

TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS SUPERFICIALES (*)

Por OLEGARIO LLAMAZARES GOMEZ

Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Expone el autor las normas de la técnica de tratamientos superficiales, que como capa de rodadura pueden servir para las carreteras de tráfico ligero o medio que no precisan revestimientos más caros. Estos tratamientos constituyen un trabajo de difícil control "a posteriori" y por ello debe cuidarse mucho en cuanto a selección de áridos y ligantes, adaptados a condiciones estrictas y apropiadas para el tramo en cuestión. El empleo de los nuevos ligantes modificados y de áridos artificiales de ciertas características específicas mejorará sin duda la calidad de estos tratamientos, que constituirán una alternativa de profusa utilización en la construcción y conservación de carreteras.

1. Introducción.

La técnica de los tratamientos asfálticos superficiales, o sea, la aplicación de ligantes bituminosos y áridos sobre ellos, ambos con características y dosificaciones apropiadas, sigue vigente como solución para los tramos de tráfico medio, tanto como capa de rodadura en las transformaciones de firmes de macadán como en riegos de conservación de los firmes asfálticos, o corrección de tramos deslizantes. Asimismo, pueden constituir soluciones temporales para calzadas de tráfico pesado.

El tratamiento superficial es una unidad de obra delicada, en la que pese a la mecanización de que ha sido objeto en los últimos veinte años, no puede perder su carácter artesanal, debido a la propia aplicación de los materiales —sin previo proceso de mezclado— y a la dificultad de normalizar un control de calidad de la unidad realizada.

La literatura sobre el tema y la experiencia —singularmente la de las obras importantes como algunos tramos largos de nuestra red primaria— evidencian una evolución perfectible basada especialmente en los siguientes puntos:

- Calidad y forma del árido.
- Adecuación del tipo y dotación de ligante.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta revista hasta el 31 de marzo de 1977.

- Relación entre los tamaños de árido de la primera y segunda aplicación, en los tratamientos bicapa.
- Activación de adhesividad en la interfase árido-ligante.
- Tipo de compactadores que permita realizar un buen cilindrado.

En las revistas especializadas —y aludo ahora por igual a las nacionales que las extranjeras— no es un tema que suele analizarse con frecuencia el de los tratamientos superficiales que —en cuanto a información— sólo supone una ínfima parte del dedicado al estudio, fabricación, extensión y comportamiento de mezclas asfálticas.

Nuestro propósito es, en consecuencia, recordar los conceptos claves de una operación tan repetida a lo largo de nuestra red viaria e informar de las novedades que permiten mejorar la calidad, la durabilidad y la seguridad de estos revestimientos asfálticos, lo que lleva consigo un mejor aprovechamiento de los créditos presupuestarios que a ellos se destinan.

Para lograr un buen tratamiento superficial es preciso que en la elección de los materiales integrantes y en las fases de ejecución se tengan en cuenta las circunstancias locales del tramo (estado de la base o firme sobre el que se va a aplicar, intensidad y cargas de tráfico, condiciones atmosféricas, equipos disponibles de extensión y cilindrado, etc.).

2. Ligantes clásicos y modificados.

Si bien en la operación que nos ocupa deben darse una serie de concausas, vamos a poner en primer lugar la elección del ligante, material que como su propio nombre indica es el que asegura la duración de la capa, tanto por su adherencia a la superficie inferior, como entre los elementos minerales que constituyen el micro-mosaico sobre el que rueda el tráfico. Tal función primordial postula la conjunción de características muy diversas, y en cierto modo contradictorias, en el material aglutinador: flexibilidad en tiempo frío y dureza en tiempo cálido, cohesión en su masa y adhesividad a los áridos que debe unir; baja viscosidad para su buena difusión por la barra distribuidora y rápida solidificación para sujetar al árido de cubrición; ser afectado lo menos posible por la lluvia y por el polvo.

