

El generador y su eje tienen, respectivamente, 7,70 y 0,73 metros de diámetro. Cada generador pesa 200 toneladas. El rodete de la turbina tiene 3,75 metros de diámetro.

El coste de obras e instalaciones está calculado en

22 millones de dólares, que al cambio de 8,20, representan 183 millones de pesetas.

La construcción de la presa dió comienzo a final de 1928 y se calculó terminarla en septiembre de 1930.

José LUIS GÓMEZ NAVARRO
Ingeniero de Caminos, profesor de la Escuela

Características de los betunes asfálticos, emulsiones y alquitranes

En el Congreso de Carreteras que ha de celebrarse el presente año en Washington, se presentarán los resultados de los trabajos de la Comisión internacional nombrada en el último Congreso de Carreteras que se celebró en Milán. Dicha Comisión tenía por objeto establecer la nomenclatura de los materiales empleados en la construcción de carreteras y de los métodos correspondientes, así como unificar los ensayos de recepción. Terminado el diccionario en los idiomas español, inglés, francés, alemán, italiano, sueco y danés, se ha salvado la dificultad que existía de confundirse, por existir denominaciones impropias, muchos materiales. No sin grandes controversias se ha llegado a establecer la nomenclatura internacional para la mayoría de los productos, existiendo aún una diferencia fundamental para definir los asfaltos y betunes asfálticos, entre los términos aceptados por los representantes de las diversas naciones de Europa y los propuestos por el representante de los Estados Unidos. Es de desear que en el Congreso de Washington se llegue a un acuerdo para las escasas voces en que la Comisión no ha tenido la fortuna de aunar todos los pareceres.

Los lectores de esta REVISTA tiene ya conocimiento (año 1927, páginas 265, 286, 307 y 330) de los ensayos esenciales y convenientes propuestos para la recepción de betunes asfálticos, emulsiones y alquitranes. La Comisión internacional entendió que en el estado actual de la técnica muchos de los ensayos de materiales bituminosos no son apropiados para conocer sus características principales, y propone indirectamente que se supriman, dejando solamente un corto número como preceptivos. Estos ensayos, denominados esenciales, se han elegido teniendo en cuenta no sólo su importancia, sino también el que los resultados obtenidos en los diferentes laboratorios puedan ser concordantes.

No se ha ocultado a la Comisión que su trabajo es muy incompleto y que dará lugar a numerosas observaciones; pero el trabajo realizado hasta la fecha es, sin embargo, bastante considerable, y ya se están tocando sus resultados, pues son muchas las naciones que desde ahora han dispuesto que sean preceptivos los ensayos escogidos.

Con objeto de que los compañeros que asistan al Congreso de Washington conozcan no solamente las conclusiones a que han dado lugar los trabajos de la Comisión internacional, sino el estado actual de dichos trabajos, hemos redactado las presentes notas, para que dichos compañeros puedan seguir más fácilmente las discusiones e intervenir en las mismas.

Respecto a betunes asfálticos, se pensó desde el primer momento que las cualidades esenciales que debían definirse eran: adherencia a los áridos, cohe-

sión entre sus moléculas, plasticidad y resistencia a la acción de los agentes atmosféricos. En efecto, desde el punto de vista del constructor de carreteras, es de la mayor importancia que las piedras no puedan destacarse del afirmado, que los betunes asfálticos no se deformen de un modo permanente bajo la acción de las cargas, que no sean, por otra parte, agrios y que conserven durante mucho tiempo sus propiedades características.

Entre los muchos ensayos que se practicaban en los diferentes laboratorios, ninguno daba, a juicio de la Comisión, indicaciones bastante precisas respecto a las propiedades esenciales de los betunes asfálticos; pero como algunos eran de uso corriente, se prefirió, como primera aproximación, unificarlos por el momento, sin perjuicio de continuar las investigaciones para tratar de encontrar métodos de ensayo más apropiados. Así, los ensayos de penetración dan idea de la cohesión entre las moléculas de un betún asfáltico por la resistencia que opone a la entrada de un cuerpo extraño que tiende a separarlas, y aunque se pueden hacer críticas a estos ensayos, no es menos cierto que son universalmente empleados, por lo que la Comisión se fijó principalmente en que se efectúen en lo sucesivo de un modo uniforme y propuso, además, que se hagan a determinadas temperaturas, que no son, por cierto, las hasta hoy usadas. Algo análogo sucedió con el ensayo de pérdida al fuego, que pretende conocer lo que sucederá a los betunes asfálticos en el transcurso del tiempo sometidos durante varias horas a temperatura elevada, viendo la penetración del residuo y el peso que el betún asfáltico pierde. La Comisión comprendió que este ensayo no daba perfecta idea de cómo se comportan los betunes asfálticos con las variaciones de temperatura y de humedad, con la acción de la luz y, sobre todo, respecto a la acción del oxígeno, particularmente cuando se halla disuelto en el agua; pero como ni la determinación de la cantidad de hidrocarburos atacados por el ácido sulfúrico concentrado (admitiendo que la proporción de materias disueltas represente el contenido de hidrocarburos no saturados que el betún asfáltico contiene) ni la determinación de la cantidad de oxígeno que puede fijarse por el betún (índice de iodo) resultan tampoco métodos completos, se prefirió, por el momento, proponer como preceptivo el ensayo de pérdida al fuego, recomendando el estudio de tan interesante materia, que no sólo es fundamental para una rama de la ingeniería, sino para todas en general, ya que los betunes asfálticos adquieren cada día mayores aplicaciones.

