

LOS LIGANTES PARA RIEGOS SUPERFICIALES

Por MANUEL VELAZQUEZ VELAZQUEZ

Ingeniero de Caminos.

En este trabajo se estudian los diversos tipos de ligantes que pueden emplearse para la ejecución de riegos superficiales, sus ventajas e inconvenientes y las exigencias que imponen al conjunto de la obra. Tiene un carácter eminentemente práctico que lo hace de gran utilidad

Los riegos superficiales son un medio económico y rápido para dotar a los firmes de carreteras de una capa de rodadura resistente al desgaste, antideslizante e impermeable.

El proceso constructivo que todos conocemos es extremadamente sencillo: bachear el firme, limpiarlo, extender el ligante, extender la gravilla y apisonarla, con lo que el riego queda terminado.

Parece que un sistema constructivo tan sencillo, tan claro, tendría que dar buenos resultados en todos los casos, pero la experiencia demuestra que no es así. El porcentaje de riegos realizados que terminan con un fracaso relativo es bastante importante, lo que es comprobación evidente de que existen dificultades no aparentes a primera vista.

A poco que se reflexione sobre ello, se encuentra cuál es el origen de estas dificultades: la falta de adherencia entre gravilla y ligante.

El tratamiento superficial terminado consta de tres elementos o fases fundamentales: firme, ligante y gravilla, y es preciso, para un buen resultado, que el firme sea resistente y de superficie regular, que la gravilla sea dura y antideslizante y que exista una perfecta adherencia del ligante y las otras dos fases. Desde luego, la adherencia entre dos elementos es función de las propiedades de ambos, de forma que en caso de falta de adherencia entre piedra y ligante, no puede decirse, en general, que uno cualquiera de estos elementos sea inadecuado para su misión, sino que lo es el conjunto de ambos, lo que exige modificar uno de los dos, adaptándolo a las modalidades del otro.

No obstante, las condiciones económicas de las obras imponen generalmente los tipos de piedra a emplear en el firme y en la fabricación de gravilla, dejando al Ingeniero una elasticidad mucho mayor en cuanto a la elección de ligante se refiere. En efecto, los materiales más voluminosos y pesados a emplear en la construcción del firme y en su riego superficial son la piedra y la gravilla, lo que exige, en general, el empleo de fuentes de suministro tan próximas a la obra como sea posible, mientras que el ligante, además de representar una proporción muy pequeña del volumen total de materiales, tiene un transporte de

magnitud similar para todos los tipos. Por otra parte, el precio del ligante sólo supone un 20 por 100 del presupuesto total del riego, por lo que sus variaciones tienen relativamente poca trascendencia en el costo total de la obra.

Todas estas razones demuestran que el problema más importante que se nos plantea al proyectar un riego es, sin duda alguna, el de la elección de ligante. La modificación que por costo directo puede representar en el presupuesto de la obra la elección de un tipo u otro de ligante, es muy pequeña, pero la trascendencia de la elección es enorme, puesto que de ella depende, en la mayoría de los casos, el éxito o fracaso de la obra.

También es conveniente tener en cuenta las exigencias que en cuanto a material auxiliar imponen los diversos tipos de ligante y su mayor o menor sensibilidad a los errores y malas prácticas de construcción.

Por ello consideramos muy interesante el dedicar este trabajo a una discusión general de los diversos tipos de ligantes existentes, sus ventajas e inconvenientes y las exigencias que imponen al conjunto de la obra.

Los ligantes fundamentales empleados en la construcción de carreteras son el alquitrán, procedente de la destilación de la hulla, y el asfalto o betún asfáltico, residuo pesado de la destilación de determinados crudos petrolíferos.

Desgraciadamente, a pesar de reunir los alquitranes algunas propiedades apreciables como ligantes para construcción, entre ellas la muy interesante de su moderado precio, determinados factores económicos, principalmente su gran valor como materia prima para la industria química, están dando lugar a una importante disminución en los suministros de alquitranes a las carreteras, lo que nos mueve a prescindir de ellos en este estudio, centrando nuestra atención exclusivamente en los ligantes asfálticos.

* * *

El asfalto puede utilizarse de tres formas fundamentalmente distintas: puro, fluidificado y emulsificado.

1. El *asfalto* puro es producto que se presenta comercialmente en una gama de calidades caracterizadas por su viscosidad en los tipos de consistencia líquida, y por la característica denominada penetración en los de consistencia semilíquida o sólida. En nuestro país sólo se emplean actualmente los tipos de consistencia semisólida o sólida, de los que disponemos de tipos de penetración comprendida entre 30 y 200 (25° C., 100 gr. 5 seg.).

Como fácilmente se deducirá del resto de este trabajo, el *asfalto* no es material adecuado para su empleo como ligante para riego, pero, por una parte, en nuestro país se emplea aún muy frecuentemente, y por otra, para ver sus inconvenientes es necesario partir de la hipótesis de que se realiza, motivos por los que discutimos extensamente su utilización.

Para regar el *asfalto*, se le calienta hasta que su viscosidad es lo suficientemente baja para pulverizarse adecuadamente. Una vez extendido, su viscosidad aumenta rápidamente por enfriamiento, hasta volver a la que corresponde a la temperatura ambiente, en cuyo momento, si el tipo de *asfalto* empleado es el adecuado, debe tener la resistencia necesaria para cumplir su misión que, en el caso de los riegos superficiales, es sujetar la gravilla.

