

NOTAS SOBRE EL ESTUDIO DE LAS ROCAS ASFÁLTICAS

Por el Dr. ISIDORO ASENSIO AMOR,
Jefe de la Sección de Química del Laboratorio de Caminos.

La escasez, en ciertos sitios, de betunes procedentes de la destilación del petróleo, hizo que se pensase en el empleo de las rocas asfálticas naturales, observándose que los firmes eran de mayor espesor y resistencia, pudiendo considerarse como intermedio entre el tratamiento superficial en caliente y los revestimientos asfálticos de alto grado. He aquí, por lo tanto, el interés que pueden tener las rocas asfálticas para solucionar el problema de la escasez de betunes procedentes de petróleo.

Los productos bituminosos empleados como materiales de construcción, dependen, sobre todo, de sus características físicas y químicas, y es evidente que con una experiencia práctica se dedique especial atención a las propiedades de los betunes así empleados (pavimentos asfálticos), siendo las propiedades más importantes sus características físicas, sobre todo para este modo de utilización.

Algunos trabajos sobre este tema han sido expuestos y descritos en castellano (1), atendiendo a prescripciones hechas en el extranjero (2), y exigen que algunas sean modificadas o completadas para que se puedan adaptar a todos los tipos de material con que se opere.

Cada vez se ofrece con mayor interés el estudio de los productos bituminosos destinados a la construcción y conservación de pavimentos de tráfico. La circunstancia de ingresar en este Laboratorio de Caminos, para su análisis, una roca asfáltica, tuvo como base el desarrollo de este artículo.

Generalidades sobre productos bituminosos.

En el V Congreso celebrado en Milán el año 1926, se acordó dar el nombre de betunes, desde el punto de vista químico, a "mezcla de hidrocarburos gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos, solubles completamente en sulfuro de carbono". Se fija el porcentaje mínimo de betún en las rocas (calizas o areniscas) en un 12 por 100 (3).

El cuadro adjunto muestra la riqueza en betún de los principales yacimientos de grupos asfálticos:

EE. UU. (Gilsonite).....	99,5 %
Albania (Selenizza).....	81,0 %
Cuba	75,0 %
Bermúdez	45-88 %
Trinidad	39,0 %

(1) Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción. Publicaciones NELC. Madrid.

(2) American Society for Testing Material, Institution of Petroleum Technologists.

(3) Escario, J. L.: *Caminos*, tomo II, pág. 431. Madrid, 1943.

Esto nos conduce a pensar que los citados grupos asfálticos son casi betún puro; pero dentro del grupo de rocas asfálticas, con un 30-35 por 100 de betún, es más que suficiente para considerar a nuestra muestra de roca como interesante.

Los productos bituminosos tienen como característica primordial la de estar constituidos por hidrocarburos y pequeñas cantidades de oxígeno, azufre y derivados del nitrógeno; todos, como indicamos anteriormente, solubles en sulfuro de carbono, determinando una gran parte de las propiedades principales de estos productos bituminosos, fácilmente reconocibles, unos, y difícilmente, otros.

Es substancial en la preparación de material bituminoso, por ejemplo, para pavimentación, los procesos de rotura de cadenas (*cracking*), oxidación y carbonización de hidrocarburos.

La estabilidad de los productos bituminosos viene influenciada por el proceso que hemos indicado, de saturación, y el porcentaje de hidrocarburos saturados y no saturados.

Si consideramos las distintas series de hidrocarburos, la parafínica es estable, grasienta y con un poder aglomerante escaso, por lo que en la construcción es perjudicial. La de las olefinas es menos estable y se encuentra abundante en los petróleos, pero escasa en los materiales bituminosos, sobre todo las usadas en firmes de construcción; tiene pequeño poder aglomerante; sin embargo, poseen una gran importancia y producen en los materiales bituminosos un enorme resultado porque, al polimerizarse, dan lugar a hidrocarburos de un interés extraordinario, que entran a formar parte de los productos bituminosos empleados en pavimentación. Igualmente ocurre con los hidrocarburos de la serie acetilénica, ya que realizan fenómenos de polimerización y producen hidrocarburos que entran a formar parte de los alquitranes, con lo que las características de éstos difieren en alto grado de las de los materiales bituminosos.