Como el ensayo de solubilidad en bisulfuro de carbono sólo tiene por objeto comprobar la pureza de los betunes y el de ablandamiento o fusión es pura-

mente complementario de los otros, la Comisión estudió particularmente los que pudieran dar idea de la adherencia, y se fijó de un modo más especial en el ensayo de ductilidad. Por desgracia, se expresó por algunos que este ensayo no daba resultados concordantes, y aunque otros expusimos nuestro parecer de que las discordancias no eran grandes, sobre todo cuando el ductilómetro se instala en un baño y el alargamiento se hace de modo uniforme, empleando un pequeño motor eléctrico, pareció prudente no aceptar el ensayo, por lo pronto, hasta que nuevas observaciones permitan conocer el verdadero valor de las divergencias, cuando todos los laboratorios empleen el mismo aparato.

Respecto al modo de comprobar la adhesión y la cohesión, di cuenta de los experimentos que estamos realizando en nuestra Escuela, por medio de un pequeño y sencillo aparato que hasta el presente no ha dado resultados absolutamente precisos, pero que parece que puede señalar un nuevo camino de investigación: consiste en un recipiente de dimensiones análogas al que contiene el betún en el ensayo de penetración, pero hecho de acero fundido; en él se coloca una semiesfera de acero de 3 cm de diámetro, de modo que enrase con la parte superior del recipiente, y se vierte betún asfáltico fundido, enrasándolo también; una vez solidificado el betún, se le pone, por medio de un baño, a la temperatura de ensayo, atornillando al mismo tiempo un gancho a la semiesfera; rápidamente se hace la tracción en una máquina de laboratorio, sujetando el recipiente a una de las mordazas y el gancho de la semiesfera a la otra. Los resultados sorprendieron mucho a los miembros de la Comisión, por ser grandísimos, relativamente, los esfuerzos necesarios para llegar a la separación, y teniendo en cuenta la sencillez del método, se acordó que se hiciesen experiencias en los diversos laboratorios, con las modificaciones que se creyesen convenientes para llegar a obtener la mayor precisión posible.

Los ensayos para las emulsiones han de dar a conocer principalmente el contenido en betún asfáltico, la calidad de este betún y la estabilidad de la emulsión. Se refieren, pues, unos al modo de separar el agua y las materias estabilizadoras del betún, y otros al modo de romper las emulsiones. Tampoco se ha conseguido uniformar completamente estos ensayos, pues ninguno reúne todas las condiciones de precisión requeridas, ya que si es posible separar el agua, es muy difícil separar el betún de los emulsionantes sin alterarlo.

Dos ensayos resultan igualmente interesantes para separar el agua del betún. El de la Bataafache Petroleum Mij (Royal Dutch) consiste en lo siguiente: Se calientan 200 cm³ de emulsión a 40° ó 50°, y se añaden, agitando frecuentemente, 75 a 100 cm³ de acetona. Después de la completa coagulación se retira el líquido acuoso, tratando el coágulo con agua a 40° ó 50°, hasta que en los lavados el agua resulte completamente incolora. Para que escurra bien el agua se coloca el betún sobre una placa de cobre y se comprime fuertemente con la mano. Después se calienta el betún a 130° para que desaparezcan los últimos vestigios de agua.

En las emulsiones extremadamente estables, la coagulación es muy lenta; para acelerarla pueden añadirse 2 cm³ de amoníaco concentrado.

Otro ensayo muy adecuado para separar el agua

en las emulsiones es mezclarlas con tolueno y calentar. La casa Poulenc Frères, de París, tiene un aparato sencillísimo para efectuar el ensayo.