2. El *asfalto fluidificado* o *cutback* surgió como solución al problema de las elevadas temperaturas a que es preciso calentar los betunes para lograr viscosidades que hagan fácil su manejo en estado líquido. Los *cutbacks* contienen de un 18 a un 50 por 100 de disolvente de tipo diverso, según la rapidez de curado deseada. En los de curado rápido, el disolvente es una gasolina; en los de curado medio, un *keroseno*, y en los de curado, lento, un *gas-oil* ligero.

La adición de disolventes rebaja la viscosidad del *asfalto* lo suficiente para, en el caso de los tipos más fluidos, permitir su riego en frío. En los tipos más viscosos es necesario un calentamiento complementario que disminuya aún más su viscosidad. Una vez extendido el ligante, su viscosidad aumenta primeramente por enfriamiento y después por evaporación del disolvente, proceso más lento en general.

3. Las *emulsiones de asfalto* en agua surgieron posteriormente y con ellas se consiguió el transporte y aplicación del *asfalto* manejando exclusivamente un producto en estado líquido y no inflamable, con contenidos de *asfalto* que pueden llegar, en los tipos usuales, hasta el 70 por 100. Las *emulsiones* se dividen en dos categorías de propiedades muy diferentes: *emulsiones aniónicas* o *básicas* y *emulsiones catiónicas* o *ácidas*.

En las *emulsiones aniónicas*, las partículas de *asfalto* tienen carga eléctrica negativa, por lo que la adherencia a los áridos electropositivos o *básicos* es óptima. Su adherencia a los áridos ácidos es dudosa, si no se recurre a algún tipo de activación. En todo caso, la rotura de las *emulsiones aniónicas* está condicionada a la pérdida por evaporación de parte del agua.

En las *emulsiones catiónicas*, las partículas de *asfalto* tienen carga eléctrica positiva, lo que justifica su perfecta adherencia a los áridos ácidos, pero, por un fenómeno en cuyo detalle no entraremos, también es buena su adherencia a los áridos *básicos*. La rotura de las *emulsiones catiónicas* es siempre de carácter químico y se produce inmediatamente al contacto con los áridos.

* * *

Las propiedades deseables en un ligante para riego son:

a) Que pueda aplicarse con la dosificación necesaria y con precisión suficiente, utilizando los equipos de riego existentes.

Para ello es necesario, en primer lugar, que la viscosidad del ligante a la temperatura de empleo permita el uso de las bombas y pulverizadores de los equipos de riego.

El Instituto del *Asfalto*, de los Estados Unidos, ha establecido muy recientemente (abril 1959) la recomendación de empleo de los ligantes para riego a tal temperatura que su viscosidad esté comprendida entre 25 y 100 seg. Saybolt-Furol, estando indicadas las viscosidades más altas de este margen para riegos de sellado o penetración sobre superficies abiertas y las viscosidades menores en el caso de aplicación sobre superficies cerradas. Los equipos de riego con bomba accionada por motor, son perfectamente capaces de pulverizar ligantes con estas viscosidades, pero las bombas de accionamiento manual, que frecuentemente se emplean en nuestras carreteras, suelen ser inadecuadas para regar productos de viscosidad superior a 40 seg. Saybolt-Furol.

El cuadro de la figura 1.^a da las relaciones viscosidad-temperatura de la gama de ligantes producidos por un fabricante de los Estados Unidos, que corresponden con bastante exactitud a las de los ligantes existentes en el mercado español. Este cuadro ha sido difundido por la ASTM (1), subrayando que estas curvas corresponden a los productos de una refinería determinada, ya que las variaciones de unos fabricantes a otros pueden ser considerables, por lo que el Instituto del *Asfalto* recomienda que previamente a la determinación de la temperatura de riego se determine la curva viscosidad-temperatura del ligante a emplear. El cuadro de la figura 2.^a da las relaciones viscosidad-temperatura de los *cutbacks* y betunes *asfálticos* existentes en el mercado español. En el cuadro americano están incluidas las *emulsiones aniónicas* de alta viscosidad que ellos emplean. Las *emulsiones* que se usan normalmente en España tienen viscosidades mucho más bajas y pueden emplearse en frío.

(1) American Society for Testing Materials.