En la actualidad se emplea en los tratamientos superficiales una gama muy amplia de ligantes, desde los más sencillos —sencillez desde luego relativa cuando se habla del betún, material aún de difícil identificación con los métodos de análisis hasta ahora disponibles— a los más complejos obtenidos por corrección a base de aditivos y procesos especiales.

El incremento del tráfico en frecuencia, velocidad y cargas, con los fenómenos de fatiga por repetición que esto trae consigo, ha puesto de manifiesto la necesidad de modificación de los ligantes en lo que se refiere a sus propiedades reológicas, su viscosidad y su composición, especialmente para su empleo en tramos singulares.

Nos referimos principalmente en el presente trabajo a los *ligantes hidrocarbo-*

nados clásicos, sancionados por largos períodos de aplicación. Son estos ligantes los que se recomiendan en las prescripciones técnicas recientemente revisadas (*): betunes de penetración —sólo el B 150-200—, betunes fluidos de curado rápido y medio (RC y MC), emulsiones aniónicas y catiónicas (EAR y ECR) y alquitranes (AQ).

Entre los ligantes que constituyen una novedad citaremos los modificados por adición de polímeros. El ligante de base es un betún o un alquitrán, y el polímero, un elastómero de síntesis, o agentes termoplásticos o termoendurecibles, dependiendo de las sollicitaciones extremas más peligrosas para el buen comportamiento de la capa de rodadura. El tenor de adición de estos agentes puede variar dentro de límites amplios, y en realidad esta técnica de modificación de ligantes está en vías de experimentación.



Carretera local en la que el transformado firme de macadam fue cubierto con un doble tratamiento superficial hasta las aristas exteriores de los arcenes. Se tiene así una plataforma totalmente pavimentada.

En España se ha utilizado el alquitrán-vinilo en pistas de aeropuerto y zonas de vías urbanas, de paradas y arranque de autobuses; presentan la ventaja —además, de un buen comportamiento mecánico— de ser más resistentes a la disolución por goteo de carburantes. Con la adición de vinilo se mejora la ductilidad de lo que resulta un comportamiento mejor durante la estación fría, evitando una fragilidad que puede hacer cuartear el revestimiento.

Al igual que este ligante modificado, que ofrece ventajas de gran interés para ciertos casos, existen otros productos mixtos a base de mezclas de betún, alquitrán

(*) *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. PG3. Dirección General de Carreteras. Madrid, 1975.*

y polímeros, en los que se puede conseguir una notable variación de propiedades: aumento de las resistencias, menos susceptibilidad a las variaciones térmicas, mayor adhesividad a los áridos, etc. La investigación actualmente se orienta en dos sentidos: adición de polímeros de alto peso molecular o de polímeros reticulados, entre los que los más empleados son los agentes epoxídicos.

Después de esta breve derivación a una fase científica de gran porvenir, volveremos a los ligantes clásicos. Desde el punto de vista de los tratamientos superficiales, una condición importante es la sujeción del árido para mantener una superficie, totalmente cubierta por él, que resista el paso del tráfico. Características fundamentales en el ligante son la viscosidad de aplicación, la adhesividad al árido, el período de curado, la susceptibilidad térmica especialmente en lo que se refiere a las temperaturas extremas y la resistencia al envejecimiento.

Es esencial que el ligante mantenga una buena resistencia a las cargas del tráfico y a los agentes atmosféricos durante un largo período de servicio. Por ello, no debe ser afectado por alteraciones debidas a pérdidas de aceites por evaporación, cambios de estructura o acción del oxígeno o de la luz solar.

Los betunes de penetración son, por sus características fisicoquímicas, los que ofrecen más ventajas para la obtención de un revestimiento resistente, su rápida solidificación que asegura la sujeción del árido, el sellado más eficaz de la base o pavimento sobre el que se aplica el tratamiento y la gran cohesión que asegura el buen comportamiento de la capa, son cualidades interesantes para su empleo en tratamientos superficiales. Claro que será preciso unas condiciones climáticas favorables, tiempo seco y de altas temperaturas, pues si no el ligante se solidificará demasiado pronto, antes de que haya sujetado al árido de cubrición. De todos modos el mayor inconveniente de los betunes de penetración es la dificultad de una distribución uniforme con la barra del tanque regador, lo que limita mucho su empleo.

