°C	No escurre	No escurre
Tiempo de secado a 20°C	15 min	-

Los resultados de los ensayos de dureza vs horas de radiación de la formulación base y la final así como de los contratipos son mostrados en las Figuras 10 y 11.

Los contratipos utilizados son: ruftop, plastic cement y asbesto fest. Además, se intentó utilizar el silplast, karsyl y pencot sin embargo, estos al no tener características adecuadas de dureza y temperatura de ablandamiento, se descartaron como posibles contratipos comparativos en la prueba de dureza.

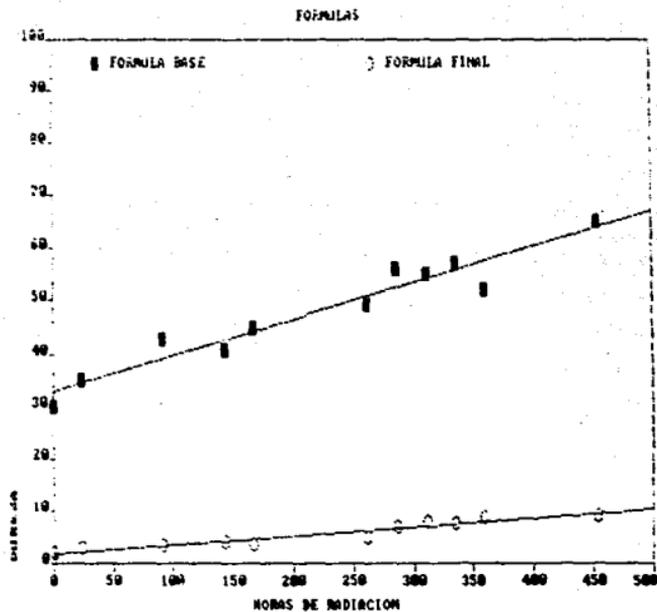


FIGURA 10 GRAFICA DE DUREZA VS HORAS DE RADIACION DE LAS FORMULAS BASE Y FINAL

La Figura 10, representa la dureza vs las horas de radiación de las formulaciones base y final. La formula base muestra dureza creciente a medida que se incrementan las horas de exposición, provocando un comportamiento lineal en la gráfica. Dicha formulación tiene una dureza inicial de 30 y una de 65 con 454

horas de radiación, lo que nos indica que se incrementa más del 100% en total. Esta dureza es excesiva para un sellador, llegando incluso a romperse y/o agrietarse.

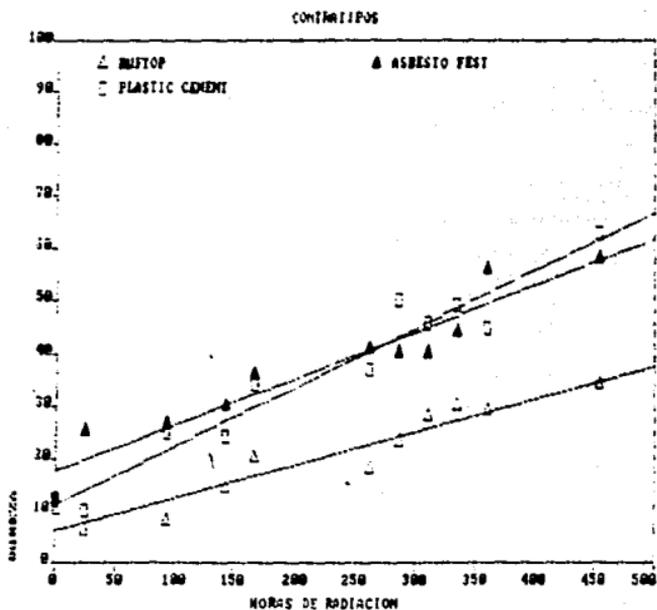


FIGURA 11 GRAFICA DE DUREZA VS HORAS DE RADIACION DE LOS CONTRATIPOS EMPLEADOS

La formulación final también presenta incremento de la dureza a medida que se aumentan las horas de radiación en el interperómetro, resultando un comportamiento lineal. Esta formulación tiene una dureza inicial de 2, y de 9 con 454 horas en el interperómetro, lo cual indica que tiene también un incremento notorio durante todo el transcurso del ensayo, sin embargo el valor de la dureza no deja de ser el adecuado en el sellador final, ya que se encuentra dentro de los parámetros de aceptación.

La Figura 11, representa la variación de dureza de los contratipos utilizados con respecto a las horas de radiación en el interperómetro. Los resultados muestran un comportamiento lineal en los tres casos y con ligero incremento de la dureza. En estos contratipos el agrietamiento aparece primero en asbesto fest, después de 150 horas de radiación. Después el agrietamiento se presentó en plastic cement, con 262 horas de radiación y con dureza de 37. Y por último, el contratipo ruftop, no presentó grietas en un total de 454 horas de radiación.

A continuación se muestran algunos de los productos existentes en el mercado que son utilizados como selladores y tapagoteras así como su costo (Tabla 3), además las propiedades y precio de las materias primas ocupadas en la formulación final (Tabla 4 y 5).

