

REVESTIMIENTOS DE CARRETERAS

MATERIALES ASFALTICOS LIQUIDOS

Por MARCELINO AHIJÓN, Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor una síntesis muy completa de la técnica para las aplicaciones de betunes fluidificados, que ha adquirido gran desarrollo en América del Norte, y cuyos satisfactorios resultados llevaron a nuestra Dirección General de Caminos a efectuar ensayos de cierta amplitud, de los que también se da cuenta en este interesante trabajo.

Los inconvenientes del empleo del betún puro en revestimientos de carreteras, son de dos órdenes: los primeros, debidos a la temperatura necesaria de aplicación del producto (unos 180°), muy próxima al "cracking" del material (210°), en que éste pierde parte de sus propiedades de cohesión y plasticidad, y los segundos, se derivan del rápido enfriamiento del mismo al extenderlo, disminuyendo en gran proporción sus condiciones de envolver por capilaridad al árido, lo que se traduce en defectos, a veces muy acusados, de adhesividad y compacidad del tapiz resultante.

Estos dos órdenes de inconvenientes han sido apreciados por técnicos y prácticos en esta clase de obras; el empleo de betunes "requemados" ha sido, y es, muy corriente, a veces por negligencia y otras para lograr una "mejor" facilidad en el extendido del producto; por otra parte, las condiciones de ejecución de la obra se supeditan a las más favorables para el empleo del material, cuando lógicamente éste debería reunir unas condiciones determinadas derivadas de la clase de obra y sus circunstancias.

Las emulsiones de betún fueron un primer paso para salvar estos inconvenientes, y sus múltiples y variados tipos y aplicaciones han llenado un capítulo de gran extensión en el proceso evolutivo de los revestimientos asfálticos, prestando flexibilidad al material para acomodarlo a las variadas circunstancias de tiempo y lugar. Su gran inconveniente es su peso muerto en agua, agente medio sin acción en el mejor de los casos y perjudicial en buen número de ellos.

Con la finalidad de resolver de manera completa aquellos órdenes de dificultades reduciendo al mínimo las perturbaciones en el material en sí y en sus aplicaciones, se ha recurrido a la fluidificación de los betunes, que, como se sabe, consiste en mezclar con un betún base un aceite o grupo de aceites hidrocarbonados convenientemente escogidos, de manera a obtener un producto resultante que presente la particularidad de transformarse, más o menos lentamente, de un *estado temporal*, que permite una aplicación fácil en cualquier momento, a un *estado definitivo*, en el cual el producto reúne las condiciones exigidas a los betunes puros empleados en los revestimientos.

Los aceites fluidificantes introducen, pues, en el producto bituminoso, dos clases de modificaciones:

1.ª Modificaciones temporales que afectan a la técnica, y facilidad de puesta en obra.

2.ª Modificaciones definitivas que se relacionan con el revestimiento mismo.

Las primeras se refieren a los elementos volátiles de los aceites fluidificantes, y las segundas, a los más estables; preferentemente la técnica de la fabricación se ha dirigido hacia los primeros para mejorar las condiciones de estado temporal, sin perjuicio de mejorar las definitivas, que se obtienen mediante la incorporación al betún base por oxidación de un grupo de aceites pesados que prestan una mayor flexibilidad al revestimiento.

Se ha discutido, aceptando la conclusión de que la aplicación de los betunes fluidificados sobre viejos revestimientos bituminosos mejora las condiciones de éstos, remozándolos debido a la acción de los aceites, activando la de los betunes envejecidos, muchas veces empleados con exceso en los revestimientos.

La fluidificación puede hacerse, en principio, con aceites derivados de la destilación de petróleos brutos (aceites de keroceno), gasolina, etc., o con aceites de alquitrán (aceites de antraceno) o derivados fenólicos, etcétera, etc.

La fluidificación, en principio, puede llevarse a cabo de dos maneras:

Fluidificación hecha en fábrica; los betunes así fluidificados, preparados o "cut-back", pueden ser empleados directamente o bien mezclándolos en obra con betunes puros en proporción fijada.

Fluidificación hecha en obra mediante incorporación al betún de aceites fabricados a este efecto, previo calentamiento de aquél, y vertidos en él agitando la mezcla algún tiempo.

A primera vista, este segundo procedimiento permitiría acomodar las condiciones del producto a aplicar, a las circunstancias de la obra o condiciones exteriores mediante la adición de mayor o menor cantidad de aceites.

Estas indicaciones anteriores no tienen otra finalidad que dar una idea del proceso y elementos bá-

sicos de la fluidificación de betunes; la técnica actual, producto de estudios y ensayos de una gran meticulosidad y precisión, tiene una mayor complejidad, y es a los Estados Unidos de América a quien ha correspondido este avance llevado a cabo en el establecimiento de revestimientos bituminosos.

* * *

Las condiciones de establecimiento de un revestimiento de tipo bituminoso son de una gran variedad; desde el simple riego para fijar el polvo, al hormigón asfáltico de espesor variable, hay una serie de tipos que sería prolijo enumerar. La adopción de uno determinado en cada caso viene aconsejada por la intensidad y clase de circulación que por el tramo de carretera se desarrolla y las inherentes a resistencia del suelo de sustentación, características climatológicas, etc., etc. A su vez, un tipo de revestimiento adoptado exige condiciones muy precisas en el árido, aglomerante y modo de empleo, aun cuando se intente resolver el caso, por lo general, sin esta precisión por lo que al ligante se refiere, forzando, como en toda "técnica" primitiva o rutinaria, la calidad de los materiales y su dosificación, estimando que con un gran margen de estos elementos, a sentimiento, queda resuelto con gran amplitud el problema constructivo. Este "método", en el caso que nos ocupa, además de carecer de técnica y ser antieconómico, es, por lo que se refiere al aglomerante, a todas luces perjudicial; la corta vida de muchos revestimientos y sus deficiencias en relación con una buena circulación, si en su construcción se han cumplido otras condiciones, hay que encontrarla en la dosificación de betún puro empleado como aglomerante sistemático en elevadas o desproporcionadas cantidades.