Los betunes fluidificados del tipo RC presentan el problema de que el curado no es tan rápido como sería necesario, sobre todo en tramos de tráfico intenso, y hay peligro de desplazamiento del árido si la calzada no puede cerrarse a la circulación durante el tiempo suficiente. Salvado el problema del curado, estos ligantes son buenos, ya que el betún de base es relativamente duro —penetración 80-100— y proporciona la necesaria cohesión para la estabilidad y duración del revestimiento.

El peligro de fragilidad a bajas temperaturas dió origen a la tendencia de emplear betunes residuales más blandos, contando con que al exponerse al aire en la capa de rodadura se produce un aumento del contenido de asfaltenos, y con ello se endurece el ligante (*). Desde luego, un betún blando tardará mucho más en alcanzar el punto de fragilidad que un betún duro, y con ello aumentará la vida del tratamiento. No puede soslayarse el inconveniente de la menor cohesión que se refleja en una menor resistencia de la capa a las cargas del tráfico, pero también hay que pensar en que las carreteras con tratamientos superficiales no deberán soportar tráfico muy pesado, y en ellas no se dan los problemas de repetición de ejes

(*) Es un proceso parecido al que industrialmente se aplica a los asfaltos soplados. En Rusia, con el soplado se ha llegado a rebajar la penetración 20 ó 30 puntos, que corresponde a un contenido de asfaltenos del 30 por 100.

pesados y rigideces relativas de las capas en la sección estructural de las vías de tráfico pesado.

Se emplean, generalmente, los tipos RC-2, RC-3, RC-4 y RC-5, dependiendo del tamaño del árido y de la temperatura ambiente. En obras en que tarde en pasar el tráfico se emplean también los tipos de curado medio.

Otros ligantes que se emplean en los tratamientos son las emulsiones directas de betún que tienen la ventaja de que no suelen necesitar caldeo para la extensión. En caso de que fuera preciso reducir su viscosidad se calentarán como máximo a 50° C. En condiciones favorables de temperatura y humedad las emulsiones pueden sujetar el árido rápidamente. Hay el peligro del bombeo de la sección, y sobre todo, las rampas y peraltes donde por la fluidez del ligante puede éste correr sobre la calzada, acumulándose en puntos bajos y dando lugar a un reparto desigual de la dotación, con zonas en que el betún residual no sea suficiente para sujetar el árido, sobre todo si éste es de tamaño grande.

Una de las ventajas importantes de la emulsión es que permite ampliar el período de trabajo del año al poderse emplear en tiempo húmedo; por ello, es el ligante más utilizado en las provincias de la cornisa cantábrica.



Tratamiento de conservación con árido 8/12 mm, a razón de 16 l/m² y 2 Kg/m² de betún fluido RC-3, o sea, 1,46 Kg/m² de betún residual.

3. Los áridos.

Corresponde a los áridos la mayor parte del volumen de la capa de rodadura y, por razón de ser un producto natural, sus características son menos homogéneas que las de los ligantes. En consecuencia, es preciso extremar las condiciones de selección de prescripciones y asegurarse de que se cumplen al llevar a cabo el control de acopios a pie de obra.

Por otra parte, como la capa de rodadura —a la que el tratamiento corresponde—, es la que más sufre el efecto conjugado de las cargas del tráfico y de los agentes atmosféricos, la calidad del árido debe ser óptima en sus características iniciales y de durabilidad; esta última singularmente en lo que se refiere a la resistencia al pulimento para evitar que la capa de rodadura se haga deslizante y el consiguiente peligro de accidentes mortales en días de lluvia y hielo, agravados, como se ve cada vez con más frecuencia, por fenómenos de colisión en cadena.

Para la disponibilidad de áridos adecuados es importante la prospección e inventario de yacimientos de modo que el proyectista pueda elegir los que cumplan las prescripciones que deben requerirse para el tramo en cuestión y se encuentren a la menor distancia del punto de empleo.