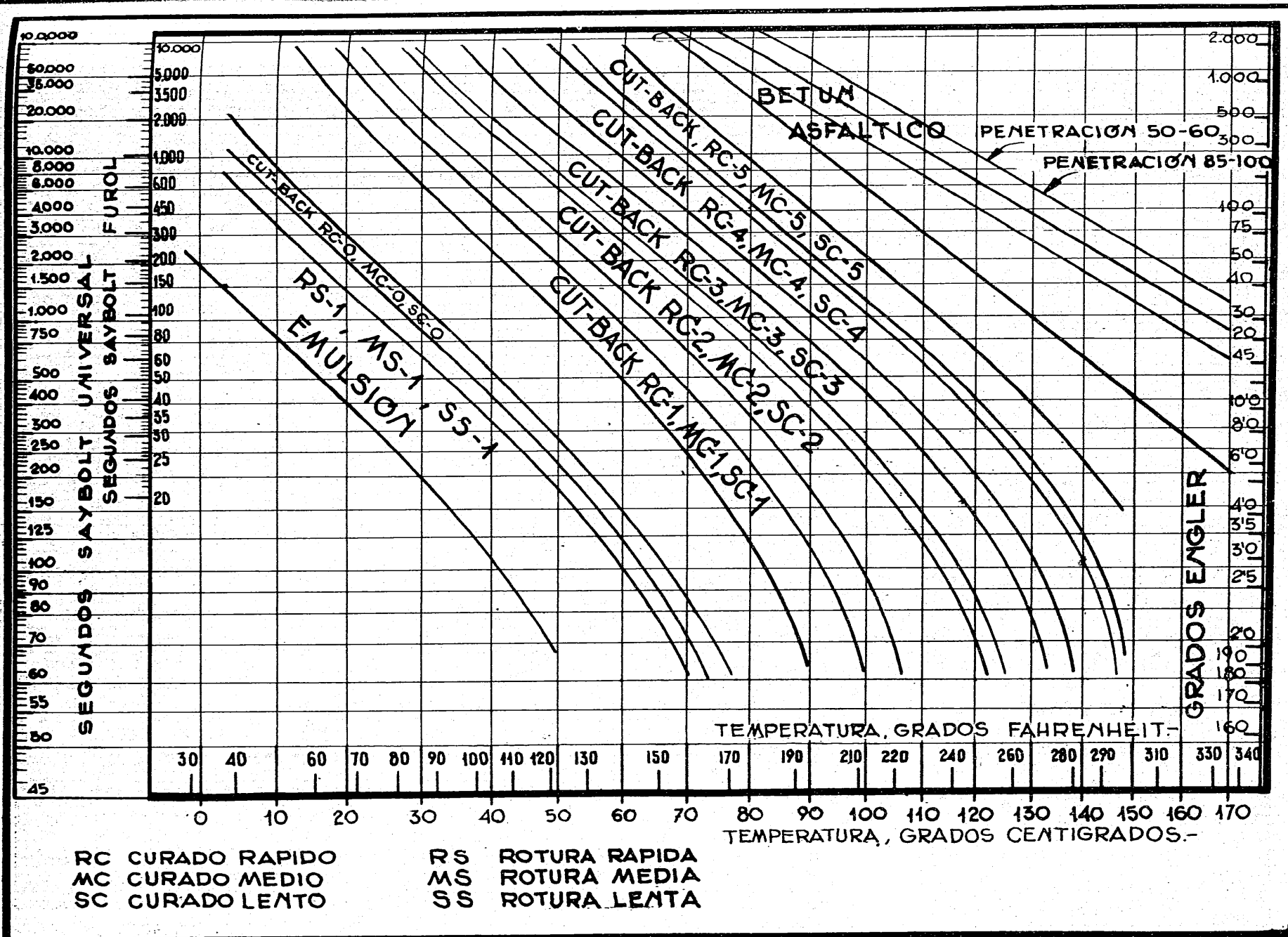


Fig. 1.^a — Curvas A.S.T.M. viscosidad/temperatura.