En descargo de este "modo de hacer" hay que hacer resaltar que el betún puro, aun empleado con clases de penetración variable, carece de propiedades que le hagan adaptable a la variedad y condiciones necesarias que definen cada tipo de revestimientos, muy especialmente en lo que se relaciona con la puesta en obra; de modo que, aun en el supuesto de un atento estudio de los elementos áridos en cantidad y calibre, peso, o volumen de aglomerante y procedimiento de ejecución, el revestimiento resultará un fracaso si el aglomerante no cumple la especificación apropiada al tipo de revestimiento a establecer. Así, pues, para resolver el problema de establecimiento de un revestimiento bituminoso que tiene una solución concreta y precisa, es absolutamente necesario partir de datos o elementos de condiciones bien conocidas para que, previa selección de los mismos, pueda llegarse a una solución real concordante con la teórica.

La técnica americana, especialmente, se ha dedicado atentamente al problema, y disponiendo de ele-

mentos y medios oficiales y de la ayuda de asociaciones de constructores, ha llegado a conclusiones cuyo conocimiento puede constituir la base de las normas modernas para el establecimiento de revestimientos bituminosos.

La directriz preferente de sus estudios ha sido, como era lógico, el aglomerante; la base de éste, el betún procedente de la destilación de petróleos brutos; al que se adicionan, mezclando el producto resultante íntimamente, materias de propiedades bien conocidas que, sin alterar fundamentalmente las del betún, de necesaria conservación, mejoren considerablemente otras, bien de manera temporal o definitiva.

Un primer punto era la conservación de la compleja estructura coloidal del betún; unos primeros ensayos, que están al alcance de cualquier *aficionado*, pueden demostrar que si se adiciona a un betún en caliente un aceite mineral para fluidificarlo, poco o mucho, se producen alteraciones en la estructura coloidal, acusadas a veces en floculaciones de los elementos de más sensible estructura, como son los asfaltenos, y siempre puestas de manifiesto si se reconstruye por evaporación del fluidificante y se ensayan las condiciones de penetración y adhesividad del betún residual, que serán diferentes a las del betún primitivo anterior a su fluidificación. En el mismo orden de ensayos se llegará a la conclusión de que aquellas alteraciones no son indiferentes a la clase de fluidificante empleado; de tal manera y en principio, los aceites antracénicos derivados del alquitrán, y más aun los fenólicos, son los que menos perturbaciones introducen en las propiedades del betún base. De otro lado, la acción destructora del agua de lluvia o riego sobre un revestimiento de betún fluidificado es proporcional a la clase de aceite empleado; desde este punto de vista, los fluidificados con derivados fenólicos son los menos resistentes a la acción del agua.

La cuestión, como se ve por estas elementales indicaciones, tiene una notable complejidad.

La corrección, en cada caso de fluidificante empleado, de las alteraciones producidas, en la medida de lo posible, se estudió y se llevó a efecto mediante la adición al producto resultante, de compuestos en ocasiones secreto de fabricación, pero de general conocimiento.

En resumen, América del Norte y Centro-Europa han llegado al establecimiento de una fabricación técnica del betún fluidificado, y su empleo se ha multiplicado de manera extraordinaria, más especialmente en la primera, que invadirá los mercados del mundo con el producto en fecha inmediata.

Refiriéndonos siempre y de modo especial a la técnica americana, la primera base de estudio y aplicación la constituye el establecimiento de una serie de tipos del producto con especificaciones definidas

y suficientemente concretas, aparecidas en 1932, redactadas y recomendadas por el U. S. Bureau o Public Road et l'Asphalt Institute, "para la aplicación de productos asfálticos líquidos".

Estos "materiales" se clasifican en tres grandes grupos, según el grado a que se llega en su índice de endurecimiento y rapidez del proceso para alcanzar éste. Se definen como de endurecimiento lento medio y rápido; los primeros tienen un índice de endurecimiento reducido, y su proceso para llegar a él tiene cierta amplitud; no así los medios y rápidos que deben cementarse, en la primera parte del proceso más o menos velozmente, pero siempre en un corto período de tiempo, continuando más lentamente en la segunda fase, después de la volatilización de los aceites más ligeros, constituyendo el aglomerante una mezcla de betún y aceites pesados incorporados al mismo, en parte apreciable, en la última fase del endurecimiento.

Los diferentes grados de endurecimiento y los variados procesos de éste se logran mediante apropiada cantidad de aceites y clases de los mismos; en general, los aceites empleados en los tipos "lentos" son de keroceno o antraceno, y en los medios y rápidos, compuestos de gasolina o nafta, etc.

Dentro de cada uno de los grupos de productos de asfaltos líquidos enunciados, y cuya nomenclatura es SC para los "lentos", MC para los "medios" y RC para los "rápidos", hay una serie de tipos para cada uno de ellos que van del 1 al 4 para los primeros, del 1 al 5 para los segundos y del 1 al 4 para los últimos, formando un total de 13 tipos de especificación y aplicación diferentes.

Dos factores determinan la especificación de cada tipo: uno, es la cantidad del betún, que si se parte del residual (resto de la destilación a 360°), oscila entre el 50 y el 82 por 100, y otro, es el contenido en aceites y clase de los mismos. El mayor contenido en betún actúa en el sentido de rapidez de endurecimiento, grado de éste y creciente viscosidad del producto; por el contrario, y en términos generales, la mayor proporción de aceite retarda el endurecimiento y amengua la viscosidad; pero, por otra parte, aquel retardo y esta disminución general vienen más regulados por el contenido de cada clase de aceites (grado de volatilización y viscosidad intrínseca de éstos).