Para los tratamientos superficiales las características a exigir en los áridos deben ser más estrictas que para las capas de mezclas con ligantes asfálticos o hidráulicos; en estas mezclas el árido se encuentra incorporado en la masa de la misma, mientras que el tratamiento superficial simplemente está adherido por su parte inferior, sin protección alguna al efecto dinámico de las ruedas de los vehículos.

Es digna de señalar la influencia del sistema de fabricación del árido, de modo que se consiga un material de forma geométrica adecuada, aristado y limpio.

La forma aristada, o sea, de ángulos vivos —en todo caso siempre necesaria—, tiene especial interés cuando los acopios proceden de gravera, y hay que limitar tamaños mínimos del material en grueso, que se lleva a la estación de machaqueo para que se eliminen en lo posible las caras redondeadas (*). Las dimensiones de la piedra recogida, previa al machaqueo, deben ser del orden de cuatro a seis veces las requeridas para el árido fracturado y cribado que va a emplearse en el tratamiento.

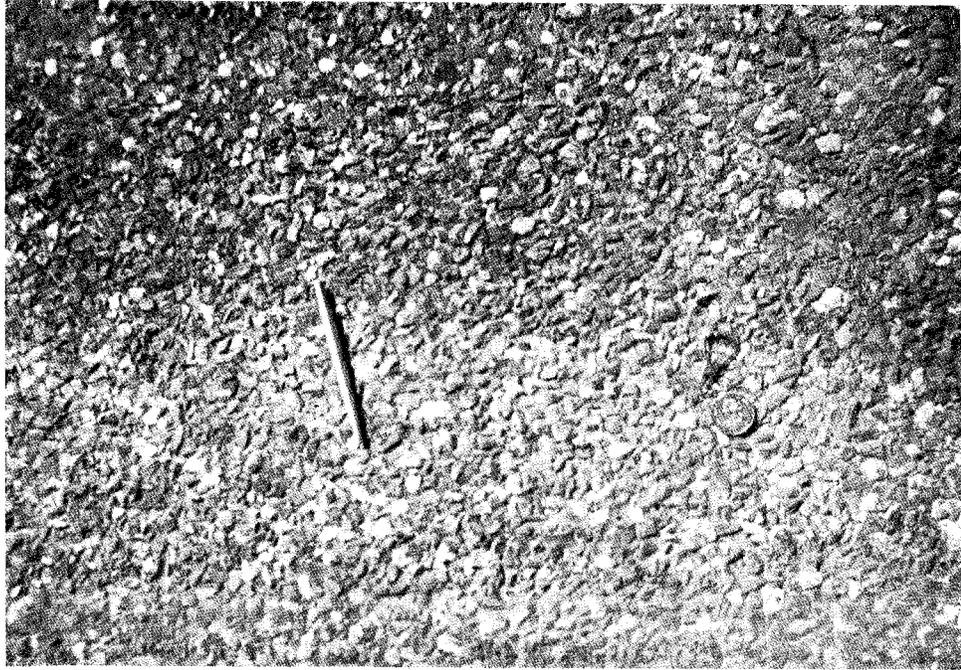
En cuanto a su calidad, el árido debe ser muy duro, con un coeficiente de desgaste de Los Angeles de 25, o a lo sumo 30, que debe rebajarse a 20 en tramos de tráfico pesado. El coeficiente de pulido deberá ser superior a 0,45.

La fragmentación del árido en la capa de rodadura por el paso de las ruedas pesadas provoca cambios de forma y granulometría, que tienen una influencia decisiva en la vida del revestimiento asfáltico. Asimismo, los neumáticos pulen la superficie del árido, sobre todo en los días húmedos.