Hidrocarburos gaseosos que forman parte de la composición de los betunes, tenemos el metano o gas de los pantanos; entre los líquidos, citaremos las para-

finas del petróleo y los petróleos asfálticos que impregnan las rocas porosas, constituyendo así las rocas asfálticas; los sólidos se agrupan en parafínicos y asfálticos.

Entre los hidrocarburos cíclicos que forman parte principal de los productos bituminosos, tenemos, en primer lugar, los naftenos, que se encuentran, en su casi totalidad, en estado líquido en los petróleos asfálticos, semiasfálticos y asfaltos. Entran a formar parte de los alquitranes, la serie bencénica y la serie de la naftalina.

¿Qué origen tiene este betún asfáltico que se encuentra impregnando la roca? Exponemos la teoría de Illing, Profesor de la Escuela Real de Minas (1), que "considera que el lago Trinidad corresponde a la época miocena, y su formación fué consecuencia de una agrupación de betún muy denso, seguido de un hundimiento de la corteza terrestre, con la subsiguiente invasión de las aguas del mar y de masas de arcilla y fango que, al depositarse sobre el betún, se mezclaron parcialmente con el fondo, un conjunto plástico de fango, arcilla, betún y agua. En el levantamiento posterior de la corteza terrestre sobre el nivel del mar, las presiones laterales deformaron la masa bituminosa, llevándola a la situación actual; después, una erosión lenta redujo el espesor de la capa que la cubría, dejando el azufre en la superficie. La isla toda pudiera ser un resto de los materiales que constituían la mencionada capa que actuaron como indicadores de la masa bituminosa. La procedencia del betún de las capas inferiores coincide con la existencia en estas venas de betún puro. Las sustancias minerales mezcladas con el betún, tienen la misma procedencia que las arcillas y fangos que antes cubrieron y ahora rodean el lago".

Características generales de las rocas asfálticas. Ensayos previos.

El examen organoléptico preliminar es una determinación interesante en la identificación, así como en el empleo y valor de la materia bituminosa para una determinada clase de trabajo. Este ensayo podía seguir las líneas que a continuación se indican, para el caso de productos sólidos o semisólidos.

1.^a *Color*. — Éste puede ser reconocido por el color del material en polvo o cuando el material está en trozos, mayores o menores. Variará el color según los constituyentes que lleve la mezcla, siendo el material más o menos blanco, debido a la porción mineral, y más o menos oscuro, según la porción orgánica, aunque pueden considerarse estas variaciones como debidas a proporciones de carbono libre, aumen-

tando la coloración negra con el incremento de este elemento.

2.^a *Textura*. — Deberá notarse si es lisa o rugosa, indicando esta última la presencia de material relativamente grueso.

3.^a *Lustre*. — Éste es, generalmente, debido a la presencia de materia mineral.

4.^a *Fractura*. — Es, generalmente, característica de una determinada clase de partículas. Ordinariamente es conoidal, aunque también puede ser regular.

5.^a *Olor*. — El olor es característico del material. Las calizas bituminosas despiden un olor desagradable cuando se las golpea, frota o raspa, lo que les da la calificación de "piedras fétidas".

6.^a *Tacto*. — Deshaciendo las rocas y presionándolas entre los dedos, puede asegurarse, en la mayor parte de los casos, si hay o no granos de arena.

7.^a *Raya*. — El color de la raya en una roca es interesante, puesto que, a veces, se suelen confundir pizarras bituminosas con los carbones minerales. Gracias al color de la raya se verifica la diferenciación sin dificultad, ya que en las pizarras bituminosas es pardo claro, mientras que en los carbones minerales es negro brillante.

8.^a *Dureza*. — Puede ensayarse con una navaja, a falta de los esclerómetros, y según la escala de Mohr, aunque los minerales que forman la roca no sean exactamente los de esta escala; sin embargo, se puede obtener una información bastante suficiente.

Observación de la roca objeto de estudio.

Está constituida por masas compactas sobre las cuales se deposita parte del betún mezclado con la caliza. Presenta trozos de caracteres y aspectos diferentes; existen porciones que se laminan al triturarlas, adhiriéndose fuertemente al pistilo; en otras, retirada la capa superficial pardo oscuro, se observa un color gris blanquecino, con puntos brillantes. Dado el color variable, podemos considerar, dentro del conjunto que tenemos, tres clases: la primera, negra (máximo de riqueza en betún); la segunda, de color pardo oscuro, y la tercera, de color gris acorado oscuro. Como indicamos anteriormente, la primera podemos considerarla que se presenta en masas pequeñas e irregulares sobre la segunda.