Para una mejor comprensión de las condiciones de los diversos tipos de betunes fluidificados, establecemos una división de las clases de aceites que los integran, en la forma siguiente:

	Destilados hasta
Aceites ligeros	190°
" medios	225°
" semipesados	315°
" pesados	360°

En los gráficos que se insertan a continuación, en los cuales se ha tomado para eje de abscisas las temperaturas, y ordenadas los tantos por ciento de aceites fluidificantes que se destilan a aquéllas, en los diversos tipos del producto, pueden apreciarse las variaciones en la constitución de cada uno de ellos. (Gráfico núm. 1.)

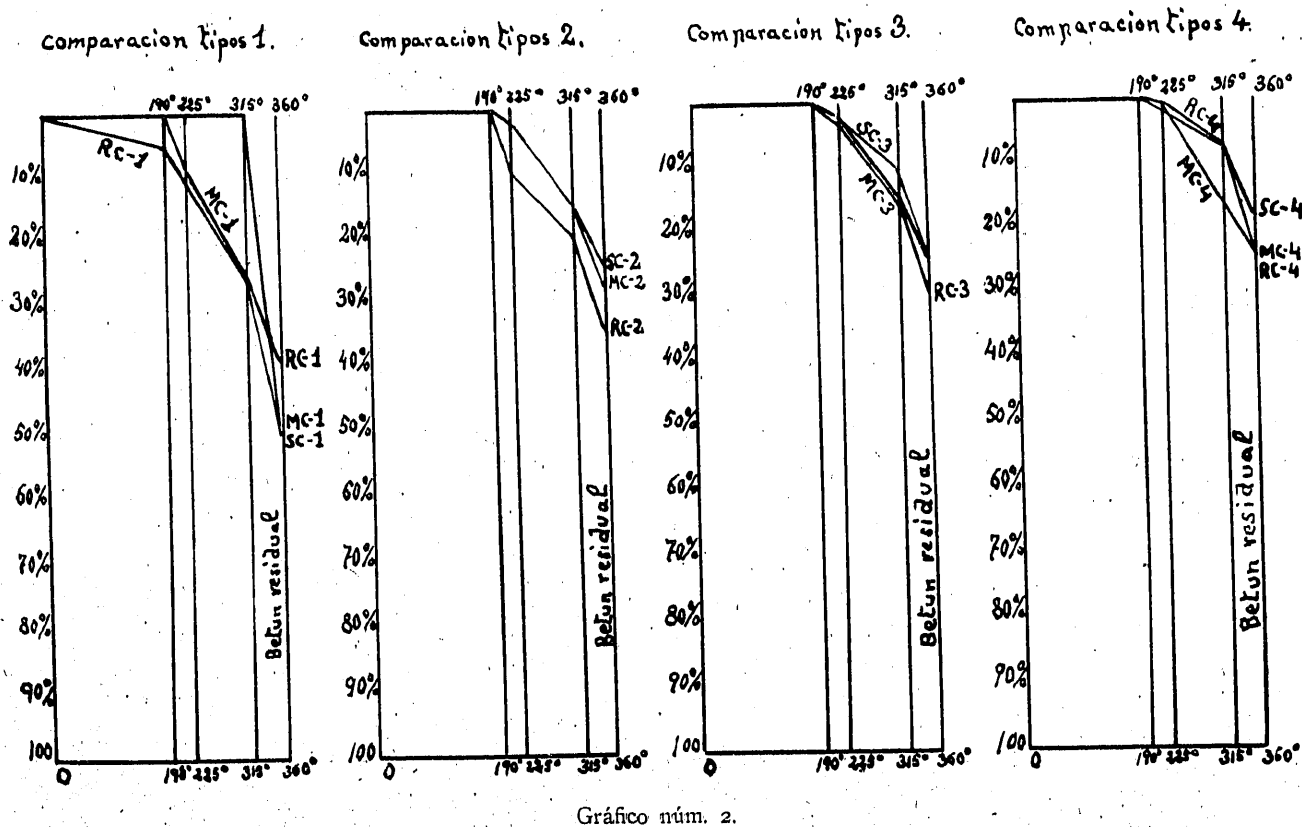
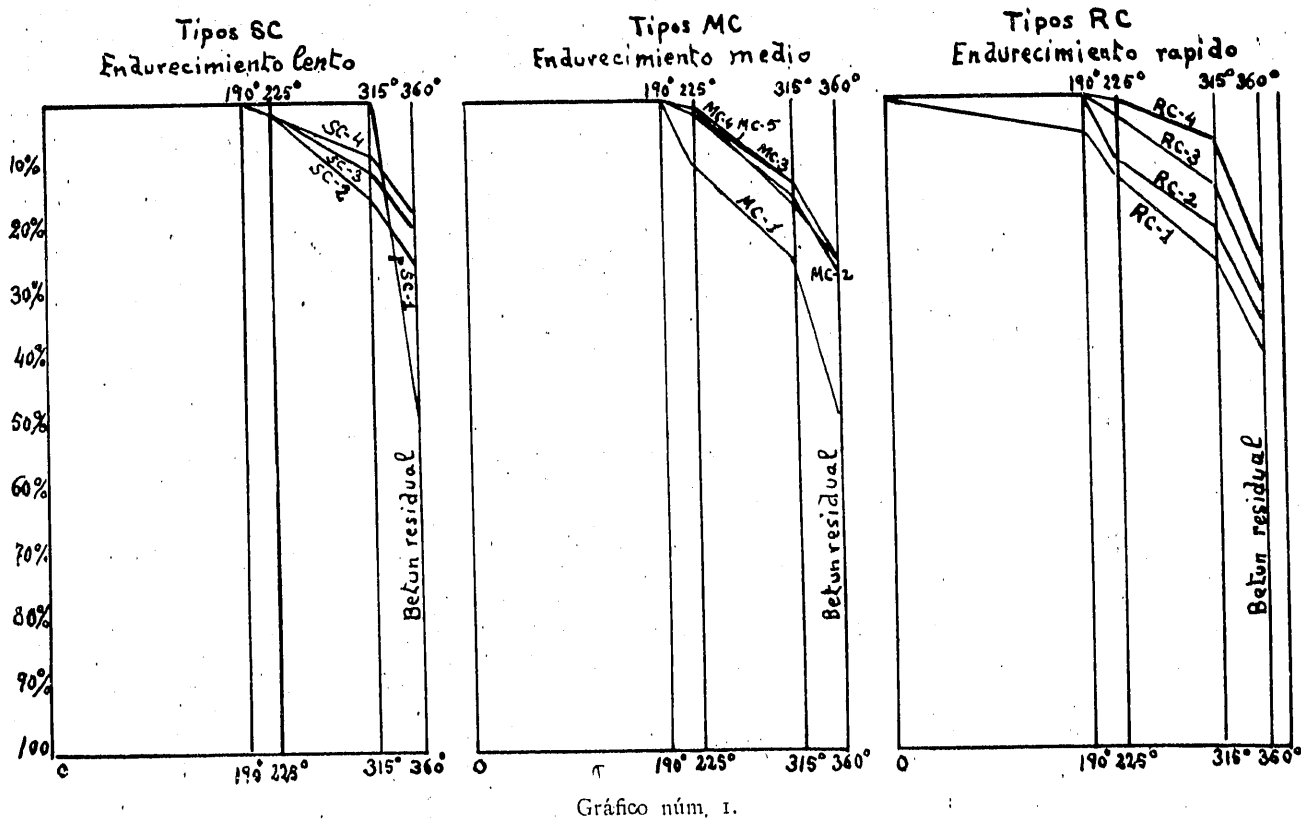
En el correspondiente al grupo SC, o de endurecimiento lento, el porcentaje de betún asciende del 50 % en el SC-1 hasta el 82 % en el SC-4; en ninguno de los tipos existen aceites ligeros, siendo muy reducida la de medios (el 2 %), careciendo de los mismos el SC-1; el porcentaje de los semipesados, que es nulo en este tipo, disminuye del 13 % (SC-2) al 6 % en el SC-4, y el de los pesados alcanza al 50 % en el SC-1 y se estabiliza en el 10 % en los tres tipos restantes.

