

También se estudian fotográfica o cinematográficamente los torbellinos en los cuales se sumergen trozos de papel, flechitas, etc., que permiten la determinación de trayectorias y velocidades.

Véase, como ejemplo, el estudio de unos torbellinos (figs. 10 y 11). La primera es una fotografía corriente con iluminación oblicua. La segunda reúne una serie de impresiones sucesivas, tomadas con luz difusa y uniforme, después de echar en el agua unos trocitos de papel que, marcando trazos blancos, señalan trayectorias y velocidades. Nótese el aumento de éstas desde el centro del torbellino hacia la periferia.

Otro capítulo interesantísimo es el de los experimentos sobre erosiones. Aunque en éstos no pueda fijarse a escala la profundidad de la socavación ni el tiempo que tardará en producirse, los resultados del laboratorio tienen siempre un alto valor, particularmente por la comparación de los efectos de distintas disposiciones. Además, es sabido que parece acentuarse en el mundo técnico la idea de que el perfil definitivo de un cauce es independiente de su naturaleza, y, por consiguiente, la socavación determinada por una obra será siempre la misma, influyendo la resis-

estos estudios. Véanse, particularmente: *Aus dem Flussbaulaboratorium... zu Karlsruhe*, 1922, y *Brückensbau und Waldzenbildung*, 1921, Karlsruhe, así como *Die Wassercraft*, 1921, y *Flussbau Laboratorium Europas*.

cia del terreno únicamente en la velocidad con que se produzca.

En este camino, en que el cálculo es completamente ineficaz y arbitrario, se vacila en nuestros días, como indica, a título de ejemplo, la reacción en la forma de las presas vertedero que supone el azud del Moldau (Checoslovaquia) (fig. 12). Después de repetidos ensayos se ha preferido concentrar la energía del agua al pie del azud, en sitio que puede protegerse fácilmente, en vez de adoptar un perfil Creager, cuya forma es la óptima para conservar la fuerza viva del líquido vertiente que casi irremisiblemente socavarán aguas abajo (1).

El coste del edificio del nuevo Laboratorio de Karlsruhe ha sido de unos 200 000 marcos oro, y a 220 000 ha ascendido el de las instalaciones y aparatos. No es excesivo, si se tiene en cuenta la largueza con que está provisto y los ingresos que las consultas reportan; mas no queremos alarmar publicando su plano, y preferimos acompañar el adjunto (fig. 13), mucho más modesto, con el deseo de que con un laboratorio así—por lo menos—cuenta en breve la Escuela de Caminos, a la que beneficiaría, quizá, como ninguna otra mejora.

ENRIQUE BECERRIL
Ingeniero de Caminos

(1) Véase Koechlin: *Mecanisme de l'eau*, cap. XXIII.

Nomenclatura de materiales y de procedimientos de construcción de pavimentos. Unificación de ensayos de alquitranes, betunes y asfaltos⁽¹⁾

Ensayos de betunes y asfaltos

II

ENSAYOS ÚTILES

Densidad.

Objeto.—Determinación de la relación de masas de volúmenes iguales del material y de agua.

Método.—No hay lugar para imponer un método particular, pues los procedimientos de uso corriente en los laboratorios dan precisión suficiente.

La temperatura del ensayo ha de ser de 25° C. Se considera suficiente determinar dos cifras decimales.

Penetración a bajas temperaturas.

El coeficiente de penetración se considera indispensable a 25° C y útil a 0° C y — 10° C.

Para determinar la penetración a 0° C la carga ha de ser 200 gramos y el tiempo sesenta segundos.

No se han definido con exactitud la carga y la temperatura para — 10° C, debiendo estudiarse partiendo de carga y temperatura iguales al ensayo a 0° C.

(1) Véase el número anterior, pág. 307.

Punto de inflamación.

Objeto.—Determinación de la temperatura más baja a la que, a presión normal, un material asfáltico emite, en ciertas condiciones experimentales, vapores combustibles que, mezclados con el aire, provocan una explosión pequeña al contacto con una llama.

Método.—Aparato de cámara abierta, con exclusión de los aparatos de cámara cerrada.