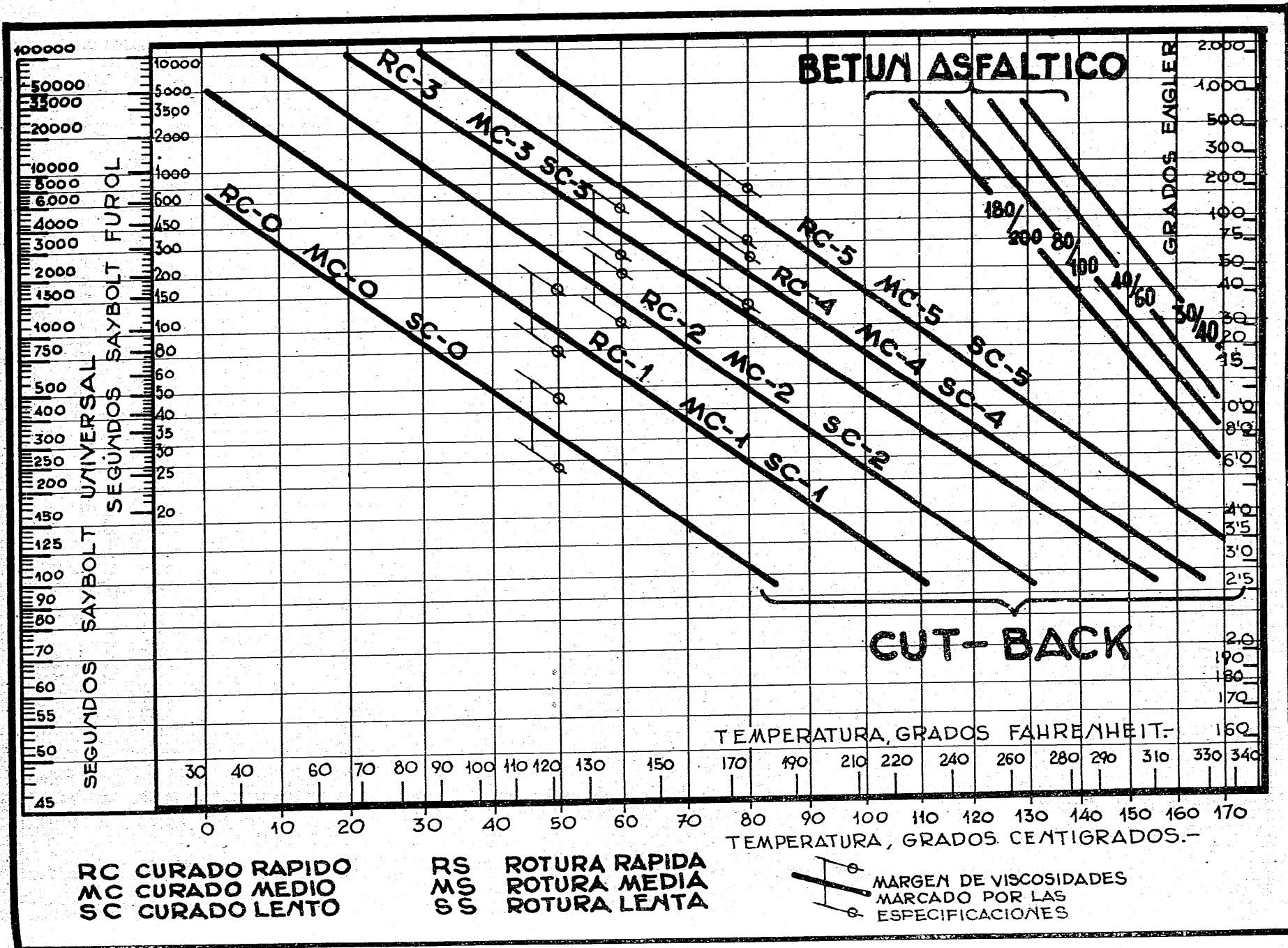


Figura 2.ª

De la figura 2.^a podemos deducir los valores aproximados de las temperaturas de los distintos ligantes españoles para alcanzar los valores indicados de la viscosidad, que son los siguientes:

	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Cutback RC-0	28	58
» RC-1	50	82
» RC-2	66	98
» RC-3	82	115
» RC-4	93	130
» RC-5	108	150
Betún 180/200	138	175
» 80/100	148	186

Estos valores corresponden exclusivamente a los ligantes cuyas curvas viscosidad-temperatura se han

delicados en este aspecto son los tramos de tubería existentes en muchos modelos de distribuidores entre el circuito de circulación del ligante y los pulverizadores (fig. 3.^a). En conjunto, el riego con camión regador aconseja excluir el empleo del asfalto puro, pues ni el cuidado más extremado en la limpieza y conservación del equipo puede evitar obstrucciones accidentales de algún pulverizador que se reflejan sobre el camino en forma de estrías longitudinales sin ligante, que deben retocarse después con pulverizador de mano, y ocasionan siempre calvas o exudaciones (por exceso en la corrección) en el riego terminado. El empleo de camión regador debe quedar limitado, pues, a *cutbacks* y emulsiones.

El empleo del betún para riego sigue presentando las mismas dificultades cuando se emplean distribuidores con lanza de riego manual, pero sus defectos son menos temibles, porque si no existe más que un pulve-

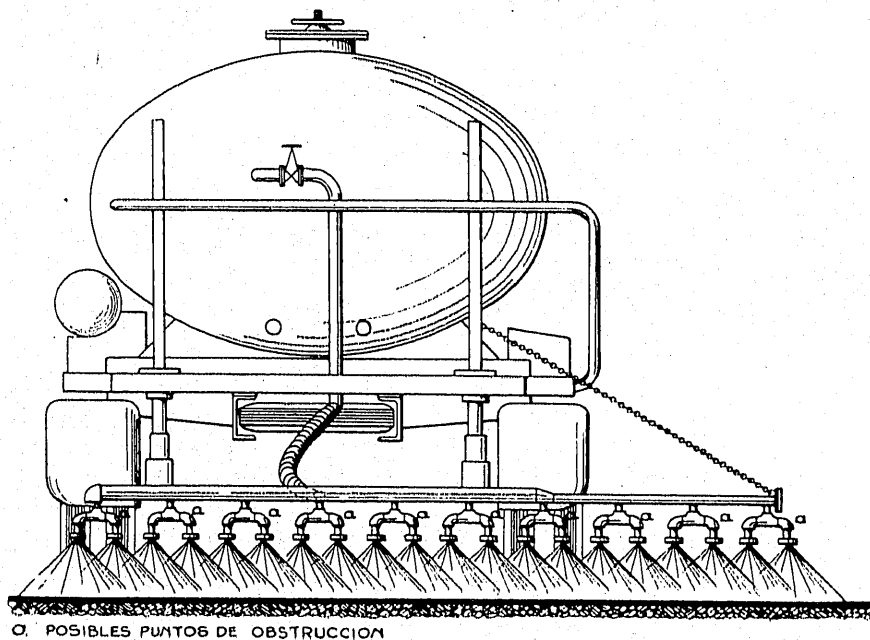


Figura 3.^a

representado, pero en realidad, para la determinación de la temperatura de riego se debe empezar por determinar la curva viscosidad-temperatura del material ya acopiado para realizar la obra, si se quiere obtener una absoluta seguridad de que se riega a las viscosidades especificadas.