Como consecuencia de este diferente aspecto, hemos preferido hacer un análisis en cada una de las muestras clasificadas por su color, para después tomar una media del conjunto de la roca asfáltica. Más adelante, en la extracción, se consignan los porcentajes obtenidos.

(1) Op. cit. (3), pág. 432.

En el cuadro siguiente se señalan, en conjunto, las características organolépticas de las diferentes muestras de la roca estudiada:

Características	1. ^a	2. ^a	3. ^a
Color	Negro	Pardo oscuro	Gris plomizo oscuro
Textura	—	Rugosa	Lisa
Lustre	—	Sin brillo intenso	Brillo submetálico
Fractura	—	Regular	Regular con puntos brillantes
Olor	—	Breoso	Arcilloso
Tacto	—	Ceroso	Deleznable
Raya	—	Blanquecina (caliza)	Parda
Dureza	—	(Blanda) propia de la caliza	Muy dura
Polvo	—	Pardo	Negro

Con estos ensayos tan simples se observa que, aunque se trata de muestras situadas en una misma localidad, sin embargo son completamente distintas la segunda y la tercera, diferenciándose la segunda como roca caliza y la tercera como roca silicea.

PARTE EXPERIMENTAL

Pasemos a estudiar los ensayos realizados en la roca asfáltica. Aunque las técnicas empleadas reflejan su bibliografía, para mayor facilidad citaremos un resumen de cada una de ellas, sobre todo de aquellas que tengan aplicación especial en betunes. Seguidamente se señalan los datos analíticos obtenidos.

Se ha determinado el peso específico, carbonatos y humedad en las muestras 2 y 3, y cuyos datos analíticos exponemos a continuación. Los números correspondientes no se refieren a la parte orgánica o a la mineral aisladamente, sino al conjunto de la roca asfáltica:

Muestra	Peso específico	CO ₂ Ca	Humedad
2	1,8	75,4	0,63
3	3,0	0,0	0,76

El carbonato cálcico se ha determinado por el método de Lunge y Rittener (1).

El contenido en agua de las muestras se determinó por desecación en la estufa, a 105° C., durante veinticuatro horas, hasta constancia de peso, arrojando el valor indicado en el cuadro.

Extracción del betún.

La investigación del porcentaje de betún de una roca asfáltica ha sido determinada por numerosos procedimientos que, resumiendo, podríamos reunir en dos grupos:

- Métodos de extracción en frío.
- Métodos de extracción en caliente.

No es posible abarcar aquí todos los métodos que cabe emplear en la investigación de betunes, y para ello es preferible remitir a obras especializadas como las de D. C. Broome, *The Testing of Bituminous Mixtures*.

En general, nos inclinamos a utilizar los métodos del segundo grupo, sobre todo en este tipo de roca asfáltica, en que es difícil la extracción del betún en frío, debido al estado de agregación de la misma.

Utilizamos primeramente el método en frío, propuesto por Coronas (2), el cual consiste en pesar en un matraz Erlenmeyer de 250 c. c., perfectamente seco y tarado, una cierta cantidad de roca asfáltica, tratándola con 100 c. c. de sulfuro de carbono. Se agita sucesivamente hasta que hayan sido desmenuzados los trozos grandes de material. Se deja el matraz en reposo durante cuarenta y ocho horas, al final de las cuales se decanta la solución a otro matraz previamente tarado y procurando que no pase la sedimentación formada. Se vuelve a agregar al residuo del primer matraz otros 100 c. c. de sulfuro de carbono, se agita y se deja en reposo otras cuarenta y ocho horas, decantando igualmente y pasando todo por un crisol de Gooch, lavando a su vez este crisol con nuevas porciones disolventes. Se repite este tratamiento con intervalo de reposo de veinticuatro horas, decantando seguidamente y haciendo pasar por el filtro todo el betún disuelto en sulfuro de carbono. Por último, se desecan los dos matraces Erlenmeyer y el crisol a la estufa durante una hora, a 105-110° C., y se pesa. A partir de este peso de residuo, se ha de calcular el tanto por ciento, teniendo en cuenta el contenido de agua para referirse a muestras deshidratadas; por consiguiente, la solubilidad de la porción de betún en sulfuro de carbono vendrá expresada por la diferen-

(1) Lunge y Rittener, cit. en *Análisis Treadwel*, pág. 354. 1921.