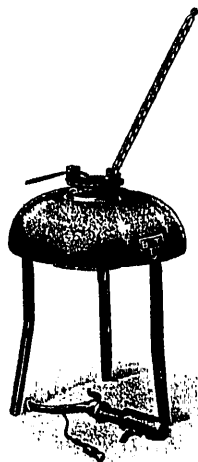
Determinación del carbón libre y de las cenizas.

Objeto.—Encontrar los materiales no solubles en bisulfuro de carbono sin separación por categorías.

Solubilidad en éter sulfúrico.

Objeto.—Determinación de la proporción de asfaltinas.

Método.—El disolvente será éter en vez del aceite de nafta, porque éste no presenta garantías de uniformidad.



Ensayos de emulsiones.

Dosificación del agua.

Objeto.—Determinación de la proporción de agua.

Método.—Mezclar a la emulsión tolueno o xilol; calentar y recoger el agua arrastrada en un decantador graduado que se enfría convenientemente.

Separación completa del betún.

En estudio el método de placa porosa.

CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS MATERIALES ASFÁLTICOS QUE SE EMPLEEN EN PAVIMENTOS

En general, puede decirse que las condiciones ideales para los materiales asfálticos que se empleen en pavimentos han de ser gran *adhesividad* y *cohesividad*, pequeña alteración en sus características por las variaciones de temperatura y que no pierdan sus condiciones con la acción del tiempo, por lo menos en un período relativamente largo.

Los ensayos principales de los materiales asfálticos tienden a determinar las características de los mismos desde los puntos de vista antes indicados; pero, desgraciadamente, no proporcionan indicaciones tan precisas como fuera de desear.

Para ver el verdadero valor que hay que conceder a los resultados de cada ensayo, haremos una ligera crítica de cada uno, siguiendo el orden en que hicimos la descripción dentro de las categorías de indispensables y útiles.

Penetración.—El ensayo de penetración es el que se usa desde hace más tiempo, y su objeto es determinar la susceptibilidad a los cambios de temperatura del material asfáltico. Con este objeto se hacía antiguamente a tres temperaturas, esto es, a la mínima, media y máxima a que se suponía había de estar en obra el material, y por esto en Inglaterra ha sido corriente la práctica de ensayos a 4° C, 25° C y 46° C.

Con arreglo a los resultados se clasificaban los materiales apropiados para las diferentes aplicaciones con extraordinaria rigidez; pero la práctica demostró que el coeficiente de penetración tenía que variar según las circunstancias particulares de cada caso.

Por otra parte, si habían de proscribirse los materiales que se reblandecieran a elevadas temperaturas, era necesario dejar de emplear gran número de productos, y la experiencia demostró que en ciertas ocasiones la extensión de esquivarlas de piedra corregía el defecto de modo satisfactorio, pues éstas formaban pronto cuerpo con el material asfáltico. Como, de otro lado, resulta más grave defecto que los materiales se hagan quebradizos a bajas temperaturas, ha parecido preferible hacer el ensayo de penetración a 0° C y — 10° C cuando hayan de hacerse pavimentos en climas muy fríos. La técnica de estos ensayos a bajas temperaturas no está lo suficientemente perfeccionada para considerarlos indispensables, y por esta causa se les considera por el momento comprendidos en la categoría de útiles.

La elección del coeficiente de penetración tiene gran importancia, pero no debe exagerarse. Muchos ingenieros llegan al extremo de no imponer más condición que ésta en los pliegos, con lo que creen que el material está completamente definido. La Comisión reunida en París ha considerado erróneo este proceder, así como el de fijar el coeficiente de penetración teniendo en cuenta únicamente el clima de la región, sin tener presente la naturaleza e importancia del tráfico.

Tampoco hay que tener en cuenta condiciones de clima extraordinarias, con tal de que se prolonguen poco tiempo. En ocasiones se presentan en un verano excepcional dos o tres días de calor extremado, que pro-

duce el reblandecimiento de los afirmados asfálticos, con inconveniente para su conservación; pero al cesar el calor extremado se comprueba, en general, que los daños producidos son de poca importancia.

El ensayo de penetración, unido al de pérdida por el calor, constituye un conjunto que, por lo menos hasta hoy, es el que proporciona indicaciones más útiles sobre el modo de comportarse el material asfáltico a elevadas temperaturas, y, por consiguiente, deben exigirse ambos, con lo que sólo es preciso desde este punto de vista el coeficiente de penetración a una sola temperatura, habiéndose elegido la de 25° C, por la comodidad de obtenerla en los laboratorios.

