
FACULTAD DE QUIMICA

**Uso del Coque del Petróleo para la Obtención
de Asfaltos Mejorados**

2969

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

AMADOR RODRIGUEZ COLLADO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AS. TOSI 277
AGE 1974
ECHA 1974
ROC M. t. 280



QUIMICA

CON CARINO Y RECONOCIMIENTO.

A

MIS

PADRES:

SR. AMADOR RODRIGUEZ CRUZ.

SRA. MA. DEL CARMEN COLLADO DE
RODRIGUEZ.

A

MIS

HERMANAS Y HERMANOS.

A TODOS MIS FAMILIARES.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

SEGUN EL TEMA.

PRESIDENTE: Ing. Vladimir Estivill Riera.

VOCAL: Ing. Pablo Barroeta González.

SECRETARIO: Ing. Víctor Pérez Amador.

1er. SUPLENTE: Ing. Gerardo Bazán Navarrete.

2do. SUPLENTE: Ing. Arturo López Torres.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA.

Instituto Mexicano del Petróleo, Biblioteca del Instituto Mexicano del ---
Petróleo, Biblioteca Facultad de Química, Biblioteca Benjamín Franklin,
Biblioteca Central **UNAM**, Biblioteca del Instituto de Química, Biblioteca
Facultad de Ingeniería, Biblioteca de Petróleos Mexicanos.

Nombre completo y firma del sustentante: Amador Rodríguez
Collado.

Nombre completo y firma del asesor del tema: Ing. Víctor Pérez
Amador.

Nombre completo y firma del supervisor técnico: Ing. Rafañ
Rodríguez Pérez.

I N D I C E

CAPITULO 1).- INTRODUCCION.

CAPITULO 2).- GENERALIDADES SOBRE CARPETAS ASFALTICAS.

2.1. - Constitución de una Carpeta Asfáltica.

2.2. - Materiales Petreos usados en la constitución de Carpetas Asfálticas.

2.3. - Clasificación.

2.4. - Condición de uso.

CAPITULO 3).- CARACTERISTICAS Y OBTENCION DE LOS ASFALTOS UTILIZADOS EN PAVIMENTACION DE CARRETERAS.

3.1. - Características de los Asfaltos utilizados en Pavimentación de Carreteras.

3.2. - Material Asfáltico usado para la Construcción de - Carpetas.

3.3. - Fabricación de Asfaltos.

3.4. - Asfaltos Diluídos y Emulsiones Asfálticas.

CAPITULO 4).- PROPIEDADES DEL COQUE Y ASFALTOS - UTILIZADOS EN LA OBTENCION DE LOS - ASFALTOS EXPERIMENTALES.

4.1. - Propiedades del Coque.

4.2. - Propiedades de los Asfaltos.

CAPITULO 5).- OBTENCION DE LOS ASFALTOS EXPERIMENTALES.

5.1. - Experimentación.

5.2. - Exaluación analítica de los Asfaltos Experimentales.

CAPITULO 6).- PRUEBAS DE SEMI-COMPORTAMIENTO DE
LOS ASFALTOS MEJORADOS.

6.1. - Pruebas de Adherencia.

6.2. - Pruebas de Ingeniería.

CAPITULO 7).- EVALUACION DE RESULTADOS.

7.1. - Pruebas de Especificación Pemex para Asfalto No. 6.

7.2. - Pruebas de Adherencia.

7.3. - Pruebas de Ingeniería.

CAPITULO 8).- CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

8.1. - Costos de la Mezcla Asfalto No. 6, Consumo Nacional
2 + 5% Coque.

8.2. - Costos de la Mezcla Asfalto No. 6, Consumo Nacional
1 + 5% Coque.

CAPITULO 9).- CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

La estructura de un pavimento asfáltico puede proyectarse y construirse de forma que pueda sustentar las más elevadas frecuencias de tráfico y cargas. Muchos son los problemas que se presentan en la construcción de un pavimento viable y seguro, el espesor del pavimento asfáltico debe calcularse para asegurar un comportamiento satisfactorio durante largo tiempo, teniendo en cuenta las condiciones del tráfico, las características del terreno y la de los materiales de construcción.

Esto exige usualmente que se empleen materiales de resistencia a los esfuerzos y a los factores de intemperismo cada vez más elevados desde el terreno hasta la superficie del pavimento. Las características de los materiales utilizados influirán en el espesor de cada una de las capas componentes del pavimento y, por lo tanto, en el espesor total.

La construcción de pavimentos asfálticos ofrece tantas posibilidades que frecuentemente pueden utilizarse diversos tipos de mezclas asfálticas para un tráfico y condiciones climatológicas dados y por eso no solo es importante ensayar el asfalto y los materiales petreos separadamente, sino que deben realizarse ensayos sobre combinaciones de éstos materiales hasta establecer las proporciones y características adecuadas para estas mezclas.

Uno de los problemas que se puede considerar principal en la construcción de pavimentos es el de encontrar un material adecuado que -

sirva como cementante para que la carretera resista todos los fenómenos antes mencionados.

En nuestro país los materiales cementantes más utilizados son: el Cemento Portland y el Asfalto, siendo éste último el más económico, razón por la cual es más usado en la construcción de carreteras.

Pueden producirse mezclas asfálticas para pavimentación con una amplia gama de combinaciones de materiales petreos, cada una de las cuales tiene sus características peculiares y es adecuada para empleos específicos.

El Asfalto, con su extraordinaria versatilidad ha conducido, naturalmente, a muchas modalidades diversas en su empleo en la pavimentación de carreteras, y es eso que tomando en cuenta la conveniencia de llevar a cabo una investigación acerca de un mejor aprovechamiento del Coque en la preparación de mezclas asfálticas mejoradas con dicho material con base en los asfaltos de consumo Nacional, es decir, asfalto No. 6) de las Refinerías del País, ya que por informaciones bibliográficas se tiene conocimiento de que el Coque de Petróleo se ha usado en la preparación de diferentes mezclas y compuestos de mejor atractivo económico y propiedades mejoradas, se llevó a cabo este estudio relacionado con la evaluación de las mezclas de asfalto-Coque.

La evaluación de tales mezclas se llevó a cabo desde el punto de vista de su aplicación en Carpetas Asfálticas.

CAPITULO 2

GENERALIDADES SOBRE CARPETAS ASFALTICAS

La clave de la buena construcción de carpetas asfálticas es la elección inteligente, no solo de los materiales petreos y del aglutinante, sino también de los métodos constructivos que permitirán satisfacer económica y adecuadamente las exigencias fijadas para la estructura de la carpeta asfáltica por el tráfico y las condiciones atmosféricas.

Las carreteras ó pavimentos son de 2 tipos, dependiendo de la materia prima que se utiliza para su construcción: Pavimentos Rígidos y Pavimentos Flexibles.

Para el primero el aglutinante empleado es Cemento Portland y el segundo es el Asfalto el material cementante.

2.1. - Constitución de una Carpeta Flexible.

Los pavimentos flexibles están formados por las siguientes - capas: Terracería, Sub'Rasante, Sub'Base, Base y - Carpeta Asfáltica.

Terracería. - Esta capa está constituida por la arcilla ó piedras de partículas de dimensiones específicas y constitución sólida. Este material es obtenido de los mismos cortes del terreno en el mismo lugar de la construcción o traídos de otro lugar según sea la resistencia - del material a la compactación.

La carga ó soporte del material son aproximadamente 0.33 - Kg/cm². La compactación será 90%. (Prueba Proctor.)

Sub'Rasante. - Esta capa se hace con el material del mismo corte, solamente que más rígido; es del tipo granular. Esta debe ser

resistente a las cargas. Cuando no se tiene el material necesario se hacen importaciones de otros bancos de material petreo. El espesor de la capa es de 30 cm. aproximadamente con una compactación de 95%. (PP)

Sub'Base. - El material es gravo-arenoso cribado para obtener una granulometría dada, tal que tenga 10% de finos, que sea impermeable para proteger a la capa de filtraciones. El espesor es de 15 a 60 cm. aproximadamente con una compactación de 95%. (PP)

Base. - El material es triturado para aumentar la resistencia, el tamaño máximo de la partícula es de 1.5 pulgadas, el fino que lleva son del orden de 4%, inertes, como el polvo obtenido en la misma trituración, limos o arena limosa. Esta capa tendrá un espesor de 10 a 30 cm. aproximadamente y una compactación de un 95%. (Prueba Proctor.)

Esta capa resulta ser permeable para:

- 1). - Permitir el drenaje del agua que filtrarse por las grietas de la carpeta.
- 2). - Presentar una textura abierta y permitir que penetre el asfalto de riego de impregnación de 0.5 a 2.5. cm. formando una capa de transición entre la carpeta y la base.

Carpeta Asfáltica. - Es la capa superior de la estructura que forma al pavimento flexible de un camino o aeropista, tiene como función servir de superficie de rodamiento a los vehículos y transmitir a las capas inferiores las presiones que, sobre ellas, éstos ejercen.

Para que se cumpla en forma adecuada su función. es necesarios que la carpeta resista a las cargas que se soporten y no provoquen deformaciones perjudiciales.

No deberá desintegrarse por los efectos del tránsito, tendrá que

ser prácticamente impermeable y presentar una superficie uniforme de --
textura ligeramente áspera que la haga antiderrapante.

Para satisfacer estos requisitos siempre es necesario selec- -
cionar correctamente el tipo de material petreo y asfáltico para la construc-
ción de la carpeta, así como el procedimiento más eficiente.

El término flexible, empleado muy a menudo en relación con --
los pavimentos asfálticos, se refiere a la posibilidad de estas estructuras -
de adaptarse a los asientos de la cimentación.

2.2. - Materiales Ptreos Usados en la Construcción de Carpetas Asfálticas.

Son los materiales seleccionados que recubiertos total ó par--
cialmente por una película de asfalto, forman la carpeta de rodamiento y --
que deben satisfacer los siguientes requisitos:

- 1) Clasificación.
- 2) Condición de Uso.

2.3. - Clasificación. -

Los materiales ptreos para carpeta asfáltica se clasifi--
can en 3 grupos:

- a) Materiales naturales que no requieren ningún tratamiento, tales
como arenas de río y limos para mejoramientos; gravas con -
arenas, arenas gromílicas, areniscas, etc.
- b) Materiales naturales ó escorias de fundición que requieren --
un tratamiento previo a su uso, de cribado o trituración.
- c) Mezclas de materiales del grupo (a) ó del grupo (b) ó de ambos.