En el caso de betunes y *cutbacks*, el riego es posible si se calienta el producto a la temperatura adecuada, lo que siempre es posible. Sin embargo, cuando se emplean camiones regadores para el riego del betún, existe el peligro de enfriamientos locales en algún punto de la red de tuberías del camión que produzcan obstrucciones enojosas que, en muchos casos, dan lugar a defectos de la obra. Los puntos más

rizador y éste se obstruye, el trabajo se interrumpe forzosamente mientras se corrige la anomalía, lo que no ocurre en el caso de empleo de camión regador, que ofrece siempre la posibilidad de que un operador poco cuidadoso continúe regando durante cientos de metros con un pulverizador obstruido.

Otra frecuente causa de irregularidad en el riego terminado es la defectuosa regulación de la altura de la barra regadora sobre el firme (fig. 4.^a). Si la barra está demasiado alta o demasiado baja, se producen zonas con defecto o exceso de ligante, que se acusan sobre el pavimento como estrías longitudinales. Cuanto más fluido es el ligante, más posibilidad hay de que fluya sobre el camino corrigiendo este defecto, y en

este aspecto vuelve a resultar preferible el empleo del *cutback* o emulsiones al del betún.

En el caso de riego manual, no pueden aparecer, naturalmente, estrías longitudinales sobre el camino, pero no debe pensarse por ello que el riego es más regular. Las irregularidades debidas a diferencias de caudal de las bombas accionadas a mano, y a variaciones en la altura de la boquilla sobre el suelo por error del operario regador, son inevitables y de gran magnitud, pero no afectan formas regulares y son difíciles de atribuir a su verdadera causa, por lo que las calvas y exudaciones así producidas se achacan normalmente a otros motivos.

Otro factor que afecta a la precisión de la dosificación de ligante útil es la proporción de éste con-

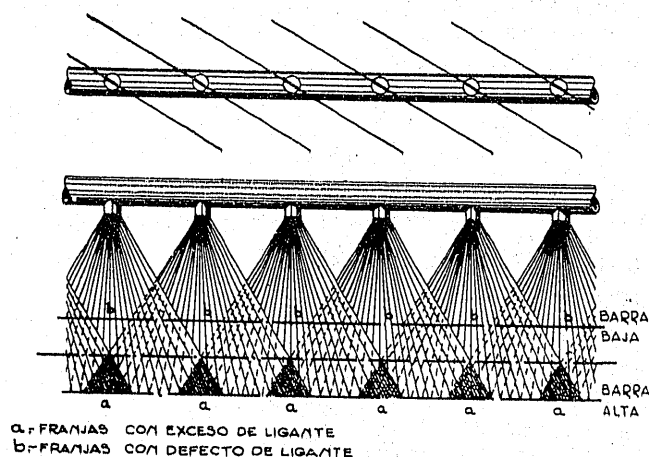


Fig. 4.^a — Ajuste del distribuidor regador.

tenida en el ligante empleado, llamando ligante útil el betún que queda en la carretera después de la evaporación de los disolventes del *cutback* o de la eliminación del agua de las emulsiones.

Cuando las dosificaciones previstas son elevadas, no se presentan grandes dificultades, pues los errores relativos serán pequeños en general, pero no ocurre lo mismo si la dosificación es muy baja, en cuyo caso presenta ventajas considerables el empleo de ligantes que contengan proporciones reducidas de betún, disminuyendo así la trascendencia de los errores. En casos extremos, las emulsiones pueden ser la única solución viable.

b) Que la adherencia entre el betún residual y los áridos sea buena.

El cumplimiento de esta condición es el que mayores limitaciones impone al conjunto ligante-firme-gravilla. En algunos países con mayor densidad de carreteras que el nuestro, la producción de áridos está industrializada y pueden obtenerse áridos comerciales según las condiciones del proyecto. Las condicio-

nes peculiares de nuestras obras de carreteras nos obligan normalmente a condicionar todo el proyecto al empleo de piedra de las canteras locales, y es el tipo de ligante el que debe elegirse de acuerdo con las características de la piedra.

La primera condición para que exista adherencia entre piedra y ligante es que éste moje a la piedra en el momento de su extensión, para lo cual su viscosidad en dicho momento debe ser suficientemente baja. Si el ligante tiene una viscosidad de 10 000 segundos Saybolt-Furol en el momento de extender la piedra, puede conseguirse un buen contacto mutuo mediante el apisonado, pero para conseguir un contacto perfecto con seguridad, la viscosidad del ligante debe ser menor que 1 000 S.S.F.

Si se riega con betún 180/200, que alcanza los 1 000 S.S.F. hacia los 100° C., teniendo en cuenta que el ligante se calienta en la caldera a unos 150° C., que se pulveriza finamente para aplicarlo haciendo muy grande su superficie de contacto con la atmósfera y que en cualquier época la temperatura de la carretera es muy inferior a los 100° C., se deduce que el ligante estará difícilmente a más de 100° C. en el momento de extender la gravilla, especialmente si el extendedor de gravilla se retrasa respecto al del ligante.

Si se riega con *cutback* en condiciones favorables, no hay gran dificultad en conseguir que el ligante moje el árido.