Con estas características se obtiene un primer tipo, el SC-1, de endurecimiento muy lento, de viscosidad media a 25° en viscosímetro Saybott Furool de 85 segundos, y creciente para cada uno de los tipos siguientes: 260 segundos a 50°, para el SC-2; 225 segundos a 60°, para el SC-3, y 450 segundos a la misma temperatura, para el SC-4.

Esta condición específica de la viscosidad, que se relaciona directamente con la adhesividad hasta un cierto grado y con la compacidad de la mezcla de agregados y producto a base de un calibrado conveniente de los primeros, determina en primer término las aplicaciones y modo de empleo del producto, sin oponerse de una manera absoluta a las que aconsejan las características impresas por el grado de volatilización de los aceites. Así, pues, el SC-1 puede emplearse a temperaturas medias directamente, sin mayor calentamiento, señalándosele más especialmente como producto adecuado para fijar el polvo, equiparándole a las emulsiones de reducida viscosidad de alquitrán. El agregado debe ser de tamaño fino; como máximo, arena gruesa.

Los tipos SC-2, SC-3 y SC-4, con porcentajes de betún muy poco diferentes y con cantidades de aceites medios y pesados iguales, varían en sus características por el contenido de aceites semipesados, lo que determina órdenes de viscosidades de acusada diferencia. El SC-2 y SC-3 pueden emplearse en mezclas de obra con calentamiento medio, aun cuando el último, en condiciones climatológicas adversas, no es aconsejable su empleo en esta forma, sino fabricándolo mecánicamente. El SC-4, obligadamente ha de ser aplicado previa mezcla mecánica con los agregados, cuyo calibre, así como el de los SC-2 y SC-3 no deberá exceder de 2,5 cm., con la debida proporcionalidad entre gruesos y finos, y admitiendo un porcentaje apreciable de elementos que pasen por el tamiz número 200.

La aplicación de estos tipos está indicada para confección de hormigones asfálticos, dependiendo el



empleo de uno u otro del espesor del revestimiento y condiciones exteriores, pudiendo adoptarse el SC-2 en determinadas circunstancias para riegos de penetración, aun cuando no sea enteramente recomendable.

El análisis de los grupos MC y RC, con detalle, puede hacerse a la vista de los gráficos correspondientes; sus características son, o están establecidas, en un orden similar a las del grupo SC, acusándose en el segundo (MC) y acentuándose en el tercero (RC) las condiciones de un más rápido endurecimiento, pese a la disminución del porcentaje de be-

capas de imprimación, empleándose como agregado arena y hasta gravilla de reducido calibre.

El tipo RC-1 se distingue a su vez del MC-1, en que el betún aumenta hasta el 60 %, con lo que se actúa por este lado en mayor rapidez de endurecimiento, activada por la disminución del porcentaje de aceites al 40 % y clase de los mismos.