2.4. - Condición de Uso. -

Los materiales petreos para carpetas asfálticas deben tener las siguientes características principales:

a) Tener la resistencia para soportar, sin sufrir fracturas, -- las cargas producidas por las aplanadoras metálicas durante la construc -- ción.

b) Tener afinidad con el asfalto.

c) Tener baja absorción y alta densidad.

d) No presentar tendencia marcada o romper en forma de laja -- principalmente si se van a emplear tratamientos superficiales.

e) Tener las partículas de material una superficie exenta de -- arcilla o limo que pudiera impedir una buena adherencia entre el agregado -- petreo y el asfalto.

CAPITULO 3

**CARACTERISTICAS Y OBTENCION DE LOS ASFALTOS
UTILIZADOS EN PAVIMENTACION DE CARRETERAS.****3. 1. - Características de los Asfaltos utilizados en Pavimen-
tación de Carreteras.**

A pesar de que el desarrollo de las posibilidades de utilización de los asfaltos ha sido considerable, constituye todavía la construcción, -- mantenimiento de carreteras y aeropuertos el principal renglón de consumo.

Se utilizan varios tipos de pavimentación, que difieren algo en -- composición y función, pero todos se basan en la combinación de agregados minerales y asfalto, en la que el último actúa como un medio de unión dura-
dero e impermeable.

La mayor parte de los procesos están bien definidos y han alcan-
zado un alto nivel de rendimiento, de forma que ha sido poco necesario in-
troducir técnicas totalmente nuevas.

Se han realizado modificaciones para ajustarse a las circunstan-
cias particulares y acomodarse a los métodos más nuevos de elaboración y --
aplicación, aunque la elección entre los principales tipos de pavimentación --
ya normalizados constituye primordialmente una cuestión de requisitos de --
tráfico y condiciones locales.

Los asfaltos son sustancias oscuras de color pardo ó negro, --
semisólidos o sólidos y están constituídos principalmente por hidrocarburos.

Son sistemas coloidales, siendo la fase dispersa los componentes
no volátiles de elevado peso molecular y la fase continua los de bajo peso mo

lecular. Los asfaltos se encuentran en la naturaleza ó se producen en la destilación del petróleo, pero lo más probable es que los productos naturales se hayan formado en largos períodos de tiempo por evaporación de los componentes más volátiles.

3.2. - Material Asfáltico Usado para la Construcción de Carpetas.

Los asfaltos empleados en trabajos de pavimentación son de penetración comprendida entre: 80-100 (Norma ASTM-D-5), que es denominado como ASFALTO No. 6, cuyas especificaciones Pemex son:

<u>P R U E B A S</u>	<u>M E T O D O S</u>	<u>E S P E C I F I C A C I O N E S</u>
Temperatura de In- flamación. °C. min.	ASTM-D-92	230
Penetración - 100g/5seg/25°C. 0.1 mm.	ASTM-D-5	80/100
Temperatura de Ablan- damiento. °C.	ASTM-D-36	45/52
Ductilidad a 25°C, min. (cm)	ASTM-D-113	100
Solubilidad en CS ₂ , min. (%)	ASTM-D-165	99.0
Pérdida por calentamiento 50g/163°C/5 hr. % máx.	ASTM-D-6	1.0

No es recomendable usar asfaltos de más bajo grado de penetración debido a la acción del interperismo, principalmente a la luz solar que paulatinamente va haciendo que el asfalto se vuelva más duro, esto - debido a la luz ultravioleta que interviene como catalizador para que los aceites y resinas se oxiden y se transformen en asfaltenos, que es la parte sólida del asfalto.

Este endurecimiento hace que la carpeta tenga una flexibilidad incompatible con las demás capas que forman la carretera, logrando de esta forma que se agriete el pavimento, dando lugar a que el agua se filtre e inicie la destrucción del mismo.

Para manipular el asfalto es necesario calentarlo para bajar su viscosidad y poder mezclarlo con el material petreo, ambos formarán el concreto asfáltico que se llevará en caliente (135°C) al "planchado".

No cabe duda que este sistema de construcción es el que da lugar a los pavimentos de mayor calidad, ya que al elevar la temperatura, en el material petreo se elimina su humedad y además es factible por cribado seleccionar el tamaño de éste, para después dosificarlo y obtener una mezcla adecuada. La desventaja de este sistema de construcción es el costo, el cual es bastante alto. En nuestro país este método de construcción se aplica a caminos especiales. Tratando de encontrar una solución que no obligue al uso del calentamiento del material petreo en la construcción de las carpetas, se ha recurrido a dos procedimientos para abatir la viscosidad del cemento asfáltico y que son:

- 1) Agregar un disolvente del asfalto que actúe como vehículo para facilitar su manejo y aplicación al material petreo, y -

que posteriormente se eliminará casi totalmente por evaporación.

- 2) Emulsionar el asfalto para que en forma de pequeños glóbulos se mantenga en suspensión en agua y que al contacto con el material petreo se produzca un rompimiento de la emulsión, depositándose el asfalto en forma de película en la superficie de aquél.

En el primer caso se tienen los asfaltos rebajados, muy comunes en la construcción de pavimentos.

Según el tipo de disolvente que se emplee para rebajar el asfalto es el tipo de fraguado a que corresponde:

FRAGUADO RAPIDO ((F. R.)). - Se utiliza destilados --
ligeros (gasolinas no refinadas).

FRAGUADO MEDIO ((F. M.)). - Se utiliza kerosina no re
finada.

FRAGUADO LENTO ((F. L.)). - Se utilizan aceites de ti-
po diesel.

En el empleo de los rebajados asfálticos se tienen ventajas y --
desventajas. Los rebajados más comunes usados en los fragudos rápidos
número 3 ó 4, que tienen menor proporción de disolventes ligeros, en este --
caso la aplicación del riego asfáltico es seguido de inmediato por una aplica-
ción del material petreo clasificando, requiriéndose que el producto asfálti-
co endurezca rapidamente para que fije las partículas del material petreo.

Un problema grave en este tipo de construcción de carpetas --
asfálticas es eliminar la humedad que contiene el material petreo que impe-
dirá la adherencia perfecta del asfalto.

Asimismo, la adherencia entre la película asfáltica y el material petreo es un problema de cargas eléctricas que originan tensiones superficiales entre las fases: agua, asfalto y material petreo. Para que dicha adherencia sea permanente, el material petreo deberá tener mayor afinidad por el asfalto que por el agua, de otro modo la película de asfalto se vería desalojada por el agua, desprendiéndose de los sólidos y dejando sin la debida liga las partículas de éste.

3.3.- Fabricación de Asfaltos.

Existen 3 variedades principales:

- a) Asfaltos refinados con vapor.
- b) Asfaltos soplados.
- c) Asfaltos obtenidos por desintegración de residuos.

Cada uno de ellos tiene su propio método de fabricación.

a) **ASFALTOS REFINADOS CON VAPOR.** -

Los asfaltos refinados convapor son típicos entre los producidos por un proceso de concentración. Cuando los componentes volátiles de un aceite se eliminan por destilación, el residuo, que contiene los componentes no volátiles de elevado peso molecular, es el asfalto.

El crudo puede destilarse hasta obtenerse el asfalto, en una unidad combinada en 2 etapas a tmosférica y vacío, tal como se hace en las destilaciones. La forma más sencilla de verificar la destilación es a la presión atmosférica; pero como las fracciones más volátiles (gasolina, kerosina, gasóleo, etc.) ya han sido eliminadas, sería preciso emplear temperaturas muy altas, exponiéndose a la posible desintegración del asfalto, de forma que es conveniente destilar el residuo bajo vacío. En la figura # 1 se representa un diagrama de una unidad de vacío para destilar residuos asfálticos. La carga de residuo ó cruda reducido se precalienta bombeándolo a través de intercambiadores de calor vapor-crudo, destilado-crudo y asfalto-crudo, a un horno tubular, en el que la temperatura se lleva hasta el nivel deseado por el calor de combustión de gas ó aceite.

El residuo caliente se descarga en la zona de evaporación de una columna de vacío. Los vapores ascienden por la sección de fraccionamiento, en la que por medio de platos de borboteo se fraccionan, dando gasóleos, que pasan a los condensadores, y un corte pesado (frecuentemente apropiado como

carga para la fabricación de lubricantes), que se extrae lateralmente. El asfalto desciende por la columna, separándose sus fracciones volátiles por arrastre con vapor de agua sobrecalentada. El vacío se mantiene en la columna por medio de un equipo de eyectores con vapor.

Esta planta es susceptible de un control muy cuidadoso. La calidad del asfalto depende de la temperatura a que la carga entra en la columna el asfalto de penetración: 180 a 220, precisa una temperatura de poco más de 300°C , mientras que para asfaltos duros, como el de punto de ablandamiento 80 a 90°C , es necesario una temperatura de, aproximadamente 440°C . La carga a la planta se mantiene por medio de un control de flujo, y la temperatura del horno se lleva constante por medio de un control de temperatura que actúa sobre la alimentación de combustible al horno. Como la calidad del gasóleo y del destilado dependen de la temperatura del domo de la columna, ésta se fija por la cantidad de reflujo.

Cuando se fabrican asfaltos más duros con punto de ablandamiento mayores que 80 a 90°C , se utiliza, generalmente, un método de recirculación para reducir la temperatura y minimizar la desintegración. Aún así son necesarias temperaturas superiores a los 400°C . Los gases obtenidos, que tienen un olor muy desagradable, se queman frecuentemente en el horno, evitando así inconvenientes y economizando combustible.

El asfalto también puede prepararse por extracción con disolventes. Los asfaltenos ó componentes no volátiles de elevado peso molecular son insolubles en algunos disolventes, mientras que los componentes volátiles no lo son. Si el residuo se mezcla con un disolvente puede separarse el asfalto dependiendo sus propiedades de la temperatura, presión y composición del disolvente. En la extracción con disolventes de las fracciones residuales asfálticas para la fabricación de aceites lubricantes, el extracto es un asfalto muy

semejante en propiedades al obtenido por destilación con vapor. El disolvente más utilizado es el propano y en el que son insolubles los asfaltenos.