Ductilidad.—Entre algunos ingenieros se ha extendido la creencia de que conociendo el coeficiente de penetración puede preverse el de ductilidad, y, por consiguiente, el segundo ensayo es ocioso. Nada más lejos de la realidad, pues en los laboratorios se comprueban constantemente casos muy acentuados de divergencias; particularmente en betunes asfálticos oxidados o calentados con exceso, sólo el ensayo de ductilidad hace aparecer inmediatamente el defecto.

Por desgracia, el ensayo actual de ductilidad es objeto de críticas, pues muchos operadores aseguran que los resultados no son concordantes en algunos casos, y, en consecuencia, los coeficientes que se adoptan por el momento y mientras no se perfecciona el método operativo, han de admitirse con amplia tolerancia.

Este ensayo indica algo sobre la *adhesividad* del material, que es una de las características consideradas como más importantes, y de aquí el interés que hay que concederle.

Punto de reblandecimiento.—Este ensayo es muy fácil de hacer y puede dar indicaciones útiles sobre el modo de comportarse el material asfáltico con los cambios de temperatura, pues cuanto mayor sea la temperatura de reblandecimiento tanto mejor se comportará, en general, a temperaturas altas. Como en la fabricación de betunes asfálticos por destilación de petróleos pueden conducirse las operaciones de manera que se obtengan productos con diferentes combinaciones de coeficientes de penetración y de reblandecimiento, el ensayo de que tratamos puede servir para identificación del producto.

Pérdida por el calor.—Se considera este ensayo como una forma acelerada de estudiar el comportamiento del material en el transcurso del tiempo, y para ello se le somete a la temperatura de 163° C, que es la máxima que ha de soportar el material para aplicarlo en construcción de pavimentos. El tiempo de cinco horas fijado para el ensayo es el que ha demostrado la experiencia como suficiente para que desaparezcan los productos ligeros, y, en general, no se consigue nada con prolongar el tiempo del ensayo.

Si se hace con el residuo un ensayo de penetración, se tendrá una idea aproximada de la transformación del material al perder los productos más volátiles. Claro es que el material colocado en obra sufre otras acciones; pero el ensayo de pérdida al fuego, aunque no puede abarcar todas las influencias, da, sin embargo, claras indicaciones de la manera de comportarse el material en obra durante el transcurso del tiempo.

Solubilidad en bisulfuro de carbono.—Este ensayo constituye una de las mejores pruebas del esmero en la fabricación de betunes asfálticos, y en cuanto a los asfaltos naturales da a conocer la riqueza en betún, con la que se fijan las proporciones de áridos con la exactitud que se requiere para la ejecución de pavimentos modernos.

Densidad.—Con la determinación de la densidad se consigue comprobar la uniformidad de los suministros, cosa bastante importante, aunque pueden emplearse en una misma obra betunes asfálticos de diferentes densidades, con tal de corregir la graduación de los áridos si

las proporciones se fijan en peso. En algunos laboratorios se hacían determinaciones de gran precisión, que no son necesarias, por lo que se ha fijado como obligatoria solamente la determinación de dos cifras decimales.

Penetración a bajas temperaturas.—Como se dijo anteriormente, este ensayo se considera muy interesante, cuando el material ha de emplearse en climas fríos; pero, por el momento, no puede considerarse como indispensable en tanto no se haya comprobado su eficacia y se fije con gran exactitud la técnica operatoria más apropiada.

Punto de inflamación.—Los materiales que tienen punto de inflamación bajo contienen productos ligeros. Este ensayo es complementario del de pérdida por el calor y se suele practicar cuando la pérdida al fuego es mayor de 5 por 100.

En los betunes de pequeña densidad es conveniente hacerlo siempre, como guía para conocer la temperatura a que pueden calentarse al emplearlos en obra.

Carbón libre y cenizas.—Determinada la parte soluble en bisulfuro de carbono, queda un residuo considerado como carbón libre y cenizas. A veces, basta la proporción del residuo para identificar un producto.