TABLA 3 CUADRO COMPARATIVO DE PRECIOS DE SELLADORES BASE-ASFALTICA EXISTENTES EN EL MERCADO

INDUSTRIA	NOMBRE COMERCIAL DEL SELLADOR	PRECIO POR LITRO
PENNSYLVANIA	RUFTOP	6,960.00
PROCONSA	SELLALIT 1000	4,111.00
PROTEXA	PLASTICEM	3,467.00
RESISTOL	JUNTA PLASTIC 132B	4,650.00
SIKA	IGAS NEGRO	6,195.00
COHEX	TOP CEMENTO PLAST	4,168.00
CURACRETO	PLASTICRETO	3,005.00
FESTER de México	PLASTIC CEMENT	4,630.00
IMPERQUIMIA	SITU PLASTIC	2,895.00
PASA	PROTECTO CEMEN	4,116.00
SEALCRET de México	SILPLAST	4,850.00
UNAH-IIM	BELLADOR	1,649.00

TABLA 4 CUADRO COMPARATIVO DE PROPIEDADES DE SELLADORES COMERCIALES

PRODUCTO	DUREZA SHORE A (1)	TEMP. ABLAND. °C (2)	ADHERENCIA (3)	FLEXIBILIDAD (3)	ESCURRI-MIENTO 45°C (3)	TIEMPO DE SECADO 20°C (3)
RUFTOP	10	162	BUENA	BUENA	NO ESC.	20 min
PLASTIC CEMENT	12	180	MALA	MALA	NO ESC.	30 min
ASBESTO FEST	12	142	MALA	MALA	NO ESC.	30 min
SILPLAST	--	35	BUENA	BUENA	NO ESC.	20 min
KARSYL	--	--	MALA	REGULAR	SI ESC.	--
PENCOT	--	--	REGULAR	REGULAR	SI ESC.	1 hora
UNAH-IIM	2	55	BUENA	BUENA	NO ESC.	15 min

(1) Norma ASTM D-36

(2) Norma ASTM D-2240

(3) Ensayos no normalizados. Condiciones de experimentación proporcionados por la Compañía Compuestos Plásticos y Materiales S.A. de C.V.

TAELA 5 COSTO DEL MATERIAL EMPLEADO, SELLADOR UNAM-IIM

MATERIAL	PRECIO
Asfalto #12	1,100.-/Kg
Asfalto #6	800.-/Kg
Hule SBR	7,000.-/Kg
Diatomita	600.-/Kg
Caolín	600.-/Kg
Asbesto 7M-05	1,372.-/Kg
Petróleo diáfano	650.-/l
Diesel	685.-/l
Gasnafta	1,800.-/l
Gasolvente	2,280.-/l
Alcohol butílico	6,980.-/l

FORMULACION FINAL: PREPARACION

Se describió en paginas anteriores de manera general la ruta que se siguió para la obtención del sellador, sin embargo hay que considerar que existen pasos o pequeñas etapas que deben mencionarse específicamente, por lo cual a continuación se desglosa de manera detallada la preparación de la formulación final.

Los asfaltos se funden en una mezcladora con calentamiento homogéneo a una temperatura de 90-100°C aproximadamente, sin sobrecalentar y con agitación constante para que no queden pedacitos de asfalto sin fundir.

Debido a que la mezcla de asfalto no es lo suficientemente fluida para incorporar las cargas, se le adiciona diesel con lo cual se obtiene una mezcla más fluida y no endurece al enfriar. El diesel debe ser adicionado con precaución y fuera del lugar de calentamiento.

Después se adiciona la fibra de asbesto poco a poco y con agitación rápida. El asbesto se incorpora muy fácil en la mezcla. La mezcla resultante tiene un aspecto poco (o ligeramente) pastoso, esta característica ayuda a evitar el escurrimiento (en combinación con las cargas), proporcionando cuerpo a la mezcla.

Sin dejar de agitar, se adiciona en forma continua la solución de hule en petróleo. La mezcla en ese momento toma una consistencia elástica, suave y pegajosa. Estas características son apropiadas para la obtención de los resultados finales, sin embargo, la mezcla no presenta la consistencia adecuada, por lo que se adiciona caolín con el fin de evitar el fenómeno de escurrimiento.

El caolín se incorpora fácilmente en la mezcla, pero en alta proporción tiende a formar grumos. Por tal efecto, la adición de esta carga debe ser lenta y con agitación rápida y homogénea. Como el caolín "seca" la mezcla, se adiciona gasnafta como disolvente. La adición de este disolvente debe ser fuera del calentamiento y poco a poco. El gasnafta tiene una volatilidad alta, por tal motivo hay que adicionarlo cuando la mezcla está a

una temperatura de 50°C como máximo.

Después se pone a calentar la mezcla nuevamente y se adiciona la diatomita poco a poco y con agitación. La diatomita presenta una buena dispersión, obteniéndose una mezcla blanda.

Se retira del calentamiento y se deja enfriar a una temperatura de 40°C ó menos para poder adicionar el gasolvente, ya que este disolvente presenta muy alta volatilidad y podría evaporarse y provocar una explosión o incendio si se adiciona cuando la temperatura es mayor. La adición de este disolvente debe ser poco a poco y con agitación.