Se apreciará que, en la distribución de una substancia que como el asfalto puede ser sólida a la temperatura atmosférica, es necesario tener dispositivos especiales para su manipulación. Después de su obtención en la planta, el asfalto intercambia calor, reduciéndose en su temperatura, mientras que su consistencia permita la fácil manipulación. Luego se bombea por medio de bombas con camisa de vapor, a través de tuberías, también recubiertas con camisa de vapor, hasta los tanques, que deben estar equipados con serpentines de vapor a alta presión (colocados en el fondo) y totalmente calorifugados. En estos tanques se mantiene el asfalto a una temperatura de 100 a 150°C, según su clase y destino. Los más duros, de punto de ablandamiento 80°C. ó más, no se almacenan generalmente en grandes volúmenes, sino que se bombean a depósitos donde se dejan solidificar para luego romperlos y almacenarlos en cuñetes.

b) ASFALTOS SOPLADOS. -

Mientras que el asfalto refinado con vapor es un producto fabricado por concentración, el asfalto soplado constituye una substancia obtenida por conversión química. El soplado con aire es un proceso de deshidrogenación, oxidándose el hidrógeno con el oxígeno del aire para dar agua, con la consiguiente polimerización de los hidrocarburos y la formación de moléculas mayores. El proceso de soplado, además de incrementar el rendimiento de asfalto, afecta también materialmente las propiedades del producto usualmente, aumentando así sus posibilidades de uso. Los asfaltos de destilación directa son substancias viscosas que tienen una alta ductilidad y un índice de penetración — 2,0 a — 2,0; los asfaltos soplados son de consistencia elásti

ca y tienen una baja ductilidad, el índice de penetración es alto, generalmente superior a $-2,0$.

El paso de sólido a líquido es más rápido que en el producto de destilación directa.

El proceso de oxidación es de carácter exotérmico y debe controlarse de tal forma que el calor sea eliminado tan pronto como se produce.

Incluso puede ocurrir la combustión espontánea, debida a sobre -- calentamiento de la carga, si hay presente una gran cantidad de aire.

Para el soplado del asfalto con aire se emplean equipos de varios - tipos, distintas formas de calderas, diferentes métodos de introducción del --- aire, de control de la temperatura y de eliminación de los gases residuales.

Las características más importantes son:

- a) La consecución de un íntimo contacto entre el aire y el asfalto.
- b) Debido a la baja ductilidad de los asfaltos oxidados no se utilizan en la construcción de carreteras.
- c) **ASFALTO OBTENIDO POR DESINTEGRACION DE RESIDUO.**

Las reacciones que se llevan a cabo en estos tipos de procesos son las siguientes:

- (1) Desintegración de los hidrocarburos (y sus derivados) para for-- mar compuestos no saturados.
- (2) Polimerización de los compuestos no saturados para formar otros compuestos de elevado peso molecular.

El asfalto se separa del fuel de desintegración por destilación, exactamente de la misma forma que en el caso de refino con vapor. Es - duro, quebradizo, con un índice de penetración muy bajo (-3.0 a -5.0), y la transición de sólido a líquido es brusca.

Este asfalto no es adecuado para utilizarse en la pavimentación de carreteras.

3.4. - Asfaltos diluídos y Emulsiones Asfálticas.

Al hablar de la sección de asfalto refinado al vapor se señaló que su manipulación no es siempre sencilla. Con el fin de hacer el asfalto más fácilmente manipulable puede ser conveniente incrementar su fluidez por dilución con un disolvente o por emulsiónamiento con agua.

Los disolventes empleados son destilados ligeros tales como - Naftas, Kerosina y Gasóleos.

La dilución se realiza en la refinería, mientras el asfalto está todavía caliente, para ello se coloca éste en un tanque y se introduce el disolvente por el fondo, a través de una tubería perforada. La mezcla final puede realizarse por agitación por aire y, en los casos en que el disolvente es demasiado volátil, circulando el contenido del tanque con una bomba.

El asfalto diluido puede manipularse fácilmente a una temperatura no muy superior a la atmosférica.

Los asfaltos se emulsionan fácilmente con agua en pequeñas cantidades de agentes emulsionantes. La calidad de la emulsión puede variarse modificando la cantidad y/o la composición del emulsionante. Las emulsiones de rompimiento rápido se emplean para remendar carreteras, mientras que las de tipo más estable se utilizan en la estabilización del suelo.

Al principio se fabricaron las emulsiones de forma discontinua introduciendo asfalto caliente en una solución acuosa del emulsionante en un mezclador con paletas. Sin embargo este método presenta dificultades para conseguir emulsiones consistentes, y actualmente se fabrican continuamente por medio de un molino coloidal. El emulsionante diluido y el asfalto se -

introducen simultaneamente, a flujos y temperaturas cuidadosamente controladas. De esta forma es posible obtener emulsiones consistentes y de calidad constante.

Las emulsiones asfálticas son totalmente fluídas a la temperatura atmosférica y se manipulan muy facilmente en camiones o carros-tanque, etc.

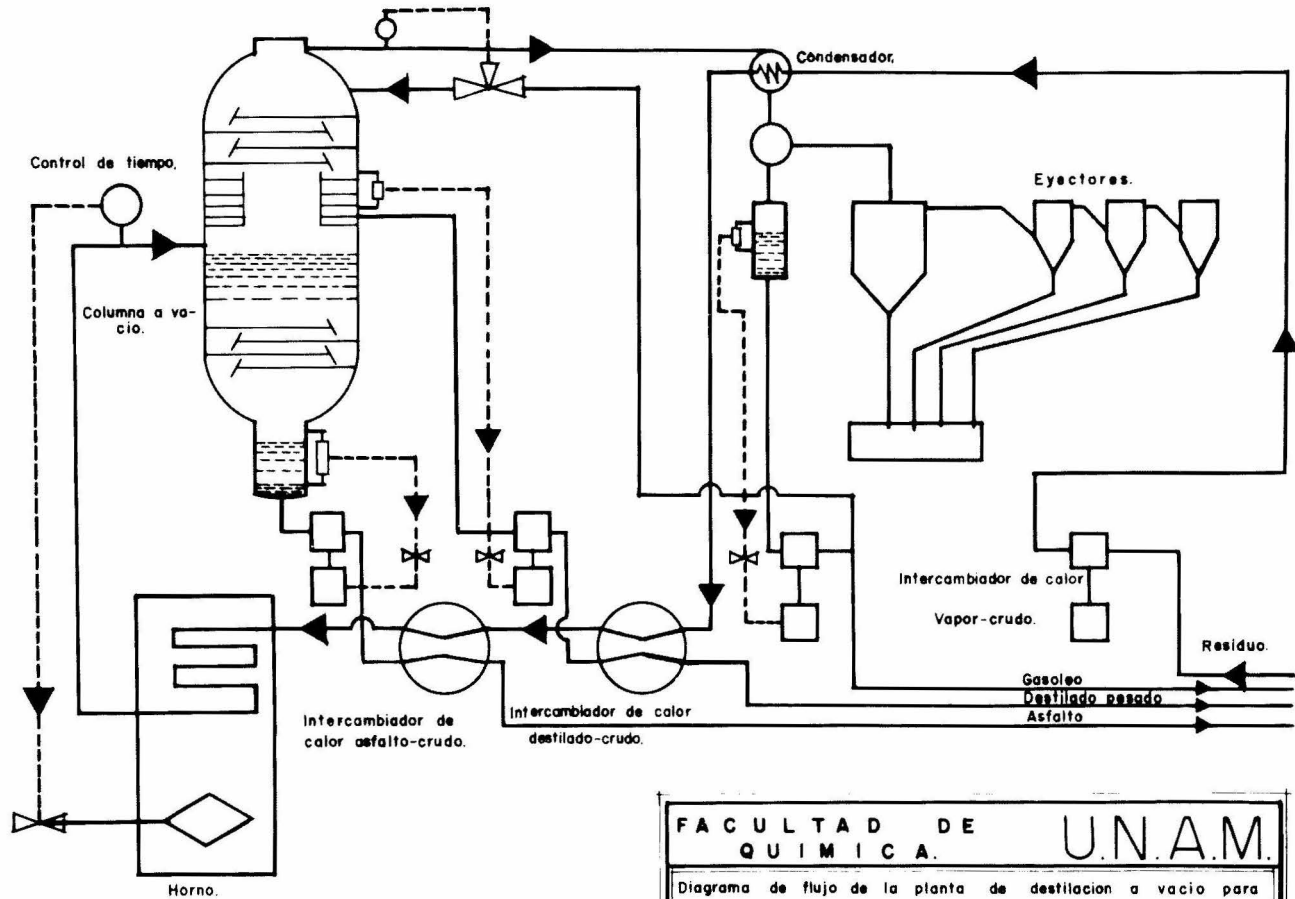


Figura No. 1

FACULTAD DE QUIMICA.	U.N.A.M.
Diagrama de flujo de la planta de destilación a vacío para asfalto.	
TESIS PROFESIONAL	
AMADOR RODRIGUEZ COLLADO	

CAPITULO 4

PROPIEDADES DEL COQUE Y ASFALTOS UTILIZADOS EN LA OBTENCION DE LOS ASFALTOS EXPERIMENTALES.

4.1. - PROPIEDADES DEL COQUE.

A continuación se enumeran las propiedades más importantes de los componentes que constituyen al asfalto mejorado, tema de este trabajo.

El Coque de petróleo que se obtiene mediante el procedimiento de desintegración térmica ó "Coquización" de residuos obtenido también de aceites de petróleo crudo es una sustancia dura, quebradiza y porosa, de color variable; entre gris y negro.

Por lo general, los coques derivados de aceites con base parafinica tienen menor contenido en cenizas y azufre y poseen una resistividad inferior a los coques obtenidos de aceites con base asfáltica (Fabricación de Electrodo).

Las características del coque de petróleo para el mejoramiento de los asfaltos utilizados en este trabajo deberá reunir la siguiente distribución de tamaño de partícula: **Según la tabla # I.** -

TABLA # 1. -

MALLA No. U. S. STANDAR.	% RETENIDO SOBRE LA MALLA.
100	50 - 60
120	10 - 20
140	5 - 10
180	5 - 10
200	5 - 10

EL ANALISIS TIPICO DEL **COQUE** EN ESTUDIO ES EL SIGUIENTE:

Sulfuros (%)	6.0 - 7.3
Materia Volátil (%)	6.5 - 7.0
Cenizas (600°C) %	0.40
Cenizas (750°C) %	0.58
Silice (%)	0.008
Fierro (%)	0.030 - 0.080
Vanadio (%)	0.140 - 0.200
Niquel (%)	0.040 - 0.048
Cobre (%)	0.008
Humedad (%)	0.8 - 1.0
Densidad aparente.	0.8 - 0.9
Poder calorífico (BTU/LS)	14,000
Carbón fijo (%)	91.0 - 92.0

La figura # 2 representa un diagrama de flujo de una unidad para la obtención del Coque.