Solubilidad en éter sulfúrico.—La parte de material asfáltico soluble en bisulfuro de carbono, pero insoluble en petróleo nafta a 88° Beaumé, se ha considerado desde hace mucho tiempo como la que daba cuerpo, y se la denominó asfaltina. Respecto a la proporción óptima de asfaltinas para cada material existen divergencias de criterio, y por esta causa se ha considerado el ensayo en la categoría de útiles para identificación.

Recientemente se ha sustituido el empleo de petróleo nafta como disolvente, por el empleo de éter sulfúrico, que es mucho más uniforme.

* * *

Las condiciones que deben reunir los materiales asfálticos que se empleen en pavimentos variarán con el clima de la región, la clase e importancia del tráfico y con la naturaleza del producto empleado.

En condiciones medias de clima y tráfico pueden adoptarse como primera aproximación los valores siguientes:

Betunes asfálticos para hormigones.

Penetración a 25°.....	50	a	65
Ductilidad a la penetración 50..	90	a	125
Pérdida por el calor.....	1 %	a	2,5 %
Penetración del residuo a 25°...	25	a	35
Solubilidad en bisulfuro de carbono.....	Más de 99 %		

Betunes asfálticos para morteros.

Penetración a 25°.....	40	a	55
Ductilidad a la penetración 50..	100	a	150
Pérdida por el calor.....	0,75 %	a	1,5 %
Penetración del residuo a 25°...	25	a	35
Solubilidad en bisulfuro de carbono.....	Más de 99 %		

Betunes asfálticos para afirmados por el método de penetración.

Penetración a 25°.....	90	a	150
Ductilidad a la penetración 50..	70	a	120
Pérdida por el calor.....	1,5 %	a	2 %
Penetración del residuo a 25°...	45	a	50
Solubilidad en bisulfuro de carbono.....	Más de 99 %		

Claro es que no sólo influyen las condiciones de clima y tráfico, sino que también el modo de ejecutar el pavimento y las proporciones de los áridos tienen gran importancia. Resulta, por tanto, que no existen reglas precisas y en cada caso hay que estudiar el problema en particular, sin caer, sin embargo, en el extremo de exigir condiciones que sólo algún material asfáltico muy especial pudiera cumplirlas. Por fortuna, pueden prepararse muy variados *cementos asfálticos* por medio de mezclas de betunes asfálticos y *fluidificantes*, y no es extraño obtener buenos resultados con materiales en apariencia inadecuados, si se estudia con cuidado la aplicación. Trabajos tan sencillos en apariencia como los enlucidos de afirmados con **betún asfáltico** pueden dar lugar a fracasos en gran escala, como ha ocurrido recientemente en un país mediterráneo por haber estudiado mal la penetración conveniente para el clima de la región, y, en cambio, en otro situado en las mismas condiciones de clima caluroso, existen excelentes enlucidos de betún asfáltico en los que se ha empleado material con coeficiente de penetración de 200, pero haciendo una extensión cuidadosa de esquiras finísimas de piedra, que se han incorporado al enlucido por un fuerte cilindrado.

Al terminar lo referente a ensayos de alquitranes y betunes, nos parece que será una indicación útil para nuestros compañeros consignar que el Laboratorio Central de la Escuela de Caminos ha adquirido directamente los aparatos de la casa Baird & Tatlock, de Londres, y que el coste de los más indispensables es relativamente reducido, de modo que puede montarse un pequeño laboratorio con escaso gasto. El aparato más caro es el del ensayo de ductilidad que, como dijimos anteriormente, se ha suprimido provisionalmente.

Manuel AGUILAR
Ingeniero de Caminos

Puente de la Victoria, sobre el Pioverna, en Cremona (Italia)

Los ingenieros italianos han construido, sobre todo después de la guerra, un gran número de puentes de hormigón armado.

Entre ellos merece citarse el de Cremona, dedicado por esta villa a sus muertos en la gran guerra, por lo que lo denominaron *Puente de la Victoria* (1).

(1) Tomamos estos datos del interesante libro *Ponti italiani in cemento armato*, por Santarella y Miozzi, del que

Está situado en la carretera de Balisio a Cremona para dar acceso a la estación de Lecco.

Abierto un concurso de proyectos y construcción por el Ayuntamiento de Cremona, en 1922, se presentaron varias soluciones, de costes comprendidos entre 395 000 y 680 000 liras.

se ocupó la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en su número de 1.º de Noviembre de 1924.