Ligeros	5 %
Medios	7 %
Semipesados	13 %
Pesados	15 %

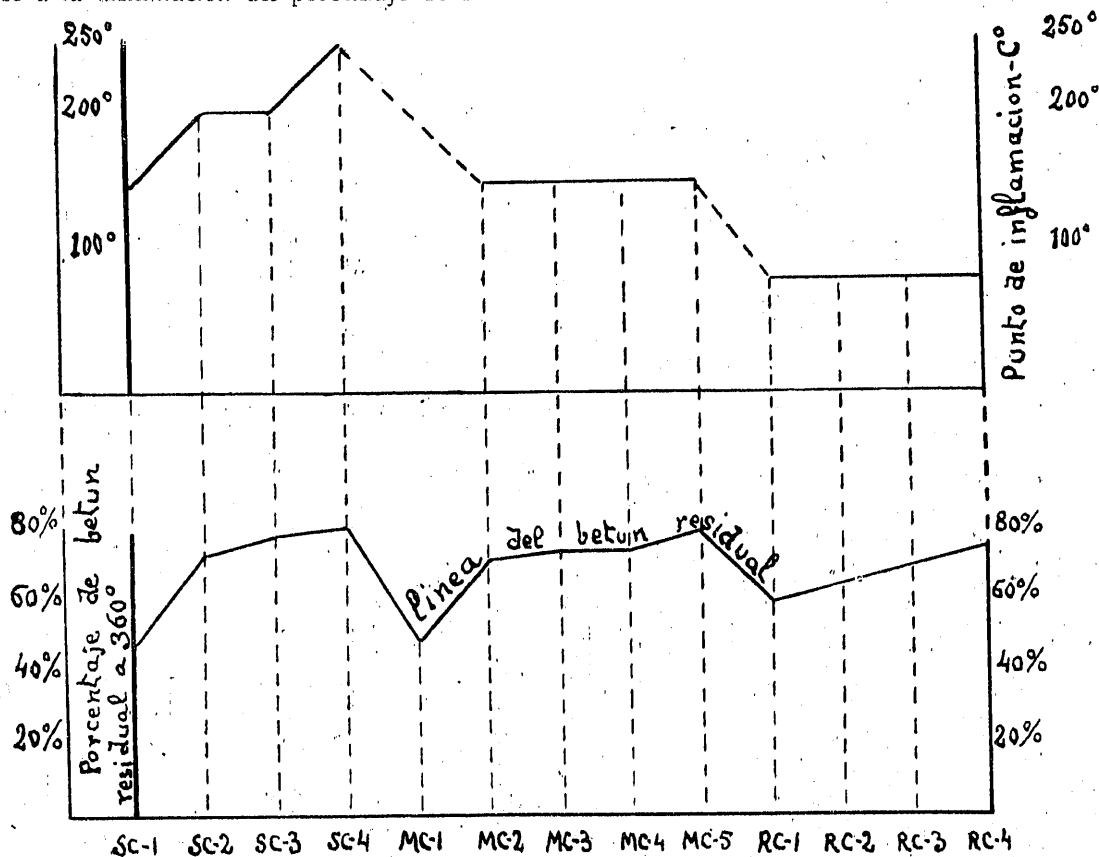


Gráfico núm. 3.

tún, debido al aumento de aceites en general más volátiles, más particularmente en el grupo RC.

Dos tipos, sin embargo, son dignos de una mayor atención: los MC-1 y RC-1; el primero contiene un porcentaje de aceites igual al SC-1, y su viscosidad es muy semejante a la de éste; la diferencia reside en que los aceites fluidificantes, en vez de ser de tipo pesado enteramente, se subdividen en:

Medios	10 %
Semipesados	15 %
Pesados	25 %

lo que se traduce en mayor rapidez en el endurecimiento del producto. Su aplicación está indicada para

Sus aplicaciones típicas son los tratamientos superficiales, y el calibrado de los áridos puede ser variable, pero estimamos que no debería exceder de 12 o 15 mm., con proporcionalidad entre gruesos y finos, quizá con exclusión de elementos que pasen por el tamiz número 200.

En el gráfico núm. 2 se hacen unas comparaciones en el contenido de aceites entre los números correlativos de cada tipo.

El contenido en betún y el punto de combustión o "punto de llama", índice de gran importancia a tener en cuenta en los empleos en obra del producto, pues no hay que olvidar la clase fluidificante que se

ción de uno u otro de éstos de las características de la obra, y más particularmente las exteriores, que determinarán su adopción, y de las condiciones de la circulación que por los tramos de carretera se des-

Las aplicaciones de cada clase y tipos dentro de cada grupo son correlativas, dependiendo la aplica-