4.2. - PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS.

El conocimiento del asfalto tiene un interés muy especial por ser éste un poderoso aglutinante, fácilmente adhesivo, muy impermeable y duradero. Es una sustancia plástica e imparte una flexibilidad a sus mezclas muy controlables. No lo atacan la mayor parte de los ácidos, alcalis y sales, aunque es un material sólido ó semisólido a temperaturas atmosféricas ordinarias, puede licuarse fácilmente calentándolo ó disolviéndolo en destilados de petróleo volátiles o no, ó bien en aceites residuales; su color generalmente es negro ó café oscuro. Aunque se encuentra al estado natural, suele obtenerse como producto residual de la destilación o extracción de aceites crudos del petróleo.

La figura # 3 representa un diagrama de flujo primaria y a vacío para la obtención de asfalto.

Generalmente a los asfaltos utilizados en la construcción de carreteras le son determinadas las siguientes características.

1. - Penetración.
2. - Punto de ablandamiento.
3. - Solubilidad en CS₂
4. - Punto de inflamación.
5. - Ductilidad a 25°C.
6. - Pérdida por calentamiento.
7. - Constituyentes asfálticos.
8. - Contenido de metales.

9. - Contenido de azufre total.

Las primeras seis (6) pruebas son las correspondientes a las Nacionales para asfalto No. 6, las demás pruebas se realizaron por conveniencia adecuada y poder así llevar a cabo una relación entre la composición y el comportamiento del asfalto.

Brevemente se describen a continuación cada una de las pruebas antes mencionadas.

PENETRACION. - Esta prueba da una idea de la dureza y plasticidad de un material asfáltico. El método para realizar la prueba consiste en hacer penetrar una aguja de dimensiones determinadas, sobre una muestra de material que se encuentra en un recipiente.

Respecto a las dimensiones del recipiente que contiene la muestra, si éstos exceden 5.0 cm. de lo especificado no afectan la determinación, la temperatura debe mantenerse sin permitir variaciones mayores de 0.1°C . y el tiempo debe medirse con una precisión de $1/5$ seg. Variaciones de 1% no afecta la medida en la carga.

La penetración normal se expresa en décimos de milímetros que se denominan grados. Así si un cemento asfáltico es de 100 grados de penetración, quiere decir que tiene $100/10$ m.m. ó sea un centímetro de penetración.

PUNTO DE ABLANDAMIENTO. - Cuando se determina a temperaturas diferentes ó en conjunción con la penetración, indica la susceptibilidad térmica (Índice de Penetración).

Los asfaltos no tienen un punto de fusión definido, ya que al ser calentados se ablandan gradualmente. Ello hace que cualquier medida del punto de ablandamiento sea un tanto arbitrario.

El método a seguir es el llamado "RING AND BALL (R y B)", es decir, anillo y bola y es el siguiente: Un anillo metálico de dimensiones determinadas se llena con asfalto fundido completamente y se enfría a temperatura ambiente. Sobre el asfalto se coloca un balín metálico de 3.5 g aproximadamente y se calienta el conjunto a baño maría a razón de 50°C. por minuto. Cuando el balín se hunde una pulgada se registra la temperatura y este valor es el resultado de la prueba.

Como este método es convencional, se precisó detallar todas las condiciones de la prueba y apegarse estrictamente a ellas.

SOLUBILIDAD EN CS₂ . - Se efectúa para conocer la pureza de los volúmenes. La prueba de solubilidad se efectúa con un exceso de solvente en una muestra de cemento asfáltico previamente pesado.

Básicamente la prueba se realiza de la siguiente forma: a una muestra de 2 g de asfalto sin agua se le añade 100 ml de CS₂, agitándose hasta disolución completa. Se deja después reposar 12 horas. Se filtra en un Gooch, luego éste se lleva a una estufa de 100 - 125°C durante 20 minutos para secar completamente, se deja enfriar en un desecador y se pesa, el aumento de peso del Gooch será la cantidad de asfalto insoluble en CS₂; además, la materia insoluble que haya quedado adherida en el recipiente donde se hizo la disolución, se seca y se pesa también para sumársela al del Gooch. El cálculo del por ciento de solubilidad en CS₂ será:

$$\% \text{ Soluble en CS}_2 = \frac{\text{Asfalto Original} - \text{Asfalto Insoluble}}{\text{Asfalto Total}} \times 100$$

PUNTO DE INFLAMACION. - Esta prueba se hace para conocer la temperatura a que puede calentarse el asfalto, sin riesgo de inflamarse. Consiste en agregar el asfalto a un vaso tarado, el cual se le suministra calor subiendo la temperatura de 25 a 30°F por minuto. Antes de llegar a un punto de inflamación el suministro de calor debe de ser tal para obtener un aumento en la temperatura de 9 a 11°F por minuto. La flama de prueba se hace pasar por el plano superior del vaso conteniendo el asfalto; en un momento dado habrá una ignición instantánea en algún punto del líquido alifático, enseguida se anota esa temperatura que será la de ignición.

Se sigue calentando la mezcla con la misma velocidad de calentamiento, haciendo pasar la flama de prueba a intervalos de 5°F hasta que la muestra se inflame totalmente, dejando que se queme 5 segundos más, entonces se mide ésta temperatura que será la temperatura de inflamación.

DUCTILIDAD. - Sirve para dar idea de la deformación que puede sufrir sin agrietarse el producto asfáltico y su determinación es útil para la identificación de los mismos, para indicar si el producto es adecuado para el finague se destina.

Esta prueba está basada en medir la elongación máxima que puede soportar una muestra de material asfáltico antes de romperse al estirarlo por sus extremos.

Consiste en aplicar calor a la muestra con cuidado para prevenir sobrecalentamiento y producirse una descomposición en la muestra, hasta que fluya; se coloca en un molde el material asfáltico para la prueba, a la muestra dentro del molde se le aplican fuerzas en los extremos en una máquina de prueba que la elongará a una cierta velocidad uniforme hasta que la muestra se --

rompa.

La distancia en cm. de la separación de los extremos que quedaron al romperse la muestra será el valor de la ductilidad.

PERDIDA POR CALENTAMIENTO. - Esta prueba indica la proporción de constituyentes volátiles que se encuentra en el asfalto. - Consiste en colocar 50 \pm 5 gr del asfalto libre de agua en un recipiente en forma cilíndrica, si el material ha sido calentado previamente deberá enfriarse a temperatura ambiente, posteriormente se introduce la muestra a un horno giratorio (velocidad de 5 a 6 rpm) a una temperatura de 163°C durante 5 horas. Por diferencia de peso antes y después de la prueba se obtendrá la pérdida por calentamiento.

CONSTITUYENTES ASFALTICOS. - El objeto de está es la determinación del contenido de asfaltenos, resinas y aceites por medio de la extracción selectiva de los asfaltenos con pentano y adsorción en sílica-alumínica de las resinas.

ANALISIS DE METALES. - En esta prueba se analizaron los siguientes metales: fierro, cobre, níquel, vanadio en cada uno de los asfaltos.

Estos análisis se llevaron a cabo por medio de absorción atómica.

AZUFRE TOTAL. - El contenido de azufre en la mezcla fue determinado por medio del método del aparato LECO (ASTM-D-1552-64).

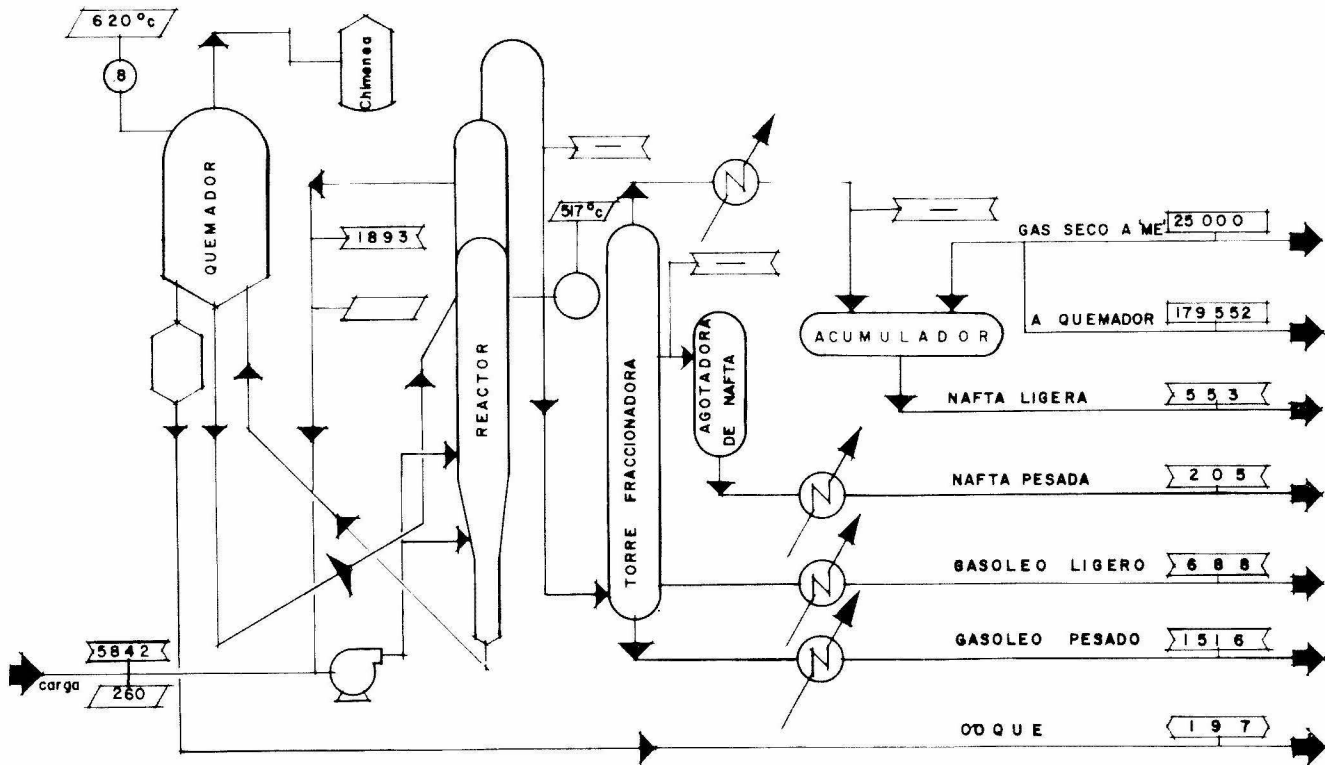
Esta determinación es de tipo volumétrica.

