



## BOLETÍN TÉCNICO

DGST No. 2/2020

# Cemento Asfáltico

## Origen y clasificación para su uso en las obras de infraestructura carretera

*Contar con el asfalto adecuado para el desempeño satisfactorio de las mezclas asfálticas en conjunto con el material pétreo es fundamental para lograr el servicio esperado de la mezcla asfáltica en el pavimento. De ahí, la necesidad de seleccionar el asfalto adecuado para cada obra, en función del clima, la intensidad del tránsito esperado y la velocidad de operación a la que estará sujeta la carretera durante su vida útil y así, obtener el grado de desempeño del asfalto necesario.*

El asfalto es un material bituminoso de color negro, constituido principalmente por asfaltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad; es sólido o semisólido, con propiedades cementantes a temperatura ambiente. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta tener una consistencia líquida.

Para cubrir la demanda de asfalto por parte de la industria de la construcción, éste se obtiene por medio del proceso de refinación conocido como

destilación fraccionada del petróleo crudo. El proceso consiste en obtener el crudo desde el yacimiento por medio de la extracción por bombeo, pasando por un tratamiento para la separación de impurezas oleofóbicas (separación de gases, lodos e impurezas) y posteriormente, su traslado hasta la refinería donde se llevará a cabo el proceso de destilación. Según sea el caso, el transporte puede realizarse a través de autotanques, tuberías o mediante buques cisterna en alta mar. Una vez en la refinería, se calienta el crudo dentro de una torre de destilación donde se extraen fracciones de éste y no productos puros. Cada una de las fracciones se destilan a diferentes temperaturas, de manera que las sustancias se van desprendiendo de forma ordenada. Esto se realiza a presión atmosférica y se continúa con una segunda destilación a temperatura más elevada, sujeta al vacío.

Los agentes volátiles del petróleo contienen gas propano, butano y nafta (materia prima para producir



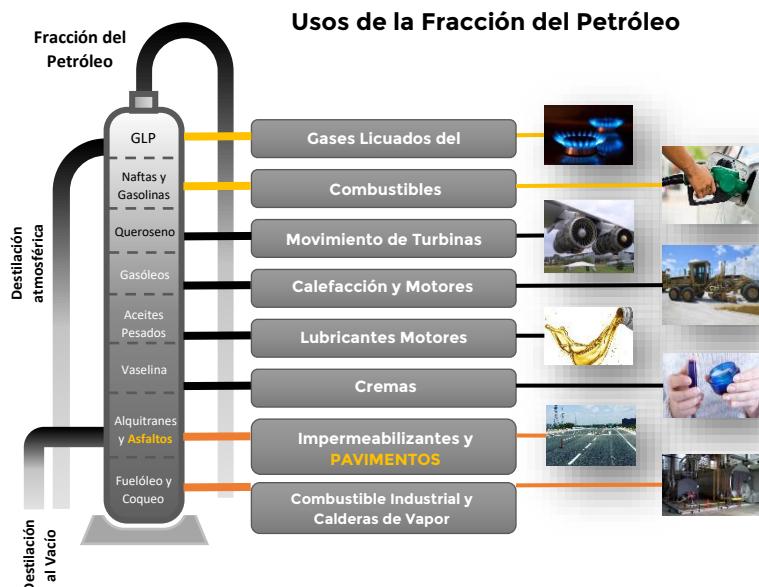


Figura 1. Proceso de Destilación del Petróleo

gasolina y combustibles como queroseno y diésel). La porción del producto en bruto que no se volatiliza se llama “crudo largo” y se refina adicionalmente en una torre de destilación al vacío. El residuo de la destilación a vacío se conoce como “crudo corto”. Este residuo se divide en dos, uno es enviado a la planta de reducción de viscosidad o a la hidrodesulfuradora de residuales H-Oil para la producción de combustóleo y el otro a la planta de preparación del asfalto. En la Figura 1 se muestran las etapas de la refinación del petróleo.