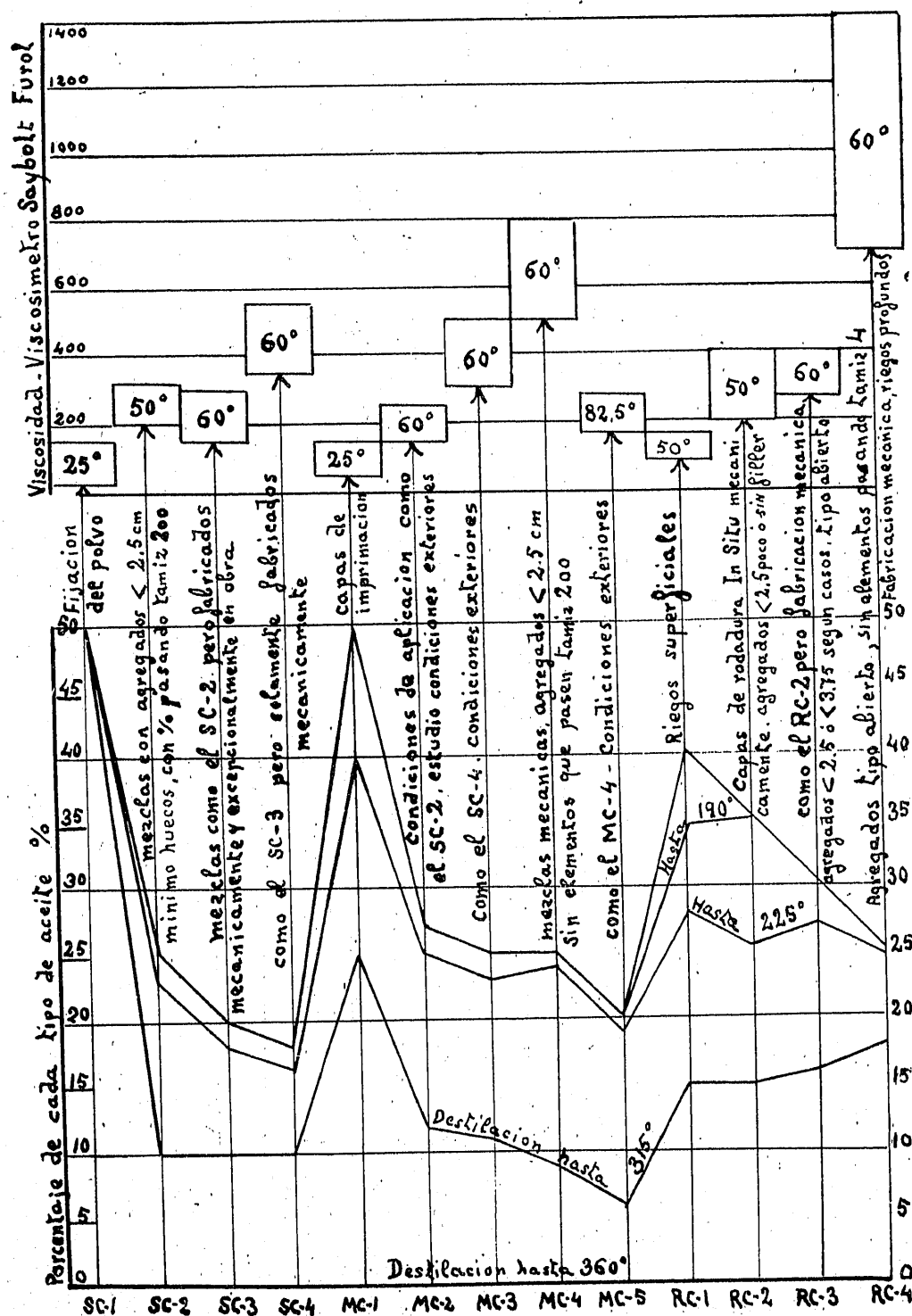


Gráfico núm. 4.

arrolle, y particularidades de ésta, aconsejarán los de endurecimiento lento, medio o rápido, según el apremio de la puesta en servicio del camino, bien entendido que la velocidad del secado no es absoluta para unas características determinadas del producto, sino que viene influenciada de modo acentuado por

las condiciones climatológicas del lugar. Un tipo adoptado, el RC-1, o el 2, por ejemplo, aconsejable en primavera u otoño para riegos superficiales, no lo será en el mismo lugar en verano, debiendo, posiblemente, adoptarse el correlativo del grupo MC. Las condiciones de altitud, orientación de un tramo de

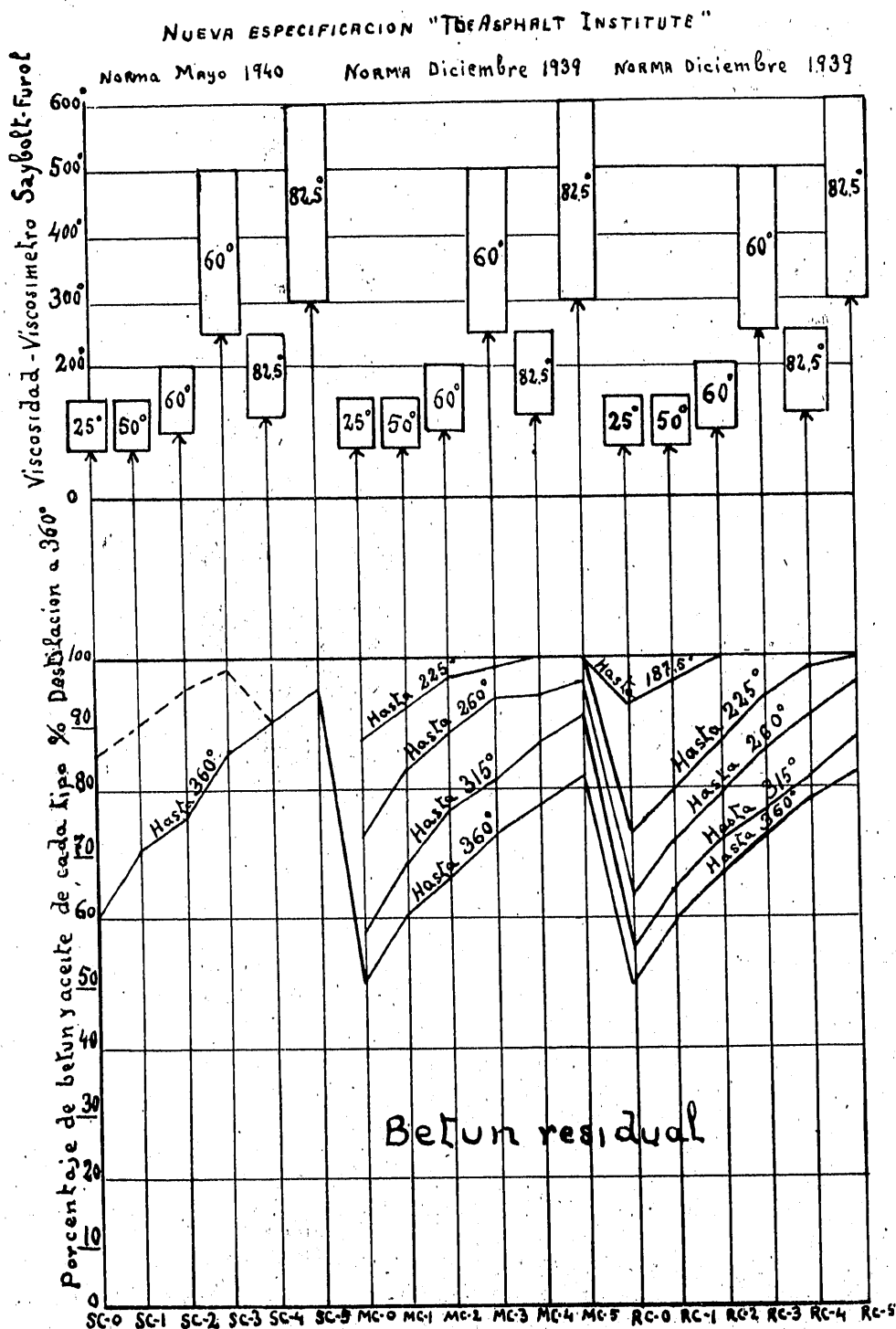


Gráfico núm. 5.