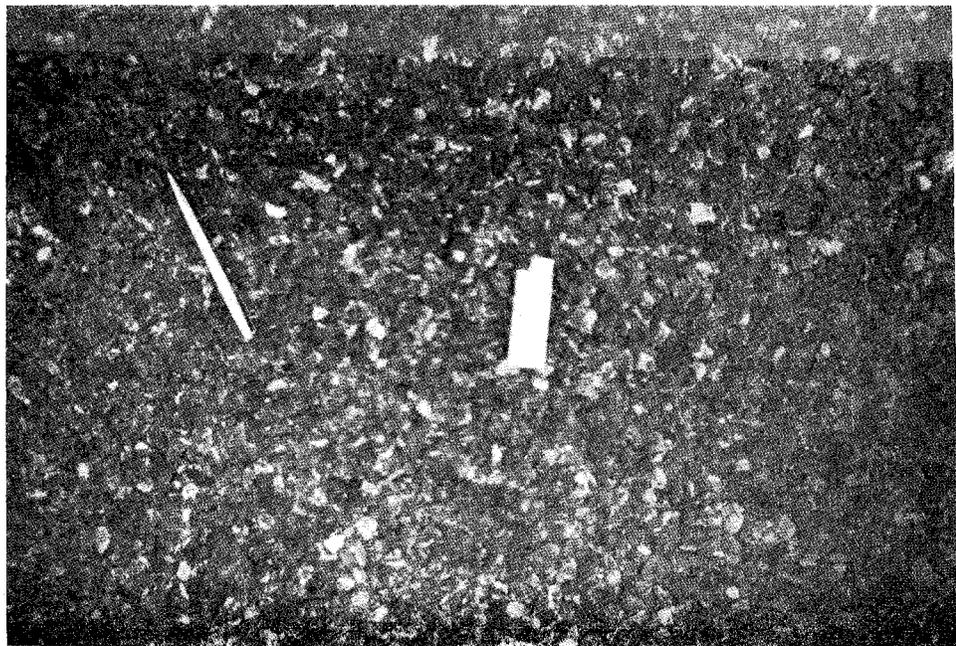
La forma del árido es también decisiva no sólo porque una partícula, aproximadamente cúbica, es menos sensible al choque, sino porque con ellas pueda formarse un mosaico de áridos de espesor sensiblemente uniforme que presenta una superficie con mayor coeficiente de rozamiento y mayor resistencia a la abrasión de los neumáticos. Como es sabido, hay una serie de factores que influyen en la forma del árido. Citaremos en primer lugar la naturaleza de la roca y el sistema de machaqueo. La textura de la roca y la orientación cristalográfica son circunstancias importantes para que el árido obtenido cumpla las condiciones impuestas en las prescripciones.

El tema de la granulometría máxima del árido ha sido ampliamente discutido, llegándose a la conclusión de reducir tamaños, o sea, no pasar del tipo 15-10 por

(*) El PG3 especifica que el árido deberá tener, como mínimo, un 75 por 100 en peso de elementos machacados que presenten dos o más caras de fractura.



Corresponden las fotografías a un simple tratamiento superficial en una carretera local, con árido de 10/20 mm, a razón de 18 litros/m², y 2 Kg/m² de betún fluido RC-4, o sea, 1,56 Kg/m² de betún residual. La fórmula se adapta a la recomendada en el cuadro del PG-3, con un ligero exceso en la dotación de árido.



una doble razón: evitar un exceso de ruido, velando por la protección acústica, hoy tan en boga, y evitar, asimismo, el riesgo de rotura de parabrisas.

Pero tales conclusiones han sido posteriormente controvertidas. En cuanto al segundo aspecto por la disponibilidad de ligantes que permiten la sujeción inmediata del árido extendido. Y en cuanto a la sonoridad, al ser mayor la rugosidad —y por ende, la seguridad del usuario— con árido grueso se ha argumentado que *más vale vivir con ruido que morir en silencio*.

Se puede llegar a áridos de tamaño 20-10, e incluso algo mayores en tramos que no van a abrirse inmediatamente —y, sobre todo, en estación cálida— al tráfico.