Un factor determinante en la calidad final del residuo de la destilación al vacío es el proceso y la demanda de los diversos materiales, producto de la refinación, así como de la calidad del petróleo extraído de los yacimientos. Las propiedades de los asfaltos obtenidos mediante este proceso tendrán variaciones a lo largo del tiempo, por lo tanto, el comportamiento físico - químico del asfalto presentará una gran variación de acuerdo con dichas propiedades.

Ya que la composición química del asfalto es muy compleja, cada lote presentará particularidades y no necesariamente tendrá el mismo comportamiento que algún otro lote de producción de asfalto.

## PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL ASFALTO

Las proporciones relativas de los tres componentes del asfalto determinan sus propiedades físicas.

Los asfaltenos van de un 5% hasta un 25%. Son los encargados de proporcionar la dureza a los asfaltos (partículas sólidas), proveen elasticidad, resistencia y adhesión. Los asfaltos con gran presencia de asfaltenos son aquellos que presentan una alta viscosidad.



Las resinas (tolueno/metanol) van de un 55% a un 75%. Proporcionan las propiedades cementantes o aglutinantes al asfalto (partículas semisólidas o sólidas a temperatura ambiente, fluidas cuando se calientan, frágiles cuando se enfrian). Proveen la ductilidad del asfalto.



Los aceites (aromáticos toluenos y saturados n-heptano) de un 5% hasta un 25%. Proporcionan la consistencia adecuada para hacer a los asfaltos trabajables (partículas líquidas incoloras, solubles en la mayoría de los solventes) y protegen a los asfaltenos y a las resinas de la oxidación. La consistencia de un asfalto con gran porcentaje de este componente será muy fluida.



Comúnmente, estas proporciones son las que presenta cualquier asfalto producto de la refinación, sin embargo, se han encontrado casos atípicos fuera de estos porcentajes.

Derivado de lo anterior, queda claro que el asfalto es un producto variable en cuanto a sus características, por lo que éstas deben ser verificadas a través de ensayos de laboratorio de sus propiedades físicas y no de sus propiedades químicas.



- *Pemex es el principal productor de asfalto en México.*
- *La Secretaría de Comunicaciones y Transportes es el principal consumidor de asfalto en México, para las obras de infraestructura carretera.*
- *Pemex no vende asfaltos directamente a constructores. La paraestatal cuenta con una lista de clientes que se encargan de distribuir el asfalto a lo largo del país.*
- *Pemex ofrece a sus clientes la calidad del asfalto residuo de la refinación del petróleo, ésta es variable de acuerdo con las características que presente el crudo extraído de los diferentes yacimientos.*
- *Algunos proveedores ofrecen asfalto de transferencia, este corresponde a la calidad del asfalto al salir de la refinería, es decir, el proveedor no interfiere en el control de su calidad y en ocasiones, no corresponde a asfalto grado PG 64-22 siendo de menor desempeño, por lo que es necesario hacer los ensayos correspondientes para conocer la calidad que llega a las obras de construcción.*

## CLASIFICACIÓN DEL ASFALTO

En México, la compañía El Águila elaboró el primer producto asfáltico en 1920 y se identificó como asfalto Pánuco. La primera clasificación de asfalto de la que se tiene registro data de 1947, dentro de las *Especificaciones de Caminos* de la Dirección Nacional de Caminos de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP). Se denominaba asfalto 15-200 a aquellos que cumplieran con los siguientes requisitos de calidad:

- Penetración a 25 °C
- Pérdida por calentamiento
- Penetración del residuo a 25 °C
- Solubilidad en S2. C y en Cl4. °C
- Ductilidad a 25 °C

En 1957, la SCOP emitió las *Especificaciones Generales de Construcción* donde se clasificaron los asfaltos según su grado de penetración, con cuatro diferentes tipos: Cementos Número 3, 6, 7 y 8. Las pruebas especificadas para esta nueva clasificación

se complementan con los ensayos de la clasificación de 1947:

- Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C
- Punto de Inflamación (copa abierta de Cleveland)
- Punto de Reblandecimiento

En 1996, Pemex presentó la clasificación del asfalto por viscosidad obteniendo asfalto AC-5, AC-10, AC-20 y AC-30 con fines de cumplir con la norma ASTM 1992 (grado de viscosidad) y seguir exportando asfalto a Estados Unidos de América. En esta clasificación se retiró la ductilidad del asfalto en sus condiciones originales a 25°C y se incluyeron los ensayos:

- Viscosidad dinámica a 60 °C
- Viscosidad cinemática a 135 °C
- Ductilidad después de la pérdida por calentamiento
- Viscosidad dinámica después de la pérdida por calentamiento

Ante la necesidad de modificar los asfaltos para mejorar sus propiedades viscoelásticas, en 2001 se publicó la clasificación de asfalto de acuerdo con el tipo de modificador empleado considerando polímeros y hule molido de neumático. Fue hasta el 2005 cuando se clasificó de acuerdo con el grado de

*El asfalto es el insumo con mayor impacto económico en los trabajos de construcción, modernización, reconstrucción y conservación de las obras a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

*En la actualidad, una de las prioridades de la SCT es la de preservar el estado de serviciabilidad que guardan las vialidades del país, así como conocer cuáles son los factores que mejoran o afectan las inversiones en este tipo de obras y con ello el nivel de servicio proporcionado al usuario.*

*Al ser el asfalto un componente fundamental en la conformación y en el desempeño de la mezcla asfáltica, ya sea como capa estructural o de rodadura, la calidad de éste influye de manera directa en la calidad del pavimento y en el desempeño que podrá presentar a lo largo de su vida útil deseada.*



desempeño para altas temperaturas (64, 70, 76, 82 y 88) y para bajas temperaturas (-22, -28, -34 y -40). No obstante, ésta tuvo su origen en 1987 como resultado del Programa Estratégico de Investigación de Carreteras (*SHRP, Strategic Highway Research Program*) por parte de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (*FHWA, Federal Highway Administration*). Esta clasificación incluye los ensayos:

- Viscosidad Rotacional a 135°C
- Módulo reológico de corte dinámico con el equipo DSR (*Dynamic Shear Rheometer*) del asfalto en condiciones originales de muestreo y del que se envejece con el horno Rotatorio de Película Delgada (*RTFO, Rolling Thin-Film Oven*)
- Ensayo en la Vasija de Envejecimiento a Presión (*PAV, Pressure Aging Vessel*) y en el Horno de Desgasificación al Vacío (*VDO, Vacuum Degassing Oven*)
- Rigidización obtenida con el DSR
- Módulo de Rigididad a Flexión en el Reómetro de la Viga a Flexión (*BBR, Bending Beam Rheometer*)

De igual manera, se retiraron los ensayos de:

- Penetración a 25 °C
- Viscosidad dinámica a 60 °C
- Viscosidad cinemática a 135 °C
- Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C
- Punto de Reblandecimiento
- Solubilidad
- Penetración retenida
- Ductilidad después de la pérdida por calentamiento
- Viscosidad dinámica después de la pérdida por calentamiento

La selección del asfalto de acuerdo con el grado de desempeño (*PG, Performance Grading*) se aplicó en Estados Unidos a partir de las pruebas realizadas por el *SHRP*. Uno de los objetivos principales de este programa fue medir las propiedades reológicas del asfalto en función de la temperatura de prueba.