Empleando emulsión se obtiene un buen contacto de ésta con los áridos en todos los casos. Además, la superficie de contacto entre piedra y ligante que se obtiene empleando emulsión es mucho mayor que la que se obtendría empleando *cutbacks* o betún, como demuestra plenamente el siguiente razonamiento:

Si tallamos un conducto capilar en caliza y otro en cuarcita e introducimos su extremo inferior en agua primero y en un hidrocarburo después, los resultados son los representados en la figura 5.^a. El agua sube en ambos tubos, aunque a más altura en el de material silíceo, y el hidrocarburo no sube en ninguno de los dos, lo que demuestra que ambos son mojados por el agua con mucha más facilidad que por los hidrocarburos. La aplicación práctica de este fenómeno al riego es obvia. Si regamos con betún o *cutback*, por corto que sea el tiempo que transcurra entre la extensión de ligante y la de gravilla, en la superficie del ligante se forma una película fría que, aunque se rompe por apisonado, da lugar a que la posición final de un elemento de gravilla respecto al ligante sea la indicada en la figura 6.^a, a, de forma que la superficie real de contacto entre piedra y ligante queda disminuida. Si regamos con emulsión, la posición final es la indicada en la figura 6.^a, b, obteniéndose una superficie de contacto incrementada, y no debemos olvidar que de la magnitud de esta superficie depende en gran medida la solidez del riego.

Esto nos indica que empleando emulsión pueden realizarse los riegos con dosificaciones de ligante útil

muy inferiores a las que serían necesarias empleando betún o *cutback*, obteniéndose así tratamientos superficiales que unen a su perfecta solidez, una completa seguridad de que no se producirán exudaciones en tiempo cálido.

Una vez logrado el contacto, el que la adherencia obtenida sea capaz de mantenerse en presencia de agua depende de la naturaleza de áridos y ligante.

Si los áridos son básicos, la adherencia con asfalto o *cutback* se logra sin dificultad si en el mo-

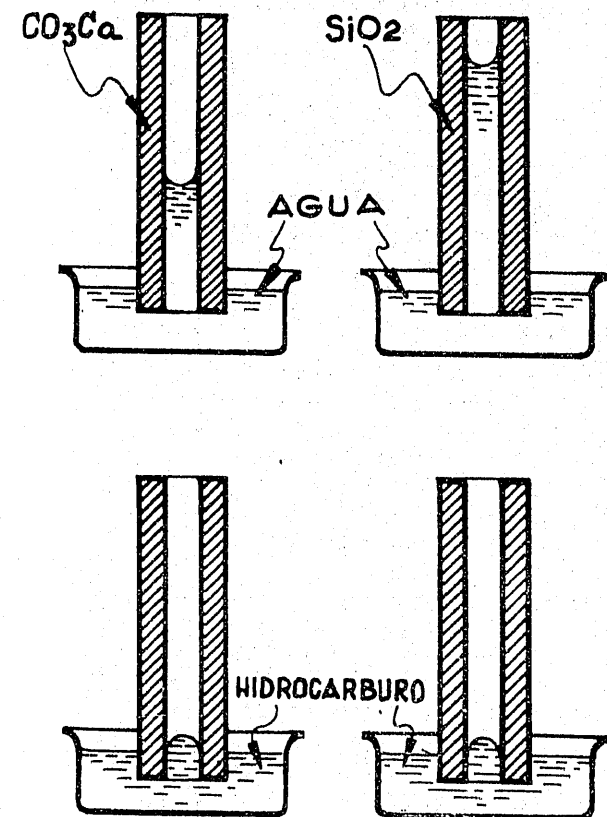


Figura 5.ª

mento de ejecución de la obra los áridos están secos. Una vez terminado el riego y curado el *cutback*, el desplazamiento del ligante por el agua está dificultado por la elevada viscosidad del asfalto frío. Si se quiere lograr con áridos húmedos una buena adherencia que garantice también mayor resistencia del ligante al desplazamiento por el agua, deben emplearse betún o *cutback* activados o emulsiones. La activación del betún resulta difícil de conseguir porque la mayoría de los activantes quedan destruidos por las elevadas temperaturas de aplicación, dificultad que también existe, aunque en menor escala, en los *cutbacks*.

En el caso de áridos silíceos, la activación resulta indispensable si se quiere garantizar la duración de la obra, aunque en el momento de la construcción los

áridos estén aparentemente secos, por lo que deben emplearse *cutbacks* activados, emulsiones aniónicas activadas o emulsiones catiónicas, que son la mejor solución.

Vemos que según cual fuere la naturaleza de los áridos, siempre es posible, eligiendo el ligante adecuado, obtener una buena adherencia. Desgraciadamente aún no se ha descubierto ningún tipo de ligante que permita obtener buenos resultados con áridos lajosos, cubiertos de polvo, con mala granulometría, etc., por lo que es imprescindible que el machaqueo y clasificación de los áridos se hagan en condiciones adecuadas. Los áridos deben lavarse en algunos casos y nunca deberían dejarse durante meses acopiados a lo largo de la carretera.

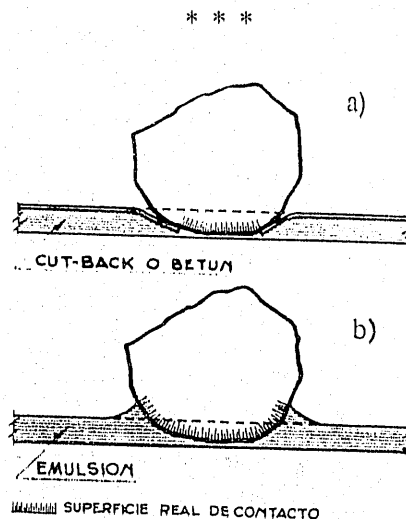


Figura 6.ª

El cumplimiento de las dos condiciones que acabamos de discutir es absolutamente necesario, y en modo alguno puede aceptarse el empleo de un ligante que no las reúna, pero además resultan deseables en el ligante las propiedades siguientes:

c) Transporte y manipulación fáciles.