La estabilidad de las emulsiones es interesantísima y debe estar comprendida entre ciertos límites, pues desde luego representa una garantía de que no se rompe la emulsión antes de su empleo; pero si la estabilidad es exagerada, puede no desintegrarse la emulsión al colocarla en obra.

El Laboratorio de Delft hace los siguientes ensayos de estabilidad de las emulsiones:

Tipo A poco estable: Primer ensayo. Se mezcla la emulsión con arena normal de la composición granulométrica siguiente:

Residuo en el tamiz núm.	10 (americano).....	0 %
» » » » 40 »	20 %	
» » » » 80 »	45 %	
» » » » 200 »	35 %	

La arena se trata previamente con ácido clorhídrico, se lava con agua, se seca y se calienta al rojo.

Se mezclan 30 cm³ de arena y 25 cm³ de emulsión, no debiendo haber coagulación inmediata.

Segundo ensayo: Se mezclan 10 cm³ de emulsión con 10 cm³ de agua y 30 cm³ de cemento portland que pase por el tamiz americano núm. 200. Debe haber coagulación antes de cinco minutos.

Tipo B estable: Primer ensayo. Mezclada la emulsión con agua y cemento portland en las mismas proporciones que en el ensayo anterior, la emulsión no debe coagularse en cinco minutos.

Segundo ensayo: 50 cm³ de la arena normal con la composición granulométrica fijada para el primer ensayo de las emulsiones poco estables se mezclan con emulsión que contenga 50 por 100 de betún asfáltico. Si la emulsión ensayada contiene más de 50 por 100 de betún asfáltico se diluye hasta obtener la proporción de 50 por 100. Se coloca la mezcla en un cilindro de cobre de 6 cm de diámetro y 2 cm de altura y se apisona bien. Después de veinticuatro horas se coloca el cilindro en agua, no debiendo mostrar la mezcla ningún indicio de reconstitución de la emulsión, y el agua debe quedar completamente incolora.

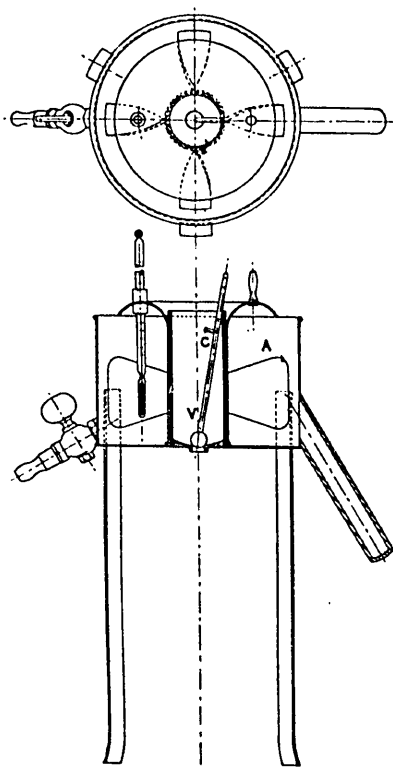
Estos ensayos de estabilidad de las emulsiones constituyen una novedad, y antes de pronunciarse sobre la conveniencia de darles carácter internacional, la Comisión consideró conveniente que se hagan sistemáticamente, en los diversos laboratorios, y que se presenten las observaciones que dicha práctica sugiera.

Los ensayos del betún, una vez separada el agua de la emulsión, se propone que sean los mismos a que han de someterse los betunes asfálticos. Diversas observaciones se hicieron respecto a esta propuesta, más que nada porque los betunes asfálticos separados de las emulsiones contienen muchos de los cuerpos que sirvieron para estabilizar. Dada la diversidad de éstos es muy difícil proponer un método general de separación y, por consiguiente, han de proseguir los estudios sobre el particular.

Los ensayos de alquitranes han sido los más fáciles de unificar, ya que hubo gran concordancia de pareceres, pues, como se vienen practicando hace mucho tiempo, se han afinado los métodos hasta tal punto, que la concordancia de resultados es perfecta. Solamente quedaba por determinar con precisión la correspondencia entre las indicaciones de las sondas

Hutchinson antigua y *junior* y el consistómetro E. P. C. Las primeras se emplean corrientemente; pero en los alquitranes demasiado fluidos es tan rápida la inmersión, que resulta muy difícil apreciar el tiempo. En Francia, particularmente, existen alquitranes muy fluidos, y para evitar el inconveniente antedicho, la Escuela de Puentes y Calzadas ideó el consistómetro E. P. C.; pero al tratar de unificar los ensayos se vió que existía considerable discordancia entre sus resultados y los de las sondas Hutchinson. En los ensayos comparativos efectuados en los diversos laboratorios se ha llegado a establecer la correspondencia; pero entretanto se ha descubierto el modo de poder aplicar a los alquitranes el ensayo de viscosidad, problema que se perseguía hace mucho tiempo. Presentado el aparato por el representante de Inglaterra, la Comisión se pronunció desde luego por su adopción, quedando las sondas para ensayos de recepción en obra y para alquitranes muy viscosos.