Por último, cuando la temperatura de la mezcla es de aproximadamente 25 ó 30°C se adiciona alcohol butílico lentamente y con agitación.

IV CONCLUSIONES

Como se ha podido observar, la mayoría de los productos selladores asfálticos existentes en el mercado poseen características elásticas muy pobres. Presentan la desventaja de endurecer en un tiempo muy corto de exposición a radiación ultravioleta y tienen un costo relativamente alto.

Las deficiencias de estos productos fueron mejoradas por mucho por el empleo de los diversos materiales utilizados en la elaboración del sellador tales como los asfaltos oxidados, el hule estireno-butadieno que proporciona elasticidad al producto, los rellenos o cargas minerales que dieron volumen y evitaron el escurrimiento, así como la incorporación de fibra de asbesto como material de refuerzo.

La adherencia se mejoró notablemente por la adición de alcohol butílico al sellador y la mezcla de disolventes volátiles coadyuva a la rápida formación de la película protectora exterior del sellador.

Por lo anterior, el producto final elaborado presenta características más adecuadas para los fines de un sellador, tapacócheras de uso exterior, ya que soporta eficazmente las contracciones y dilataciones causadas por movimientos de las

construcciones y/o cambios de temperatura. Tiene resistencia excelente a la radiación ultravioleta, ya que al lapso más largo de exposición (454 horas), no presenta grietas, ni resecaamiento.

La posible utilización de fibras poliéster como material de refuerzo fue ensayada, resultando un sellador con características comunes al elaborado con fibra de asbesto.

Por lo que respecta al costo del producto final, éste es notablemente el más económico de los productos comerciales existentes en el mercado, ya que el más barato todavía tiene un sobreprecio del 75% y el más caro un sobreprecio del 44.3%.

v BIBLIOGRAFIA

- [1] Hiscox, G.D. and Hopkins, A.A., Gran Enciclopedia Practica de Recetas Industriales y Formulas Domesticas. Tomo 2. Capitulo VIII-Cemento, Colas, Pastas y Aglutinantes, p.455. Ediciones Gustavo Gili, S.A. de C.V., Mexico, D.F., (1989)
- [2] Compañía Sealcret de Mexico, S.A. de C.V.
Folleto Técnico
Antonio Manuel Rivera No.10
Centro Industrial Tlalnepantla
- [3] Barabá, Fernando Z., Materiales y procedimientos para la construcción, Tomo 2, p.584-F-9, 4a. Edición, Ed. Herrero, Mexico, D.F. (1965).
- [4] Compañía Productos Pennsylvania S.A. de C.V.
Folleto Técnico
Proi. Av. San Antonio No.455
Mexico, D.F.
- [5] Ibidem. [3]. Tomo 1, p.338
- [6] Compañía Fester de México S.A. de C.V.
Folleto Técnico
Plomo No. 31
Fracc. Esfuerzo Nacional
- [7] Robles Ramos, Jorge A. y Olivera Villanueva, Victor M., Anteproyecto de una planta de asfalto oxidado. Tesis. Facultad de Química. Mexico.D.F., (1986).

- [8] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology,
Interscience Publishers, John Wiley & Sons, Inc., Third
Edition, Vol.2, p.757-817, (1976).
- [9] A.S.T.M., Standards, 1985, Part 11, Bituminous Materials for
Highway Construction, Waterproofing, and Roofing; Soils;
Skid Resistance.
- [10] Cook, John P., Selladores y adhesivos para construcción, Ed:
Linusa, Mexico, D.F., p.46 (1978).
- [11] Ibidem, p.44
- [12] Alcayde Lacorte, Guillermo J., Intemperismo en plásticos.
Tesis. Instituto de Investigaciones en Materiales.
Mexico, D.F., (1969)
- [13] Schnabel, W., Polymer Degradation, Principles and Practical
Applications, Hanser International, (1981).
- [14] Ibidem, [10], p.143
- [15] Katz, Harry S., Milewski, John V., Handbook of fillers and
reinforcements for plastics. p.119
- [16] Ibidem, p.122
- [17] Minerals for the chemical and allied industries, Johnstone
Sydney J. John Wiley & Sons Inc., p.78
- [18] Ibidem, p.87
- [19] Blucher, H., Enciclopedia Química Industrial parte 2, Ed.
Tecnos, p.954
- [20] Ibidem, p.956
- [21] Ibidem, p.455
- [22] Ibidem [8], p.757-765

[23] Ibidem. [15], p.81

[24] Ibidem, [10], p.63

[25] Ibidem. p.62

[26] Compañía Compuestos Plásticos y Materiales S.A. de C.V.

Folleto Técnico

Los Reyes No.96

Ccl. Sta. Barbara Iztapalapa

[27] Danusia, Adolfas, Sealants. Reinhold Publishing Corporation
New York, (1967).

[28] Sax, N. Irving, Dangerous properties of industrial materials
p. 456, 1168-1169, 3a edition, Reinhold Book Corporation, New
York. (1979).