Es especialmente importante que exista facilidad para el transporte a granel, que si bien es siempre posible, requiere, en materiales de alta viscosidad, proveer a las cisternas de sistemas de calentamiento que permitan mantener el material a la temperatura de bombeo, así como de un aislamiento adecuado. Factores importantes a tener en cuenta son la importancia de los volúmenes a transportar (por debajo de cierto volumen no está justificada la inversión en equipos especiales de transporte) y que la temporada de empleo de ligantes bituminosos en carreteras es muy reducida, por lo que los equipos especiales tienen un período anual de actividad limitado a pocos meses.

El asfalto y los *cutbacks* deben transportarse, en general, a temperaturas superiores a la ambiente (asfalto 80/100° C.; *cutback* RC3, 60/80° C.). Las emulsiones pueden transportarse a temperatura ambiente, por lo que pueden emplearse para su transporte cisternas de las utilizadas normalmente para transporte de otros líquidos comparables (fuel-oil, gas-oil), con lo cual pueden funcionar todo el año.

235, 240, 250 y 250° C., para los tipos 180/200, 140/160, 80/100, 40/60 y 30/40, respectivamente, temperaturas muy superiores a las de empleo.

El *cutback* es el ligante más peligroso de los empleados en carreteras, ya que debe utilizarse siempre a temperaturas muy superiores a la de inflamabilidad. A pesar de contener menos disolvente, los tipos más viscosos presentan mayor peligrosidad por deber ca-

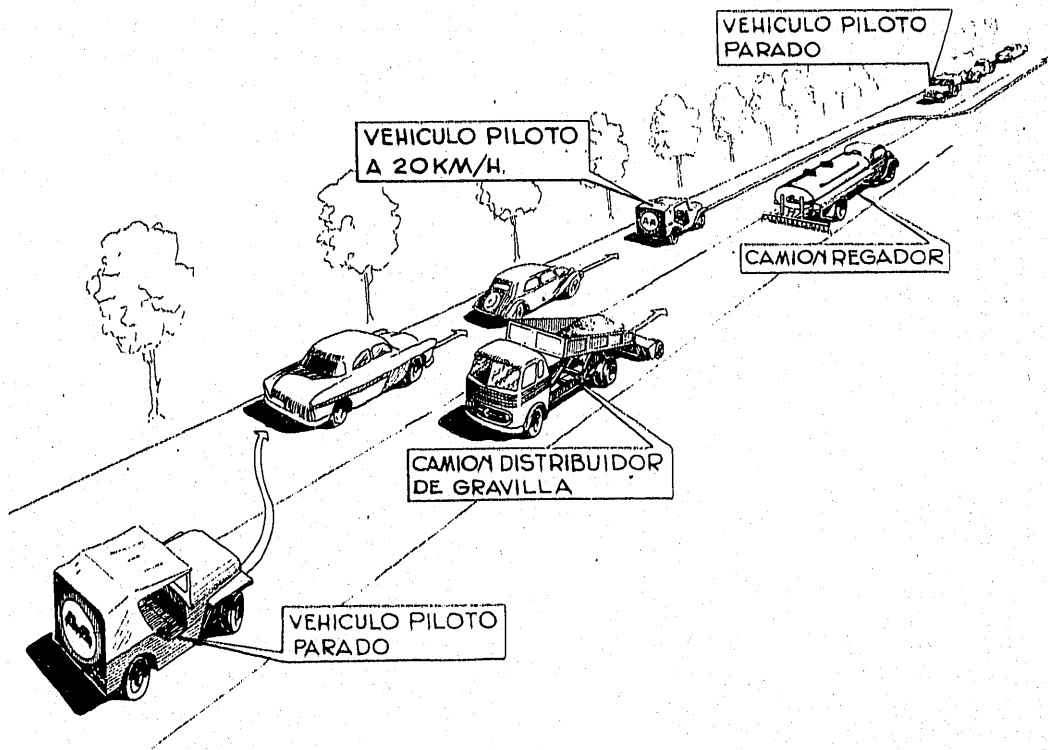


Figura 7.^a

d) *Temperatura de aplicación moderada.*

Supone disminución de los gastos de combustible y simplificación en la maquinaria de extensión. La trascendencia económica de este factor puede ser grande en el caso de que se plantee la necesidad de creación de un nuevo parque de maquinaria.

c) *Baja inflamabilidad.*

Los ligantes muy inflamables son peligrosos, exigen características especiales de la maquinaria de riego y, a pesar de todo, dan lugar a veces a incendios que destruyen material y maquinaria, gravando en definitiva las obras.