Un campo aún de restringida utilización es el de los áridos artificiales, sobre el que avanza la investigación en varios países. Se trata de obtener materiales con características análogas a las de los mejores de los yacimientos naturales o aún superiores a éstas, en ciertas propiedades específicas como la resistencia al pulido o a la resistencia al aplastamiento. Con ello se trata de evitar correcciones o reposiciones frecuentes de las capas de rodadura en tramos singulares de intenso tráfico o calzadas de túneles urbanos.

Entre estos áridos artificiales están gozando de cierto favor los procedentes de la calcinación de la bauxita, que responden mejor a la rugosidad que a la resistencia mecánica, si bien tienen coeficiente de Los Angeles del orden de 11. Los áridos de bauxita presentan coeficientes de pulido acelerado que oscilan entre el 0,58 y el 0,75 por 100 (*). En los tratamientos con estos áridos, reducidos a casos muy especiales, los ligantes empleados son muy rígidos: betún-epoxy o breá-epoxy.

4. Consideraciones sobre la formulación de dotaciones.

Al ingeniero que construye y conserva pavimentos no se le oculta la dificultad de poder definir un formulario general de dotaciones, dados los factores que concurren en cada caso, tanto por las características de la capa sobre la que va a aplicarse el tratamiento, las condiciones *lato sensu* de árido y ligante, las circunstancias climatológicas y el paso del tráfico que en muchas ocasiones es imposible desviar, al menos en el período que sería necesario.

La formulación de un tratamiento superficial debe contemplar una serie de parámetros que a continuación enumeramos sin pretensión de exhaustividad: 1, estructura y textura de la capa que va a aplicarse; 2, tipo y grado del ligante; 3, naturaleza y tamaño del árido; 4, técnicas de mejora de la afinidad árido-ligante; 5, dosificación del ligante, y 6, dosificación del árido.

En cuanto al primer parámetro, cuya elección es la que inicialmente se plantea al proyectista como es sabido, está ligada a la intensidad del tráfico, y su composición en cuanto a cargas por eje, velocidad permisible a los vehículos y estado de la capa subyacente.

Estas circunstancias decidirán la elección de un tratamiento monocapa o bica-

(*) En Francia se ha importado hasta ahora bauxita de Turquía, en plan experimental, pero por su buen resultado se prevé la comercialización en fecha próxima.

pa, reservado el primer tipo para riegos de conservación o primeros tratamientos sobre base granular en vías de tráfico inferior a 500 vehículos/día, y el bicapa para el resto, por su mejor calidad de rodadura, su estabilidad y durabilidad; por tal criterio se eligió el doble tratamiento en el Plan de Transformación de Firmes de Macadán, con el que en breve se habrá dotado de revestimiento asfáltico a todas las carreteras de la Red Estatal que aún se mantenían con firme pétreo, polvoriento y descarnado, impropio para el veloz tráfico de hoy.

Aunque los tratamientos superficiales o riegos asfálticos se emplean como capa de rodadura de carreteras y calles desde principio de siglo, las dotaciones de materiales se fijaron con muy poco rigor técnico hasta 1932, en que el ingeniero neozelandés F. M. Benson estudió el primer método de proyecto basado en:

- Las características y dotación del árido.
- Tipo y dosificación del ligante.

En España, esta técnica se perfeccionó a partir de 1956. Los Servicios de Carreteras conocieron entonces las nuevas fórmulas francesas de los riegos superficiales, y esto, juntamente con las primeras recomendaciones del Gabinete Técnico de la Dirección General de Carreteras, contribuyó a que se empezaran a ver en nuestra red tratamientos superficiales con dotaciones estrictas de ligante y una gravilla de buena forma que cubría por completo la calzada, ofreciendo una superficie de rodadura resistente, rugosa y clara, circunstancia esta última muy interesante para la buena visibilidad nocturna.

La dosificación correcta y uniforme del ligante es quizá el punto más importante para la buena ejecución de un tratamiento superficial. Para un determinado tamaño de árido será preciso estimar el volumen de huecos de la capa extendida, ya que de éste depende después la dosificación del ligante.