En México, en 2018 entró en vigor la actualización de la norma para la clasificación del asfalto grado PG:

*Cuando Pemex adoptó la clasificación de los asfaltos por grado de desempeño, se realizaron pruebas para caracterizarlos, encontrándose que los asfaltos que en ese momento se producían eran PG 64-22, que aparentemente era igual a un AC-20. Sin embargo, un asfalto puede ser clasificado por viscosidad o por grado de desempeño y podrá o no cumplir con los requisitos de calidad de una u otra clasificación, de acuerdo con las propiedades evaluadas.*

**N·CMT·4-05-004/18, Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)**, de la Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT) de la SCT, con la cual se puede realizar la correcta selección del asfalto, en función de la calidad requerida de acuerdo con las ecuaciones que se presentan en esta norma, llevando a cabo la selección del asfalto de manera particular para cada proyecto, dependiendo de la intensidad del tránsito vehicular, la velocidad de operación, así como de las condiciones ambientales que pueden afectar el desempeño del asfalto. En la actualización de la norma se incluyeron los siguientes ensayos:

- Punto de Reblandecimiento
- Separación, diferencia anillo y esfera
- Recuperación elástica por torsión 25°C
- Recuperación elástica en ductilómetro
- Prueba de Esfuerzo Deformación Recuperación Múltiple (*MSCR, Multi Stress Creep and Recovery*) de la que se obtiene el Nivel de Ajuste y el Jnr del asfalto a 3,2 kPa

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las clasificaciones de cemento asfáltico en México. Se puede observar que la prueba que ha prevalecido desde la primera clasificación es el ensayo para la obtención de la pérdida por calentamiento. En la clasificación por grado de desempeño se eliminaron las pruebas empíricas de manera considerable, no obstante, se incluyeron algunas en la normativa actual para verificar la recuperación elástica de los asfaltos al incluirles un agente modificador.



Ensayos Realizados a los Cementos Asfálticos	Clasificación				
	15-200 (1920)	Por penetración 1957	Por Viscosidad Dinámica a 60 °C	Grado PG	Según su Grado de Desempeño
1 Penetración a 25 °C	X	X	X	-	-
2 Punto de Inflamación Cleveland	-	X	X	X	X
3 Viscosidad dinámica a 60 °C	-	-	X	-	-
4 Viscosidad cinemática a 135 °C	-	-	X	-	-
5 Viscosidad Saybolt-Furol a 135 °C	-	X	X	-	-
6 Viscosidad rotacional a 135°C	-	-	-	X	X
7 Punto de Reblandecimiento	-	X	X	-	X
8 Ductilidad a 25 °C	X	X	-	-	-
9 Solubilidad	X	X	X	-	-
10 Separación, diferencia anillo y esfera	-	-	-	-	X
11 Recuperación elástica por torsión 25°C	-	-	-	-	X
12 Módulo reológico de corte dinámico	-	-	-	X	X
13 Pérdida por calentamiento	X	X	X	X	X
14 Penetración retenida	X	X	X	-	-
15 Ductilidad después de la pérdida por calentamiento	-	-	X	-	-
16 Viscosidad dinámica después de RTFO	-	-	X	-	--
17 Módulo reológico de corte dinámico después de RTFO	-	-	-	X	X
18 Recuperación elástica en ductilómetro	-	-	-	-	X
19 Nivel de Ajuste (MSCR)	-	-	-	-	X
20 Jnr a 3.2 kPa en MSCR	-	-	-	-	X
21 Envejecimiento PAV	-	-	-	X	X
22 Rigidización ( $G^* \text{sen } \delta$ )	-	-	-	X	X
23 Rígidez de Flexión	-	-	-	X	X
<b>TOTAL DE ENSAYOS</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>14</b>
<b>ENSAYOS INCLUIDOS</b>	--	3	4	6	6
<b>ENSAYOS RETIRADOS</b>	--	0	1	9	0

Tabla 1. Clasificación histórica del asfalto en México

La industria de la construcción depende de la calidad de cemento asfáltico que entregue la paraestatal Pemex. En la actualidad, Pemex utiliza la clasificación por grado de desempeño y generalmente, entrega cemento asfáltico Grado PG 64-16 o 64-22, sin embargo, éste puede ser clasificado de acuerdo con los requerimientos del solicitante.