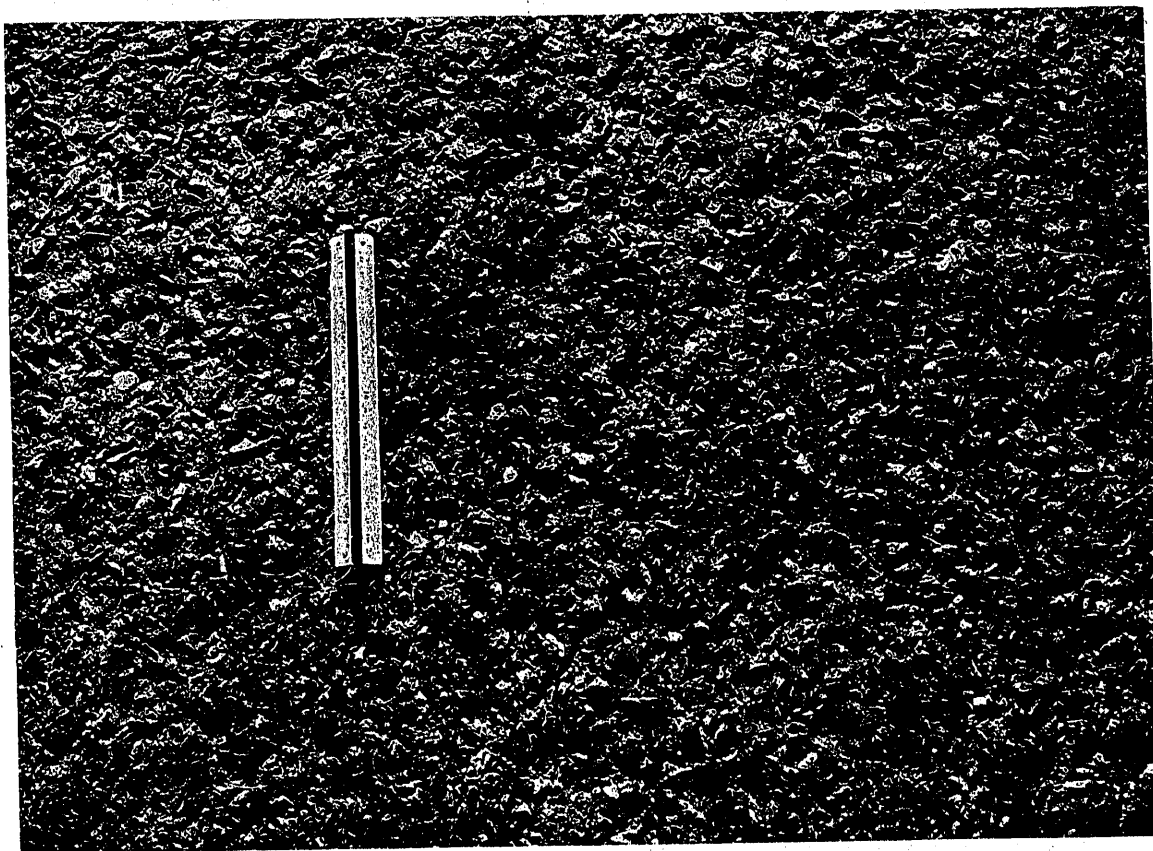
carretera, si no son idénticas al anterior, aconsejarán la adopción de dos tipos distintos dentro de un grupo o de tipos similares de dos grupos diferentes.

Una idea general de las propiedades de cada tipo y grupo se ha pretendido definir en el gráfico número 4, que contiene las más esenciales de cada uno de ellos.

Quizá para el constructor poco acostumbrado a estos horizontes de la técnica de los revestimientos

pos de endurecimiento lento, medio y rápido y sus nomenclaturas SC, MC y RC, establecían seis tipos del primero, que van del SC-0 al SC-5; seis del segundo, que comienzan con el MC-0 y terminan con el MC-5, y, por último, otros seis tipos del RC-0 al RC-6.

En el gráfico número 5, y de manera similar al gráfico número 4, se han llevado a él los 18 tipos que señalan las últimas mencionadas normas.



C. N. Madrid-Coruña. Riego con betún fluidificado. Foto de la superficie después de la aplicación.

asfálticos le produzca cierta perplejidad el número de tipos y sus variadas características, sistema poco propicio a las aplicaciones rutinarias que han prevalecido tanto tiempo en las aplicaciones de aglomerantes bituminosos; pero, a poco que dirija su atención al problema, obtendrá la conclusión de que estas directrices son las que pueden conducir a la concreta resolución del mismo en cada caso.

Esta sucesión de tipos, con parecer numerosa a primera vista, se consideró insuficiente por los técnicos y constructores americanos que, en diciembre de 1939 y mayo de 1940, procedieron a la revisión de los mismos, recomendando "The Asphalt Institute" unas nuevas normas que, conservando los gru-

Sin intentar un análisis detallado de estos tipos, que se sale de las proporciones de esta breve exposición, si queremos llamar la atención sobre la fijación de las viscosidades asignadas a los tipos de cada grupo; éstas se establecen iguales para cada tipo correlativo, a diferencia de lo establecido en las normas de 1932. Esta razonable modificación está justificada por la igualdad de condiciones interiores de cada clase de revestimiento en relación con la ejecución del mismo, y el proceso de endurecimiento de aquél será variable según el grupo empleado.