(2) Coronas, J. M.^a: "Determinación de la solubilidad en sulfuro de carbono de los materiales bituminosos". L. Central, NELC 12. 1945.

cia a 100. Como la humedad es pequeña, siguiendo las instrucciones de este método, podemos prescindir de ella al hacer los cálculos.

Al aplicar esta técnica en la determinación del betún de la roca objeto de estudio, vimos que no rendía buenos efectos. En primer lugar, parece que no arrastra lo suficiente de betún el sulfuro de carbono empleado por este método; el residuo permanece negro al cabo de varios días de extracción y, sin embargo, el sulfuro de carbono pasa por el filtro completamente claro, como si ya hubiese disuelto todo el betún. El porcentaje de éste que obtenemos es de 1,07 por 100 y 1,04 por 100, para dos determinaciones que se hicieron. Por parecernos el porcentaje muy bajo, sustituimos esta técnica por otra cuyo fundamento es el mismo, pero utilizamos calefacción.

Como método en frío, podemos citar también el de Wilson (1), que no es más que una modificación del de simple decantación.

Entre los métodos de extracción en caliente está el conocido extractor Soxhlet. Aunque nosotros no empleamos esta clase de extractor, el fundamento del método que hemos seguido es análogo.

El modo como operamos en las tres determinaciones es el siguiente: Pesar un gramo de muestra, previamente obtenida la humedad, colocándola a ebullición con 100 c. c. de sulfuro de carbono, durante una hora, utilizando refrigerante de reflujo. Al cabo de este tiempo, se filtra en un matraz de destilación, fraccionada por embudo de placa filtrante (primero se deja enfriar y sedimentar y luego se filtra con trompa).

Se observa el residuo de qué color es; en el caso de permanecer oscuro aún, se agregan otros 100 c. c. de sulfuro de carbono y se coloca a ebullición nuevamente durante el mismo tiempo, repitiendo la operación hasta que el contenido quede claro.

Cuando se ha filtrado todo lo del matraz, se lavan éste y el filtro con una pequeña porción de sulfuro de carbono limpio, hasta filtraje claro, y entonces es cuando se le agregan, si hace falta, otros 100 c. c. de sulfuro de carbono limpio, y se coloca a ebullición.

(1) Op. cit. Broome, D. C.: *The testing of bituminous mixtures*, pág. 111.

Caso de que los primeros 100 c. c. de sulfuro de carbono hubiesen sido suficientes para extraer todo el betún, se declarará terminada la operación de extracción y se pasará a la destilación, para recuperar el sulfuro de carbono y pesado del contenido del matraz de destilación fraccionada.

Como pesamos previamente el matraz de extracción, el crisol de placa filtrante y el matraz de destilación fraccionada, al terminar el ensayo se desecan a la estufa durante una hora, pasándolos al desecador, y en frío se pesan nuevamente; por lo tanto, sabemos, por la diferencia de pesada en el matraz de extracción y crisol de placa filtrante, el contenido de material insoluble que tiene, y por la diferencia de pesada en el matraz de destilación fraccionada, el betún o sustancia soluble en sulfuro de carbono. De esta forma se aprecia con más exactitud la cantidad de betún que si se hiciese la determinación de una sola porción y se hallase la diferencia a 100.

El porcentaje de betún en cada una de las muestras analizadas es el siguiente:

Determinaciones	% substancia insoluble en S ₂ C	% substancia soluble en S ₂ C	% pérdidas
1. ^a	60	35	5,0
2. ^a	80	18,5	1,5
3. ^a	85,5	3,8	10,7
4. ^a	68	30	2,0

La muestra cuarta es una mezcla de la primera y la segunda.

En la columna de tanto por ciento de substancia soluble en sulfuro de carbono, figuramos la materia recuperada por subsiguiente destilación del sulfuro de carbono y desecación del residuo a 105-110°. La cifra de pérdidas incluye por lo tanto las fracciones del betún cuyo punto de ebullición sea más bajo que dicha temperatura.