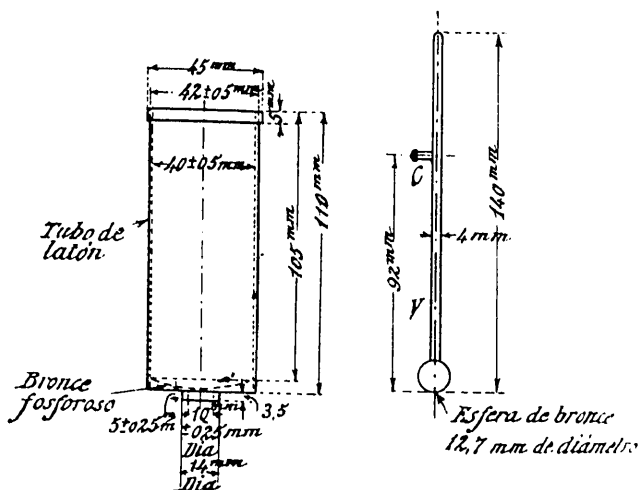
El aparato está representado en la figura 1.^a, y la copa donde se funde el alquitrán, en la figura 2.^a. Antes de hacer el ensayo se limpia bien la copa con un disolvente apropiado y se seca. Se coloca en ella el alquitrán, calentado previamente a una temperatura aproximada a 30° centígrados, hasta que el índice C del tapón (fig. 3.^a) quede justamente sumergido, y se lleva la copa al baño A. La temperatura del agua en el baño se hace que sea 30° y se espera hasta que el alquitrán en la copa tenga exactamente la misma temperatura. Puede admitirse una diferencia de 0,1°. Si el alquitrán queda a nivel más alto de la línea media del índice C cuando la varilla esté vertical, se quita el exceso.

Fig. 1.^a

Preparado el aparato, se coloca debajo del orificio de la copa una probeta graduada en milímetros cúbicos que contenga 20 mm³ de aceite mineral. Se abre la válvula esférica V, dejando el vástago dentro de la copa, apoyado en su borde por medio del ín-

dice C. Un contador de segundos se pone en marcha cuando la lectura de la probeta es 25 mm³, y se para cuando la lectura es 75 mm³. El número de segundos es la viscosidad del alquitrán a 30°.

Cuando los alquitranes son muy viscosos, el apa-

Fig. 2.^aFig. 3.^a

rato no da indicaciones perfectamente concordantes y conviene emplear la sonda Hutchinson.

Queda pendiente sólo, en cuanto a ensayo de alquitranes, la determinación de la naftalina. Ningún método sencillo ha podido encontrarse para determinarla con precisión, y, por consiguiente, se propone, por el momento, continuar con el método de cristalización, aunque a sabiendas de que no se obtienen con él resultados exactos. Otros métodos más precisos son extremadamente complicados y requieren emplear mucho tiempo, del que no disponen los laboratorios, pues generalmente los ensayos se acumulan en una época de corta duración y se pide rapidez en los resultados.

Aparte de los ensayos para betunes asfálticos, alquitranes y emulsiones, la Comisión internacional considera conveniente el estudio de otros que den a conocer el modo de comportarse las mezclas en obra. Muy interesante, respecto a este punto, es el ideado por el representante italiano, que denomina ensayo de plasticidad. Se refiere al medio de conocer el grado de compresión del asfalto colocado en obra y los morteros asfálticos. Consiste esencialmente en un tubo que se coloca verticalmente sobre el afirmado y que contiene una esfera que se apoya en el firme con un papel carbón interpuesto. Dejando caer cierto peso desde determinada altura se produce una marca en el papel, que indica la deformación del asfalto comprimido o del mortero asfáltico.

Los trabajos de la Comisión internacional no han, pues, terminado, y quedan puntos importantísimos por estudiar. Gran número de laboratorios extranjeros se ocupan de ellos, y como la técnica de los materiales bituminosos puede decirse que ha nacido del concurso de los ingenieros constructores con los de los laboratorios, sería de desear que en nuestro país se concediese en adelante mayor importancia a la parte experimental, creando en los laboratorios de que disponemos una sección dedicada a materiales bituminosos, sección que ahora sólo existe en muy pocos.

Manuel AGUILAR
Ingeniero de Caminos