Otro orden de modificaciones de las últimas normas, en relación con las de 1932, se refiere muy especialmente al contenido de aceites pesados (destila-

dos entre 315 y 360°), más particularmente en los tipos más bajos de cada grupo. La disminución del porcentaje de este tipo de aceite en los mismos es notoria y acentuada desde los SC, pasando por los MC a los RC; esta disminución se compensa con un mayor volumen de los aceites destilados entre 225° y 315° en los MC, y entre los 190° y 225° en los RC, en líneas generales.

Estas variaciones tienen una razón primordial

nes aproximadas al revestimiento; la segunda se comprueba tratando aquellos aceites por diversos productos, entre los cuales se puede citar el cloro. El proceso en uno u otro caso ha de ser similar, pero en el segundo se evidencia actuando, por ejemplo, sobre un asfalto blando por medio de cloro a una temperatura elevada, obteniéndose un asfalto de fractura brillante y aspecto cristalino que funde a temperaturas superiores a 150°.



Aplicación de betún fluidificado. C. N. Madrid-Coruña, Km. 20.

concordante con las viscosidades fijadas, pero afectan al "régimen definitivo" del aglomerante en el revestimiento, de que al principio se ha hablado. En efecto, son los aceites pesados procedentes de la destilación del petróleo, o sus similares, los que, por oxidación o deshidrogenación, tienen la propiedad de convertirse parcialmente en asfaltos.

Esta transformación se efectúa de manera natural, con una larga exposición a la luz y al aire, o por la acción de agentes químicos de manera inmediata. La primera es de difícil o, por mejor decir, de dilatada comprobación, y puede hacerse obteniendo muestras del revestimiento en diversas épocas de su vida, o en laboratorio, construyendo probetas en condicio-

Comprobado el proceso de oxigenación de los referidos aceites, el detalle es ya más complejo. Partiendo de un porcentaje de aceites pesados en un betún fluidificado, la transformación lenta de aquéllos en asfalto, por exposición natural a los agentes exteriores, es un proceso de cierta irregularidad, en tiempo y en propiedades del asfalto obtenido; la cuestión no se presta a lo concreto al salir de la hipótesis; la transformación se produce; pero, en ¿qué cuantía, en qué tiempo y a qué producto se llega?

El proceso tiene el máximo interés, pero no hay que olvidar que la razón fundamental de la fluidificación de los betunes era la de introducir en ellos las "modificaciones temporales" para su adecuada

puesta en obra y consiguiente proceso de endurecimiento; ello exige unas óptimas condiciones de viscosidad del producto y volatilización de los aceites; esto ha de ser primordial; en ese sentido, las normas de 1939 y 1940 suponen una rectificación de criterio con respecto a las de 1932, con sus elevados porcentajes de aceites de tipo pesado, estabilizados en el revestimiento hasta su transformación en asfalto, proceso este último ciertamente indeterminado en tiempo.

* * *

La teoría de las aplicaciones de los betunes fluidificados y sus satisfactorios resultados, llevó a la Dirección General de Caminos, en el invierno pasado, a efectuar ensayos de cierta amplitud; a este fin se adquirió en Portugal una partida del tipo MC-2, que iba a ser ensayado en algunas vías de esta Nación, y se hicieron aplicaciones del mismo en la carretera de Madrid a La Coruña, kilómetros 20 al 22.

Mr. Furlow, técnico americano comisionado para estas aplicaciones en Portugal, nos señaló que el empleo del tipo de betún mencionado estaba indicado en mezclas previas y para revestimientos de espesor de unos tres centímetros; con ciertas reservas admitió su aplicación en riegos superficiales sobre el envejecido tapiz bituminoso de los mencionados kilómetros a razón de 1 Kg., o poco más, por m.². El árido se acopió en las condiciones señaladas por él, dos tercios de calibres entre 8 y 22,5 mm., y un tercio entre 1 y 8, acopiados separadamente; el tiempo fué frío y con lluvias recientes; la aplicación constituyó un éxito, aun cuando el endurecimiento fué muy lento; pero la superficie quedó perfecta y el aglomerante absorbió toda la gravilla desde el primer momento, como puede verse en las fotos que se acompañan.

Este resultado satisfactorio impulsó a la Dirección General de Caminos a intensificar las aplicaciones, y hasta la fecha, los empleos en curso en diferentes provincias de diversas condiciones de clima, comprenden unas 1 600 toneladas; el tipo que se emplea es el RC-2, que, en pleno verano y en zonas cá-

lidas, tal vez sea de reducida viscosidad y muy rápido endurecimiento.

* * *

El conocimiento de las especificaciones y la práctica de ensayos en cada caso, viene regulado en las nuevas normas detalladamente estudiadas; un índice de unas y otros, comprende:

- a) Comprobación de la viscosidad a diferentes temperaturas (25°, 50°, 60° y 82,5°).
- b) Destilación total hasta 187,5°, 225°, 260°, 315° y 360°.
- c) Residuo de destilación a 360°.
- d) Ensayo del residuo de destilación:
Penetración a 25°, 100 gr., 5 segundos.
Ductilidad a 25°.
Solubilidad en el tetracloruro de carbono.
- e) Punto de inflamación.

Los métodos de ensayo son los siguientes:

1. Viscosidad (Saybolt Furol): "American Society for Testing Materials". Standard Method D 88-38.
2. Agua: "American Society for Testing Materials". Standard Method D 95-30.
3. Punto de inflamación (Cleveland Opend Cup): "American Society for Testing Materials". Standard Method D 92-33.
4. Destilación: "American Society for Testing Materials". Standard Method D 402-36.
5. Ensayo por flotación: "American Society for Testing Materials". Standard Method D 138-27.
6. Residuo de asfalto de 100 penetración: "American Society for Testing Materials". Standard Method D. 243-36. Penetración: Idem, íd. íd., D 5-25.
7. Ductilidad: "American Society for Testing Materials". Standard Method D 113-39.
8. Solubilidad en el tetracloruro de carbono: "American Society for Testing Materials". Standard Method D 4-27.