Está comprobado que cuando se extiende el árido sobre la capa de ligante su posición es muy irregular y el volumen de huecos es grande, pudiendo llegar hasta el 50 por 100, pero después del paso del compactador y el efecto adicional del tráfico de los primeros días, se produce una variación en la orientación de los elementos que presentan entonces su menor dimensión, según la vertical. Con ello, se reduce el espesor de la capa y también el volumen de huecos, que baja a un 20 por 100. Esta proporción, que puede variar algo de acuerdo con la forma del árido, es sensiblemente independiente del tamaño. Este 20 por 100 de volumen de huecos será el que defina la dosificación de ligante —betún residual en el caso de *cut-backs* o *emulsiones*— con las oportunas correcciones por causas particulares que aconsejen aumentarle (áridos porosos, superficie irregular o desgastada del firme antiguo) o disminuirle (capa subyacente rica en betún, temperatura ambiente elevada, tráfico intenso).

En todo caso, en la capa de revestimiento aplicada, por efectos del creciente tráfico, se producen fenómenos de fragmentación y fillerización más o menos acusados según la dureza del árido extendido y de la capa inferior: base o pavimento. El paso del tráfico hace inevitablemente refluir el ligante extendido, y tal circunstancia condiciona dos límites para su dosificación.

- Un límite inferior, por debajo del cual el árido, por favorables que sean sus condiciones de adhesividad, no se mantiene sujeto al sufrir los esfuerzos tangenciales del tráfico.
- Un límite superior, por encima del cual se rellena el volumen de huecos y se producen resudaciones y deformaciones en la estación cálida del año.

El problema es muy diferente en este aspecto al de las estrictas dosificaciones de las mezclas asfálticas en caliente respecto a cuál debe ser el volumen de huecos de un tratamiento estabilizado y qué proporción del volumen de éstos debe rellenar el ligante.

Existen una serie de fórmulas relativas a este tema que no pasan de ser especulaciones teóricas de escaso valor, en función del tamaño medio del árido y de un cierto número de coeficientes suplementarios que aumenta con la precisión que el autor pretende dar con la fórmula que preconiza. Señalamos a título informativo las de Coudre, Linckenheyl, Hveem y Feuga (*). En la práctica, una fórmula muy empleada es la llamada regla del décimo, o sea, el peso del ligante igual al décimo del volumen del árido.

Para concretar la formulación de dosificaciones que se recomiendan en España para tratamientos superficiales monocapa (STS) y bicapa (DTS) incluimos los cuadros del nuevo pliego de prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes. El pliego incluye también cuadros para simples y dobles tratamientos superficiales con áridos de granulometría uniforme especial.

SIMPLES TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON ARIDOS DE GRANULOMETRIA UNIFORME NORMAL

Arido		Ligante residual, Kg/m ²			
Tipo	Dotación, litros/m ²	B 150/200 RC 5 MC 5	RC 4 MC 4 AQ 54 EAR 2 ECR 2	RC 3 MC 3 AQ 46 EAR 2 ECR 2	RC 2 MC 2 AQ 38 EAR 1 ECR 1
25/13 mm	17-19	1,7-2,1	1,7-2,1		
20/10 mm	12-14	1,3-1,8	1,3-1,8		
13/7 mm	8-10		0,9-1,3	0,9-1,3	
10/5 mm	6-8			0,7-1,1	0,7-1,1
6/3 mm	5-7				0,6-0,9
5/2 mm	4-6				0,5-0,75

(*) Remitimos al lector interesado al trabajo de M. Orset y otros. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, número especial. París, octubre 1975, págs. 65 a 107.

Los áridos de granulometría normal se definen en el PG3 por sus tamaños máximo, mínimo y medio y proporción del cernido ponderal acumulado por la serie de tamices UNE.