Consiste en tomar una muestra de 0.05 g en una cápsula de porcelana con tapa porosa por donde se le alimenta una cantidad de oxígeno que servirá para llevar a cabo una combustión instantánea al hacer saltar una -






chispa eléctrica en el recipiente.

El azufre quemado que se convierte en SO_2 es el 97% aproximadamente del contenido en la muestra. Los gases, productos de la combustión son conducidos para ser absorbidos en una solución ácida de yoduro de potásio más almidón como indicador. Una coloración azul es formada en la solución debido a la presencia de yodo en almidón; el yodo desprendido en la reacción de SO_2 y yoduro de potásio es titulado con una solución de yodato de potásio mediante una bureta conectada directamente a la solución ácida.

La titulación es automática; por medio de una fotocelda. El porcentaje de -- azufre contenido en el asfalto será proporcional a la cantidad de yodato de -- potásio gastado en la titulación haciendo las debidas correcciones según sea el peso de muestra tomado.



SIMBOLOS.

-  BLS/DIA
-  TONS/DIA
-  M³/DIA
-  TEMP. °C
-  PRESION Kg/cm²

CARGA.

- NAFTA LIGERA
- NAFTA PESADA
- GASOLEO LIGERO
- GASOLEO PESADO

Figura No. 2

FACULTAD DE
QUIMICA.

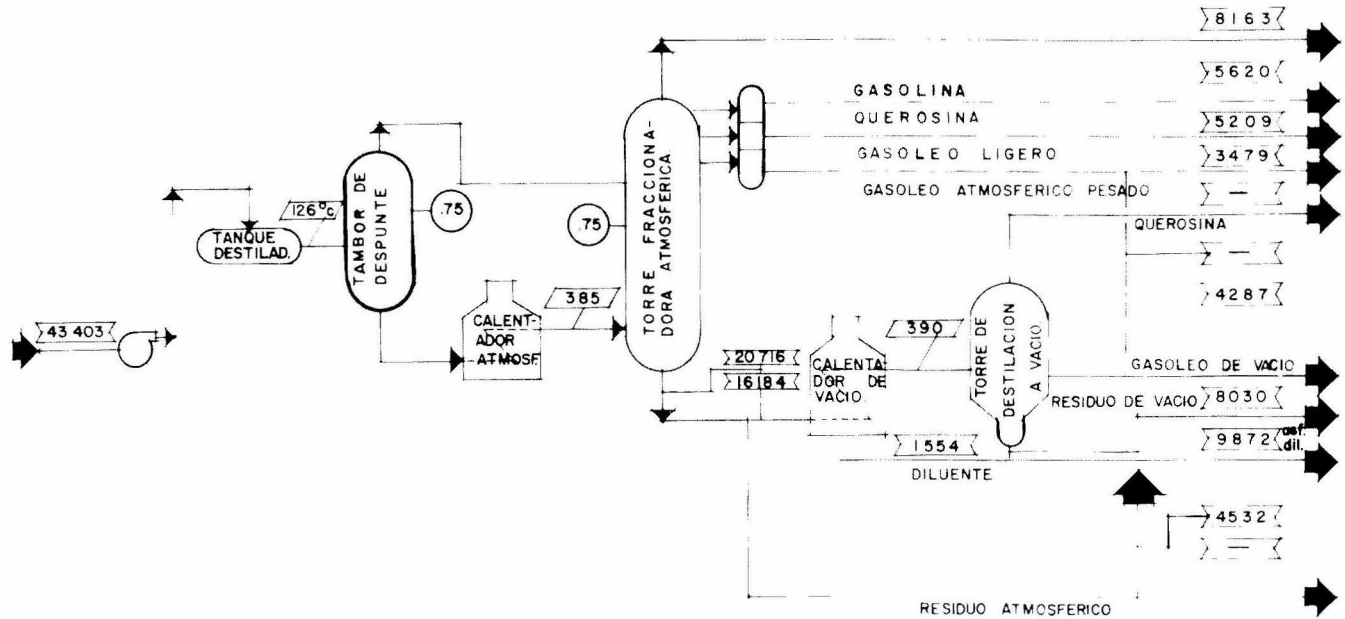
U.N.A.M.

Planta de coque fluido.

TESIS PROFESIONAL

AMADOR RODRIGUEZ COLLADO

Figura No. 3



SIMBOLOS.

- FLUJO BLS/DIA
- TEMPERATURA
- PRESION Kg/cm²

CARGA

- CRUDO
- GASOLINA
- QUEROSINA
- GASOLEO LIGERO
- GASOLEO PESADO
- RESIDUO ATMOSFERICO
- CARGA A VACIO
- GASOLEO VACIO
- RESIDUO VACIO
- PERDIDA

FACULTAD DE QUIMICA.	U.N.A.M.
PLANTA DE DESTILACION PRIMARIA Y A VACIO	
TESIS PROFESIONAL	
AMADOR RODRIGUEZ COLLADO	

CAPITULO 5

OBTENCION DE LOS ASFALTOS EXPERIMENTALES.

5.1. - EXPERIMENTACION. -

La parte experimental se llevó a cabo con la valoración de los siguientes asfaltos.

1) ASFALTO # 1

- a) Asfalto No. 6 de Consumo Nacional sin coque.
- b) Asfalto No. 6 de Consumo Nacional con 5% de coque.

2) ASFALTO # 2

- a) Asfalto No. 6 de Consumo Nacional sin coque.
- b) Asfalto No. 6 de Consumo Nacional más 5% de coque.

DESCRIPCION. - El asfalto ó residuos básicos se calienta previamente hasta cierta temperatura máxima definida y con agitación constante para mantener uniformidad del material asfáltico. No se deberá tener en el caso anterior temperatura superior de 177°C.

Una vez lograda la uniformidad de la mezcla del residuo básico ó asfalto y, manteniendo constante la agitación, se procede a la dosificación del coque de petróleo, la cual debe hacerse en forma lenta. Después de haber terminado la adición del coque se continúa la agitación, ejemplo: 2 ó 3 horas.

Es importante hacer notar que la agitación de la mezcla residuo básico ó asfalto-coque de petróleo deberá ser 1 hora como mínimo. De esta forma y después de un período de enfriamiento de la mezcla resultante,

se logra el producto final que es el asfalto mejorado.

5.2. - EXALUACION ANALITICA DE LOS ASFALT TOS EXPERIMENTALES.

En cada uno de los asfaltos No. 6 del presente trabajo fueron determinadas las características de especificación Pemex para esta clase de productos.

En la tabla # 3 se muestran los resultados de dichas pruebas.

TABLA # 3

TABLA DE EVALUACION ANALITICA.

CONSUMO NACIONAL.

=====

PRUEBAS:	ASFALTO # 1	ASFALTO # 1 + 5% COQUE.	ASFALTO # 2	ASFALTO # 2 + 5% COQUE.
1. - Peso Específico a 20/4°C.	1.027	1.043	1.018	1.040
2. - Penetración 100g/25°C, 0.1 m.m.	86.0	85.0	80	75.0
3. - Temperatura de Inflamación, °C.	302.0	300.0	330.0	338.0
4. - Solubilidad en CS ₂ , %.	99.73	94.62	99.36	94.50
5. - Ductilidad a 25°C, cm.	150	86	150	77.0
6. - Constituyentes Asfálticos, %				
Asfaltenos.	22.63	----	18.39	----
Resinas.	28.90	----	23.39	----
Aceite.	48.47	----	58.22	----
7. - Punto de Ablandamiento °C.	50	52.0	49.0	51.0
8. - Pérdida por Calentamiento 100g/5hr/163°C, %	0.11	0.05	0.06	0.02

CAPITULO 6

**PRUEBAS DE SEMI-COMPORAMIENTO DE LOS ASFALTOS
MEJORADOS.**

6.1. - PRUEBAS DE ADHERENCIA.

El objeto de estas pruebas es el de encontrar la afinidad que guardan entre si los materiales petreos y el asfalto utilizado en la pavimentación.

En estas pruebas se utilizaron tres materiales petreos diferentes (basalto, grava de río y tezontle) y los asfaltos No. 6 de Consumo Nacional y los Experimentales.

Esta prueba consiste en mezclar fuertemente el asfalto en estudio con cada uno de los materiales petreos a 100 - 130°C, después de lo cual, la mezcla asfalto-material petreo se enfría lentamente y la mitad de esa mezcla se sumerge en agua durante un tiempo de 24 horas. Luego, y dentro del agua, la mezcla se coloca en recipientes de vidrio cerrados que a su vez se sujetan a la flecha de un motor y se someten a movimientos rotatorios durante 2 horas y a una cierta velocidad (30 r. p. m). Posteriormente se saca la mezcla, del agua y se deja secar a temperatura ambiente comparándose el recubrimiento del material petreo después de la prueba con el que presenta la otra mitad de la mezcla que se separó originalmente.

Cabe hacer mención de que estas pruebas también se realizan en forma rutinaria a los materiales utilizados en el diseño de carpetas asfálticas.

En la siguiente tabla se encuentran los resultados obtenidos. (Tabla # 4).

(TABLA # 4)

**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ADHERENCIA CON
ASFALTOS No. 6 CONSUMO NACIONAL Y MEZCLAS DE
ASFALTOS - COQUE**

TIPO DE ASFALTO:	% DE ADHERENCIA EN EL MATERIAL PETREO.		
	TEZONTLE	BASALTO	BERRENDO (*)
Asfalto No. 6 Consumo Nal. # 1	90	70	45
Asfalto No. 6 Consumo Nacional # 1 + 5% Coque.	90	75	50
Asfalto No. 6 Consumo Nal. # 2	90	60	45
Asfalto No. 6 Consumo Nacional # 2 + 5% Coque,	90	75	50

(*) GRAVA DE RIO.

6.2. - PRUEBAS DE INGENIERIA.

Entre los varios métodos para el diseño de una mezcla asfal--to-material petreo destinada para la construcción de carreteras, se encuentran los siguientes:

1. - ~~HWEEM~~.
2. - ~~MARSHALL~~.
3. - ~~HUBBARD - FIELD~~.
4. - ~~SMITH TRIAXIAL~~.