Un cemento asfáltico puede ser identificado con cualquiera de las diferentes clasificaciones de asfalto antes descritas. Es decir, un asfalto grado PG

no es un súper asfalto comparado con un asfalto clasificado por penetración o viscosidad. Dependerá de sus propiedades de acuerdo con los resultados que presente en cada ensayo.

De forma sencilla, si a un laboratorio de control de calidad se le entrega un asfalto sin identificación, éste podrá realizar las pruebas necesarias para caracterizar el asfalto de acuerdo con requisitos de calidad establecidos para las diferentes clasificaciones. Cuando un laboratorio de control de calidad recibe un cemento asfáltico para clasificarlo, realizará los ensayos de laboratorio correspondientes de acuerdo con la clasificación que indique el solicitante y así, caracterizarlo como muestra el diagrama de la Figura 2.

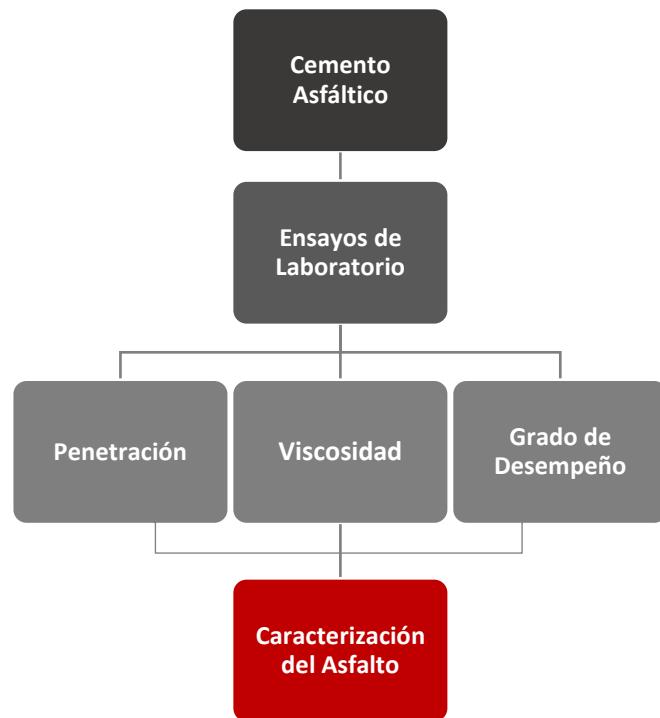


Figura 2. Proceso caracterización de asfalto

Es importante definir el tipo de asfalto requerido para las obras de construcción, modernización, reconstrucción y conservación de la Red Carretera Federal considerando que la clasificación que toma en cuenta las necesidades y exigencias actuales es la norma para la clasificación de asfaltos grado PG: N-CMT-4-05-004/18, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)*, la cual, como



se mencionó anteriormente, se encuentra en función de la intensidad vehicular, velocidad de operación y el clima del lugar de aplicación.

Una vez definido el tipo de asfalto requerido será conveniente solicitar al distribuidor el reporte de calidad de Pemex, así como el reporte del control de calidad del mismo distribuidor.

Es fundamental que el asfalto, como cualquier material de construcción, cuente con su registro de control de calidad, por lo que es necesario contar con personal capacitado y con el equipo necesario para su ensayo.

## REFERENCIAS

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Normativa para la Infraestructura del Transporte*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.

Asphalt Institute. *Asphalt Binder Testing, Technician's Manual for Specification Testing of Asphalt Binders, MS-25*. Asphalt Institute, EUA, 2014.

Tinoco Zamudio, Manuel, *Historia y evolución de las mezclas asfálticas en las carreteras de México*. Asociación Mexicana del Asfalto, México, 2011.

Dirección Nacional de Caminos, *Especificaciones de los Caminos*. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, México, 1947.

Dirección Nacional de Caminos, *Especificaciones Generales de Construcción*. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, México, 1957.