El asfalto reúne buenas condiciones en este aspecto, ya que su punto de inflamabilidad es de 230,

lentarse a temperaturas más elevadas. Las emulsiones son totalmente incombustibles.

f) *Fraguado rápido.*

Empleamos aquí la voz "fraguado" en sentido convencional, indicando con ella el proceso por el que el ligante se hace capaz de retener la piedra bajo los efectos del tráfico. El fraguado rápido no es necesario si es posible interrumpir por completo el tráfico durante la ejecución del riego; pero en nuestro país no suele darse esta posibilidad, por lo que es necesario, en la mayoría de los casos, que el ligante sujete la gravilla rápidamente para que los vehículos, cuya velocidad es forzoso limitar, no la arranquen inmediatamente después de apisonada.

Si se emplea asfalto para el riego, y suponiendo

que se haya logrado buena adherencia con la gravilla, el fraguado se reduce al enfriamiento del ligante, que se produce muy rápidamente, lo que permite abrir al tráfico el tramo regado inmediatamente, aunque limitando la velocidad.

En el *cutback*, el fraguado se compone de dos fases: enfriamiento del ligante con aumento de su viscosidad, que se produce inmediatamente, y curado del ligante por evaporación de disolventes, que es un proceso mucho más largo. Ello aconseja emplear *cutbacks* cuya elevada viscosidad les permita retener la piedra tan pronto como se haya enfriado, lo que nos llevaría en tiempo cálido a un RC-4 ó RC-5. En tiempo frío, o bajo tráfico de velocidad controlada eficazmente, puede emplearse el RC-3.

El fraguado de las emulsiones aniónicas se produce, principalmente, por eliminación del agua por evaporación o absorción de los áridos. En el caso de que los áridos sean calizos, hay cierta afinidad química entre áridos y las partículas de asfalto; pero este efecto no tiene gran influencia en la ruptura de la emulsión, que depende principalmente de las condiciones atmosféricas y el estado de humedad de los áridos. El tiempo de ruptura es muy corto si los áridos y el ambiente están secos, y puede alargarse considerablemente en tiempo húmedo y con áridos mojados. Lo usual en las obras con emulsión es desviar el tráfico hasta que se ha terminado de apisonar y limitar después la velocidad a 30 Km./h., hasta que la emulsión ha roto por completo, lo que sólo exige unos minutos.

El fraguado de las emulsiones catiónicas se produce por la rotura casi instantánea de la emulsión al contacto de los áridos, de tal forma que, a veces, es conveniente tener éstos levemente húmedos para evitar una rotura demasiado rápida. De todas formas, es conveniente en los primeros momentos, después del apisonado, limitar la velocidad del tráfico.

Ya que hablamos de limitar la velocidad del tráfico, conviene hablar brevemente del único medio eficaz de lograr esta limitación, muy usado fuera de nuestras fronteras y prácticamente desconocido entre nosotros: es el empleo de vehículos piloto. En la figura 7.ª damos un esquema del funcionamiento de este sistema, que consiste simplemente en estacionar en cada extremo de la obra un vehículo con la señal de no adelantar. Detrás de estos vehículos se van deteniendo los que llegan, y cuando ya hay varios, uno de los vehículos piloto atraviesa la obra por los lugares más convenientes y a velocidad tan reducida como sea necesario, seguido por los vehículos que esperaban, mientras que un tercer vehículo piloto

vuelve a cortar el tráfico cubriendo su hueco. Cuando este convoy ha atravesado la obra por completo, inicia su marcha el que va en dirección contraria, y ningún vehículo necesita emplear más de diez minutos o un cuarto de hora para atravesar la obra.

Resumen.

En lo que antecede hemos discutido las diversas cualidades que debe reunir el ligante empleado en riegos asfálticos superficiales. Cada uno de los conceptos discutidos (facilidad de riego, adherencia, fácil manejo, temperatura de aplicación moderada, baja inflamabilidad y fraguado rápido) aconseja el uso de uno u otro ligante, según resumimos a continuación, dando para cada concepto el orden de preferencia de los diversos tipos:

	Betón	Cutback	Emulsión
a) Facilidad de riego	3.º	2.º	1.º
b) Adhesividad	3.º	2.º	1.º
c) Fácil manejo	3.º	2.º	1.º
d) Temperatura	3.º	2.º	1.º
e) Baja inflamabilidad	1.º	3.º	1.º
f) Fraguado rápido	1.º	3.º	2.º

Como se ve, hemos incluido en una sola columna las emulsiones aniónicas y las catiónicas, lo que explica que se clasifiquen las emulsiones como preferibles por su rapidez de fraguado a los *cutbacks*, pues las emulsiones catiónicas efectivamente lo son, incluso comparadas con los *cutbacks* más viscosos. Las emulsiones aniónicas superan en rapidez de fraguado al *cutback* RC-3.

Aparte de los conceptos discutidos, es bien sabido que el empleo de emulsiones permite ampliar la temporada de riegos considerablemente, aunque también con ellas se obtengan mejores resultados trabajando en tiempo seco y cálido que trabajando fuera de temporada o bajo la lluvia.

Desde un punto de vista económico general, merece tenerse en cuenta el derroche que supone el empleo de los *cutbacks*, que contienen una elevada proporción de disolventes valiosos que se pierden por completo durante el curado.

En conjunto, este estudio aclara plenamente los motivos que han aconsejado, en la mayoría de los países, prescindir por completo del asfalto como ligante para riego e incrementar considerablemente el consumo de emulsiones a expensas del de *cutbacks*.