Los métodos mencionados tienen en común los 3 siguientes puntos:

- 1) Asegurar que la mezcla resista un adecuado esfuerzo para soportar la intensidad del tránsito sin deformarse.
- 2) Confirmar que la mezcla contenga suficiente asfalto para así asegurar durabilidad.
- 3) Mostrar que haya una adecuada cantidad de vacios de aire en la mezcla compactada, para asegurar que, en servicio, el asfalto no fluya a la superficie.

Uno de los métodos más interesantes es el propuesto por el Ing. F.N. Hveem basado en los siguientes factores:

1. - En la resistencia unitaria del terreno sobre el cual se construíra el pavimento.
2. - En el efecto "Destructor Acumulativo" debido al tránsito.
3. - En la resistencia a la tensión del pavimento (Base: capa de rodamiento).

Esta resistencia a la tensión combinada con el espesor de las diferentes capas del pavimento, evita que el suelo de la sub'rasante se mueva -

al paso de los vehículos.

Por medio de este método se llevaron a cabo las pruebas de Ingeniería para estabilidad y cohesión (ASTM-D-1560), para cada uno de los asfaltos en estudio y con un mismo tipo de material petreo (mezcla natural de caliza y diorita).

METODO HWHEEM. - En la actualidad este método es utilizado fundamentalmente para proyectos de mezclas densas de pavimentación y puede emplearse tanto para proyectos de laboratorio como para control en obra de las pavimentaciones asfálticas de mezclas en caliente. El método empieza con la preparación de pastillas, éstas son de 2.5 pulg. de altura y 4 pulg. de diámetro que son preparadas por un procedimiento totalmente definido para calentar, mezclar y compactar mezclas de material petreo y asfalto.

Las características principales del método ~~HWHEEM~~ para el proyecto de mezclas son: (1) el empleo de la prueba del equivalente centrífuga de Kerosina (CKE), que se aplica a los materiales petreos para estimar la cantidad de asfalto que requiere la mezcla ; (2) prueba del estabilómetro; (3) prueba de cohesiómetro y (4) el análisis de vacíos en la mezcla compactada.

La secuencia de la prueba se lleva a cabo con los siguientes incisos:

a) Preparación de la mezcla asfalto-material petreo.

Se calculan primeramente los pesos necesarios para obtener la granulometría deseada del material petreo. Normalmente 1200 g (peso en seco) son los suficientes para cada pastilla. Se pesan las fracciones de di-

versos tamaños del material petreo seco de acuerdo con la curva granulométrica previamente obtenida. Se mezcla perfectamente cada porción del material petreo y se calientan a la temperatura de mezcla deseada; al mismo tiempo se debe calentar el asfalto. La temperatura a la que se recomienda calentar el asfalto No. 6 es a 149°C . No es conveniente calentar el asfalto No. 6 arriba de 177°C porque se ha visto que el valor de la penetración se disminuye notablemente respecto a la penetración original.

Cuando el material petreo y asfalto hayan alcanzado la temperatura de mezcla, se mezclan con mucha energía, hasta que todas las partículas estén perfectamente cubiertas, debiendo tener cuidado al sobrecalentamiento. Se vierte la mezcla en un recipiente plano y se coloca en la estufa a $60 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ durante 15 horas (período de curado). Preferentemente la estufa que se emplea para el curado debe de tener circulación forzada de aire.

Una vez cumplido el tiempo de curado, se calienta la mezcla a 110°C con lo que queda lista para el proceso de compactación.

b) Compactación. - La mezcla asfalto-material petreo se somete a un compactador mecánico que produce una consolidación por amasada mediante una serie de impresiones de un pistón con una cara en forma de sector circular de 4 pulg. de diámetro. En cada aplicación del pistón se ejerce una presión de $500 \text{ lb/pulg}^2 (35\text{Kg/cm}^2)$, sometiendo a la mezcla a una acción de compactado sin impacto en una superficie aproximada de 20 cm^2 . En cada aplicación de dicho pistón, la presión se mantiene durante $2/5$ de segundos aproximadamente.

c) Estabilidad. - Las "pastillas" obtenidas en la compactación se colocan en una estufa a 60°C durante una hora como mínimo antes de la prueba.

Se extrae de la estufa el molde conteniendo la pastilla y se coloca sobre el estabilómetro. Empleando el pistón, la palanca de mano y el punto de apoyo se obliga a la "pastilla" salir del molde y entrar en el estabilómetro.

Se coloca el seguidor de acero sobre la "pastilla" se pone en posición el conjunto en la prensa para la prueba. Se eleva la presión en el estabilómetro utilizando la bomba de pistón hasta que el manómetro marque exactamente 5 lb/pulg^2 (0.35 Kg/cm^2).

Se aplica con la prensa las cargas empleando una velocidad del pistón de 0.05 pulg/min . Asimismo se anotan las lecturas del manómetro del aparato para las siguientes cargas: 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 y 6000 lbs. Después de la última carga (6000 lb) se eleva la prensa dejando una carga de 1000 lbs sobre la pastilla. Se pone en cero el cuadrante de la bomba por medio del pequeño tornillo y se hace girar la manivela de la bomba rápida hasta que la presión en el cuadrante sea 100 lb/pulg^2 (7 Kg/cm^2). El número exacto de vueltas necesarias para aumentar la lectura del cuadrante del estabilómetro desde 5 hasta 100 lb/pulg^2 , (habiéndose corregido con la válvula de la bomba a 5 lb/pulg^2) recibe el nombre de fluencia o desplazamiento de la pastilla la cual debe anotarse.

La estabilidad de la mezcla asfalto-material petreo compactada se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$E_r = \frac{22.2}{\frac{P_h D_2}{P_v - P_h} + 0.222}$$

En donde:

E_r = Estabilidad relativa.

$D_2 =$ Fluencia de la pastilla.

$P_v =$ Presión vertical de 400 lb/pulg² (5000 lb de carga total).

$P_h =$ Presión horizontal correspondiente a $P_v = 400$ lb/pulg².

d) **Cohesión.** - Las muestras utilizadas en las pruebas de estabilidad serán las que se emplearan para la prueba del cohesiómetro. Se coloca la "pastilla" durante dos horas, aproximadamente en la estufa de 60°C y se calibra el cohesiómetro de tal forma que las municiones fluyan sobre el cubo receptor, situado en el extremo de la palanca de 75 cm de longitud, a un gasto de 1800 ± 20 g/min.

Se extrae la pastilla del horno y se sujeta firmemente en posición centrada y con las placas superficiales paralelas a la superficie exterior de la pastilla. Se deja que la temperatura en la cámara del cohesiómetro alcance $60 \pm 1^\circ\text{C}$ antes de empezar la prueba.

Se quita el seguro, con lo cual la "pastilla" queda libre y se permite a las municiones caer en el cubo receptor dejando que esta caída continúe hasta la ruptura de la pastilla, indicada por el descenso repentino de la palanca. Se pesan las municiones recogidas en el cubo receptor. La fórmula para el cálculo del cohesiómetro es la siguiente:

$$C = \frac{L}{0.8H + 0.178H^2}$$

En donde:

$C =$ Valor del cohesiómetro (gramos por pulg. de ancho corregido para la altura de 3 pulg.)

$H =$ Altura de la pastilla en pulg.

L = Peso de las municiones.

Determinación del Peso Específico. - Esta prueba se lleva a cabo sobre las pastillas después de las determinaciones del -- estabilómetro y tan pronto como se han enfriado a temperatura ambiente. - Esto se logra pesando C/U de las pastillas y determinando el volumen por -- desplazamiento de agua de las pastillas, previamente cubierto con estearato de sodio, con lo cual se logra una impermeabilización de la misma.

Determinación del Porcentaje de WAM. -

El porcentaje de vacíos que existirán en el material petreo compactado en ausencia de asfalto (% VAM) y su determinación se lleva a cabo aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{WAM} = 100 - \frac{(100-b)J}{D_M}$$

en la cual:

% VAM = % Vacío en el material sólido compactado.

J = Es el peso volumétrico de la "pastilla"

D_M = Densidad del material petreo.

b = % de Asfalto en la mezcla.

Determinación de Vacío. - Esta viene dada por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Vacíos} = \% \text{ VAM} - \% \text{ Vol. de asfalto.}$$

es decir:

$$\% \text{ Vacíos} = \text{Vacíos dejados por el material petreo compactado -- } (\% \text{VAM}) \text{ menos el vol. ocupado por el asfalto.}$$

Los resultados que se obtuvieron en las pruebas de Ingeniería se ilustran en las siguientes tablas. (Tablas # 5 y 6)

(TABLA # 5)

PRUEBAS HVEHEM PARA CADA UNO DE LOS ASFALTOS ESTUDIADOS.

PRUEBAS.	ASFALTO No. 6 CONS. NAL. # 1				ASFALTO No. 6 CONS. NAL. # 2			
	Porcentaje por 100 unidades de peso seco de material petreo*							
	4.5	5.0	5.5	6.0	4.5	5.0	5.5	6.0
Peso volumétrico de la mezcla asfalto y material (g/cm^3).	2.35	2.39	2.42	---	2.32	2.43	2.44	---
Vacíos en la mezcla compactada, %	6.7	4.82	2.07	---	7.81	3.04	1.13	---
Valor del Cohesímetro (gr/pulg de ancho x 3 pulg de alto)	578.6	522.5	430.1	---	330.8	490.4	480.3	---
Vacíos en el material petreo. compactado (% VAM).	16.57	15.88	15.41	---	17.63	14.39	14.71	---
Estabilidad Relativa.	4.6	34.5	26.2	---	56.4	21.0	Inestable.	---

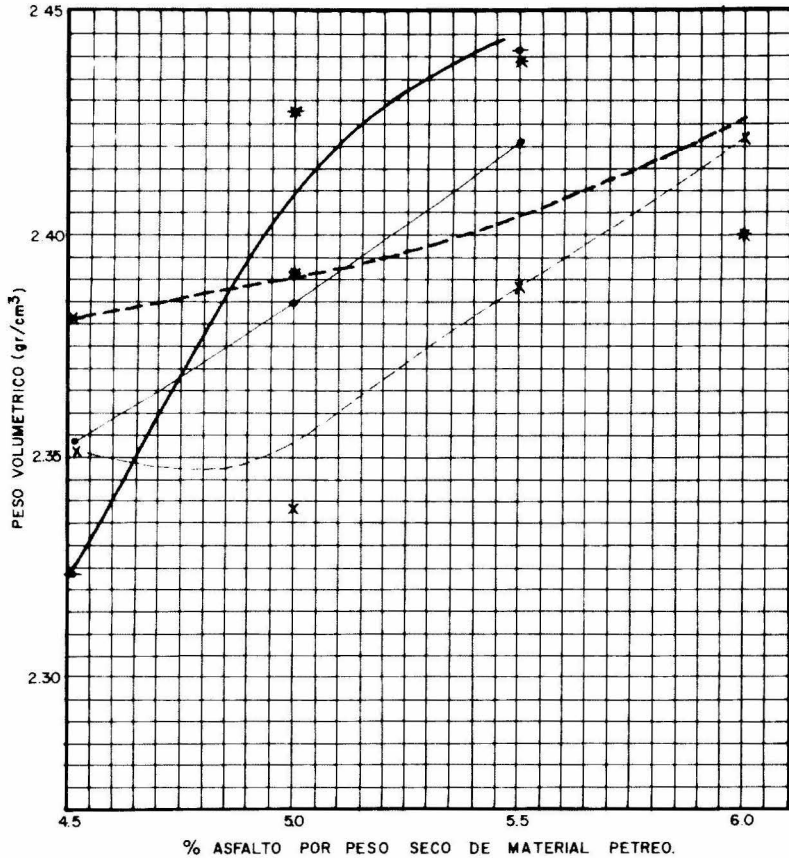
(*) Mezcla de Caliza y Diorita.

(TABLA # 6)

PRUEBAS "HVEEM" PARA CADA UNO DE LOS ASFALTOS ESTUDIADOS.

	Asfalto No. 6 Cons. Nal. # 1 + 5% Coque.				Asfalto No. 6 Cons. Nal. # 2 + 5% Coque.			
	Porcentaje por 100 unidades de peso seco de material petreo*							
PRUEBAS:	4.5	5.0	5.5	6.0	4.5	5.0	5.5	6.0
Peso volumétrico de la mezcla asfalto y material. (g/cm ²)	2.35	2.34	2.39	2.42	2.38	2.39	2.44	2.40
Vacíos en la mezcla compactada, %	6.93	7.00	4.19	2.19	5.75	4.71	2.08	3.08
Valor del Cohesímetro (gr/pulg de ancho x 3 pulg. de alto)	336.7	357.4	633.4	481.5	502.3	347.3	363.0	403.0
Vacíos en el material petreo com- pactado. (% \bar{W}_{AM}).	16.64	17.76	16.13	15.34	15.61	15.66	14.31	16.14
Estabilidad Relativa.	58.1	51.4	40.0	Inestable.	46.5	47.5	20.5	18.0

(*) Mezcla de Caliza y Diorita.



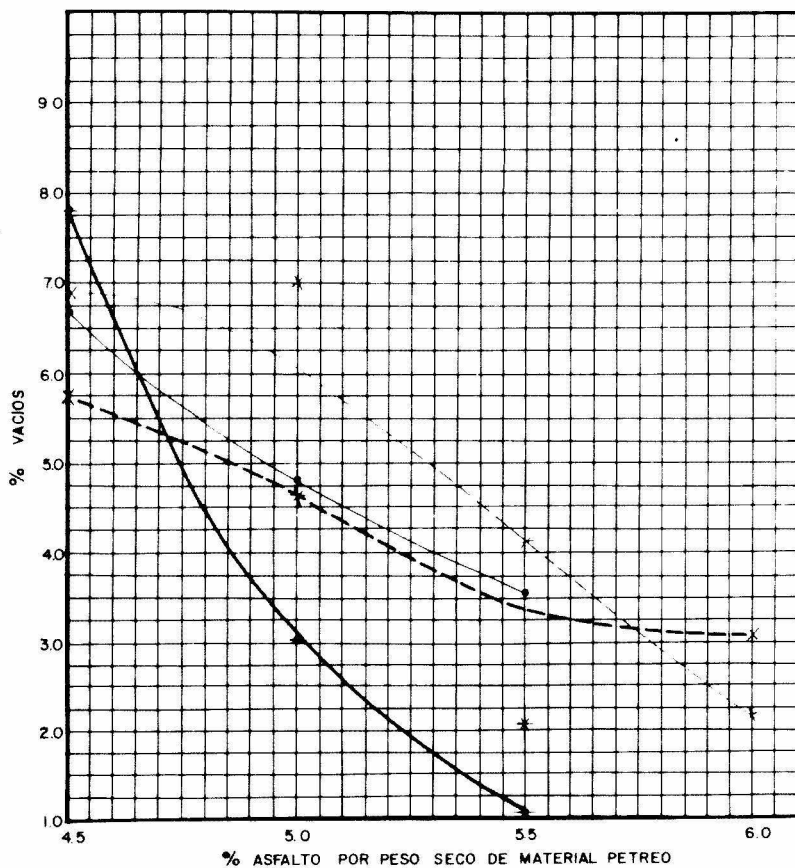
—●— Asfalto n°6 Consumo Nacional n°1.

—□— Asfalto n°6 Consumo Nacional n°2.

---×--- Asfalto n°6 Consumo Nacional n°1.
+ 5 % coque

---×--- Asfalto n°6 Consumo Nacional n°2.
+ 5 % coque

FACULTAD DE QUIMICA.	U.N.A.M.
<small>GRAFICA n°1.</small> CURVAS DE PESO VOLUMETRICO VS. % ASFALTO PARA LOS ASFALTOS DE CONSUMO NACIONAL ESTUDIADOS.	
TESIS PROFESIONAL	
AMADOR RODRIGUEZ COLLADO	



●—● Asfalto n°6 Consumo Nacional n°1.

x—x Asfalto n°6 Consumo Nacional n°1.
+ 5% coque

○—○ Asfalto n°6 Consumo Nacional n°2.

x—x Asfalto n°6 Consumo Nacional n°2.
+ 5% coque

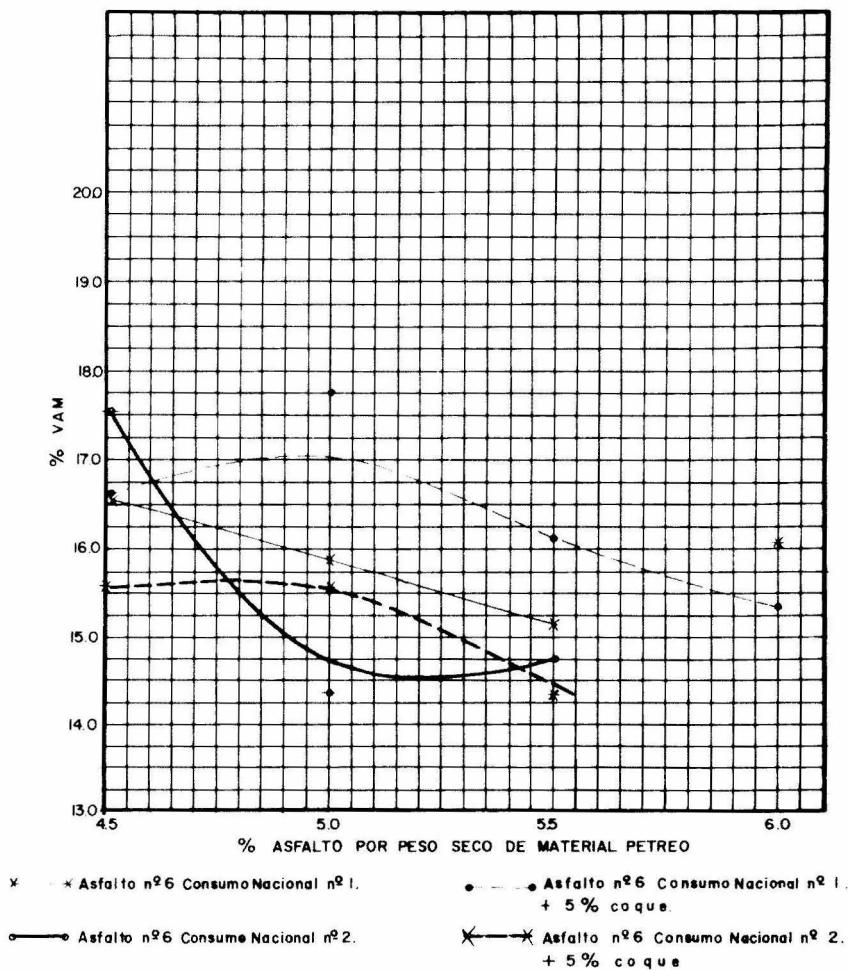
FACULTAD DE
QUIMICA.

U.N.A.M.

GRAFICA n°2.
CURVAS DE % VACIOS VS. % ASFALTO PARA LOS ASFALTOS DE CONSUMO NACIONAL ESTUDIADOS.

TESIS PROFESIONAL

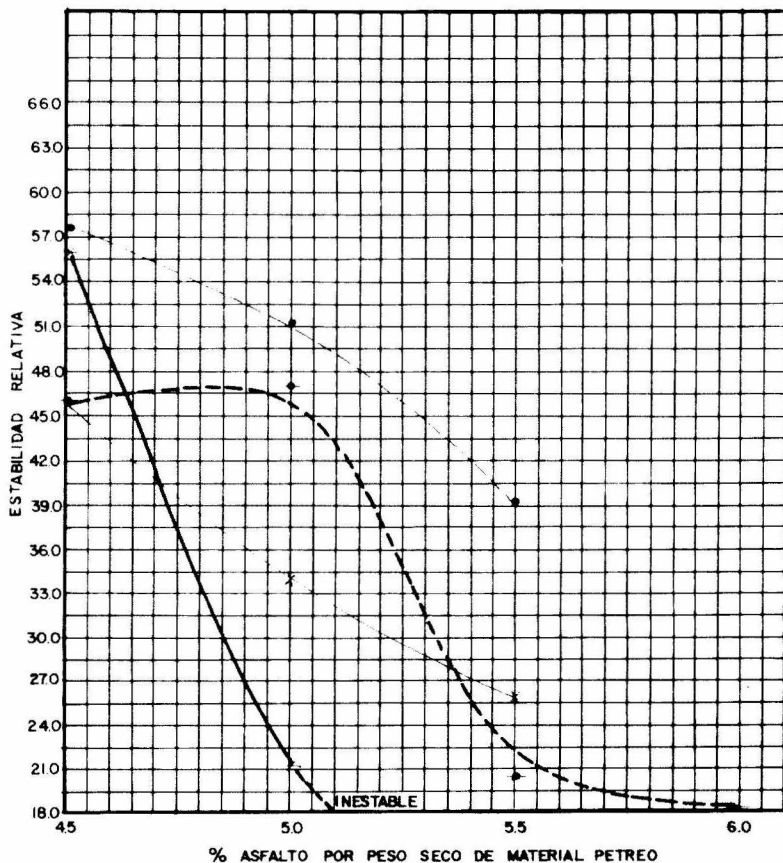
AMADOR RODRIGUEZ COLLADO



FACULTAD DE QUIMICA. U.N.A.M.

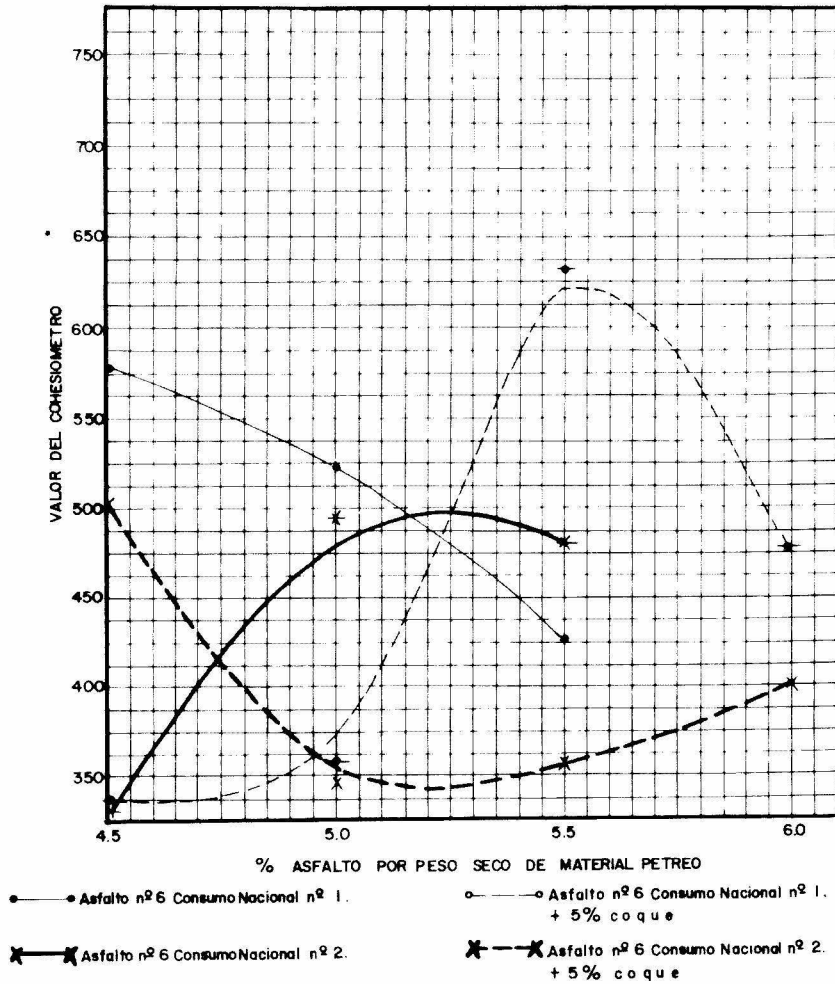
GRAFICA nº 3.
CURVAS %VAN VS. %ASFALTO PARA CADA UNO DE LOS ASFALTOS DE CONSUMO NACIONAL ESTUDIADOS.

TESIS PROFESIONAL
AMADOR RODRIGUEZ COLLADO



x — x Asfalto n°6 Consumo Nacional n°1
 x — x Asfalto n°6 Consumo Nacional n°2
 • — • Asfalto n°6 Consumo Nacional n°1 + 5% coque.
 — — — Asfalto n°6 Consumo Nacional n°2 + 5% coque.

FACULTAD DE QUIMICA.		U.N.A.M.	
GRAFICA n°4.			
CURVAS DE ESTABILIDAD RELATIVA VS. % ASFALTO PARA CADA UNO DE LOS ASFALTOS DE CONSUMO NACIONAL ESTUDIADOS.			
TESIS PROFESIONAL			
AMADOR RODRIGUEZ COLLADO			



FACULTAD DE
QUIMICA.

U.N.A.M.

GRAFICA n° 5.
CURVAS DEL VALOR DEL COHESIOMETRO VS. % ASFALTO PARA CADA UNO
DE LOS ASFALTOS DE CONSUMO NACIONAL ESTUDIADOS.

TESIS PROFESIONAL

AMADOR RODRIGUEZ COLLADO

CAPITULO 7

EVALUACION DE RESULTADOS.

7.1. - PRUEBAS DE ESPECIFICACION PEMEX
PARA ASFALTO No. 6.

De la tabla que se incluye en el capítulo 4 (Propiedades de los Asfaltos estudiados), podemos indicar que los asfaltos de producción nacional que contienen coque no cumplen con las especificaciones Pemex para asfalto No. 6 en lo que se refiere a la ductilidad y solubilidad en CS₂. A su vez, la penetración del asfalto No. 6 Consumo Nacional # 2 con 5% de Coque es ligeramente menor del límite especificado.

7.2. - PRUEBAS DE ADHERENCIA.

Al observar los datos obtenidos en estas pruebas, se puede notar que en forma general la inclusión del coque en los asfaltos de consumo nacional en estudio proporciona mejores características adherentes si se comparan con las de los asfaltos sin coque.

7.3. - PRUEBAS DE INGENIERIA.

De acuerdo a los datos que se obtuvieron en las pruebas Hveem para el diseño de carpetas asfálticas podemos indicar que la incorporación de coque en los dos asfaltos No. 6 de Consumo Nacional mejora los valores de estabilidad relativa obtenidos en los asfaltos antes dicho sin coque.

Con respecto a los valores obtenidos en el cohesiómetro, se puede notar que los resultados no mostraron efectos adversos al agregar al coque a cada uno de los asfaltos en estudio.

En resumen podemos decir que al incorporar 5% de coque en -

los asfaltos de Consumo Nacional se mejoran las características de adherencia, estabilidad y cohesión de la mezcla asfalto-mat. petreo.

CAPITULO 8

CONSIDERACIONES ECONOMICAS.8.1. - COSTOS DE LA MEZCLA ASFALTO No. 6
CONSUMO NACIONAL # 2 + 5% COQUE.

Asfalto No. 6 Consumo Nacional # 2.

Peso específico $20/4^{\circ}\text{C} = 1.018$ Precio Venta = $\$ 170/\text{m}^3 = \$ 167.10/\text{Ton.}$

Asfalto No. 6 Consumo Nacional # 2 + 5% Coque.

Peso específico $20/4^{\circ}\text{C} = 1.040$ Precio Venta = $\$ 170/\text{m}^3 = \$163.30/\text{Ton.}$

Recuperación por concepto de coque en mezcla asfalto — 5% -
Coque.

Asfalto = $0.95 \times 167.10 = \$ 158.90/\text{Ton.}$ Coque = $(\$163.30 - \$158.90) / 0.05 = \$ 88.00/\text{Ton.}$

Por lo tanto el precio de venta del coque en la mezcla es de ---
\$ 88.00/Ton. Si se considera el precio Normal de Venta del coque a ----
\$ 50.00/Ton., la recuperación económica por este concepto es de: \$38.00-
Ton. de mezcla asfalto + 5% coque, que resulta ser muy atractiva.

8.2. - COSTOS DE LA MEZCLA ASFALTO No. 6
CONSUMO NACIONAL # 1 + 5% COQUE.

Asfalto No. 6 Consumo Nacional # 1. -

Peso específico $20/4^{\circ}\text{C} = 1.027$ Precio de Venta = $\$ 170/\text{m}^3 = \$ 165.50/\text{Ton.}$

Asfalto No. 6 Consumo Nacional # 1 + 5% Coque.

Peso específico 20/4°C = 1.043

Precio de Venta = $\$170/m^3$ = \$ 162.99/Ton.

Recuperación por concepto de Coque en esta mezcla.

Asfalto = $0.95 \times \$ 165.00$ = \$ 157.22

Coque = $(\$162.99 - \$ 157.22) / 0.05$ = \$ 115.40/Ton.

Por lo tanto la recuperación económica del Coque considerando su precio normal igual a \$ 50.00/Ton. es de \$ 65.40/Ton. de mezcla asfalto # 1 + 5% Coque, la cual es bastante atractiva.

CAPITULO 9

CONCLUSIONES

Después de haber llevado a cabo la realización del presente estudio sobre el uso del Coque del petróleo para la obtención de asfaltos mejorados, se concluye que:

Al hacer la comparación entre los resultados obtenidos de las pruebas de adherencia y de Ingeniería en las mezclas con y sin coque, se afirma categóricamente que la incorporación de este último compuesto mejoró notablemente las propiedades de los asfaltos.

Por último para tomar una decisión definitiva en cuanto al uso del material experimental (Asfalto Exp.) que se obtuvo, como material cementante en la construcción de carpetas asfálticas, se sugiere la conveniencia de hacer pruebas de campo con dicho asfalto experimental para conocer el comportamiento real de la mezcla asfalto-coque.

Adicionalmente también se sugieren hacer pruebas más amplias con mayores % de Coque.

BIBLIOGRAFIA.

1. - H. S. BELL, AMERICAN PETROLEUM REFINING.
D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC. 1959.
2. - THE ASPHALT INSTITUTE, MANUAL DEL ASFALTO
EDICIONES **URMO**. 1972.
3. - SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS.
ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.
PARTE IX, LIBRO 1o. MEXICO 1957.
4. - V. B. GUTHRIE AND W. A. BUSSARD, SURGE AHEAD FOR
ASPHALT PETROLEUM PROCESSING, JANUARY, 1957.
5. - PERRY, J. H. CHILTON, C. H. KIRKPATRICK, S. D.
CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK. MC GRAW HILL
BOOK CO., INC. 1968.
6. - THE INSTITUTE OF PETROLEUM, LONDRES.
MODERNA TECNOLOGIA DEL PETROLEO.
7. - ING. JESUS GONZALEZ HERMOSILLO, CURSO DE PAVIMENTACION.
JULIO 1970.
8. - FOSTER WHEELER CORP. PETROLEUM COKE TAKES ON
NEW LUSTER. THE OIL AND GAS JOURNAL. SEPT. 14, 1970.
9. - **A. S. T. M.** STANDARS, BITUMINOUS MATERIALS FOR HIGHWAY
CONSTRUCTION, WATERPROOFING AND ROOFING., SOILS, SKID
RESITANCE, PART. II, 1966.

10. - PETROLEOS MEXICANOS, REFINERIAS DEL PAIS.
INFORME MENSUAL, OCTUBRE 1968.