DOBLES TRATAMIENTOS SUPERFICIALES CON ARIDOS DE GRANULOMETRIA UNIFORME NORMAL

	ARIDO		LIGANTE RESIDUAL	
	Tipo	Litros/m ²	Tipo	Kg/m ²
1. ^a aplicación	25/13 mm	17-19	B 150 / 200 RC 5 MC 5	1,7-2,1
2. ^a aplicación	13/7 mm	8-10	RC 4 MC 4 RC 3 MC 3 AQ 54 AQ 46 EAR 2 ECR 2	1,0-1,5
1. ^a aplicación	20/10 mm	12-14	B 150 / 200 RC 5 MC 5 RC 4 MC 4 AQ 54 EAR 2 ECR 2	1,3-1,8
2. ^a aplicación	10/5 mm	6-8	RC 3 MC 3 RC 2 MC 2 AQ 46 AQ 38 EAR 2 EAR 1 ECR 2 ECR 1	0,8-1,3
1. ^a aplicación	13/7 mm	8-10	RC 4 MC 4 RC 3 MC 3 AQ 54 AQ 46 EAR 2 ECR 2	0,9-1,3
2. ^a aplicación	6/3 mm	5-7	RC 2 MC 2 AQ 38 EAR 1 ECR 1	0,7-1,0

5. Proceso de ejecución.

El proceso de ejecución de un tratamiento superficial consta de tres operaciones: 1, extensión del ligante; 2, extensión del árido, y 3, compactación. De nada serviría proyectar un tratamiento con la dosificación óptima de ligante si en su aplicación no se llegara a un reparto uniforme. Surge con ello, en todo su valor, el concepto de viscosidad relacionado con la temperatura para cada tipo de ligante.

La viscosidad requerida, para que pueda hacerse una distribución uniforme con la barra del tanque regador, oscila entre veinticinco y cincuenta segundos Saybolt Furol, que equivalen a 50-100 centistokes. Para la distribución es preciso emplear bombas de presión constante; las bombas centrifugas deben proibirse, ya que con ellas la presión de aplicación variará con la carga piezométrica en el tanque y será menor a medida que éste se vaya vaciando.

Para que el árido se extienda de modo uniforme se emplearán repartidoras con abertura graduada de acuerdo con la dotación; la extensión deberá hacerse antes de transcurridos cinco minutos desde la aplicación del ligante.

La compactación puede hacerse con rodillos neumáticos o de llanta metálica; actualmente se admiten los dos tipos, y su elección depende de las circunstancias de cada caso. Los rodillos neumáticos deben emplearse en carreteras viejas de difícil regularización superficial; en las que, con llanta rígida, se produciría un efecto de puente y quedarían partes mal compactadas. También están indicados cuando el árido no sea muy duro. Se tiende a aumentar la presión de inflado, llegando a 9 Kg/cm² en ruedas de 3 Tm. No obstante, se está investigando sobre un tipo de cilindro óptimo, específico para tratamiento superficial.

La tendencia en algunos países es emplear los dos tipos: primera fase con rodillo neumático autopropulsado y segunda fase con rodillo tándem rígido. En el caso contrario, calzada de gran regularidad superficial y árido muy duro, se puede invertir el orden de los rodillos.

Para ambos tipos de rodillos el peso mínimo debe ser 6 Tm, más bien se tiende ahora a rodillos de 10-12 Tm. De tener que elegir un solo tipo será mejor el de neumáticos. La compactación se hará en sentido longitudinal, empezando por las márgenes de la calzada y acercándose al eje con solapos de la mitad del ancho del rodillo en las sucesivas pasadas. Desde luego, la compactación no se iniciará más de media hora después de la extensión del árido. En los tratamientos bicapa se recomienda cilindrar cada capa por separado. Hay también la teoría de no compactar la capa inferior para evitar la formación de polvo que perjudique a la adherencia entre las dos capas.

6. Consideración final.

Se han recogido en el presente trabajo normas e ideas generales sobre los tratamientos superficiales, revestimiento asfáltico apto para capa de rodadura en nuestras carreteras de tráfico ligero o medio.

El interés de su buena realización, cuidando la elección de áridos y ligantes, así

como la correcta dosificación de estos materiales, es fundamental para conseguir una capa duradera, considerando también la necesidad de que el tratamiento se aplique sobre un firme que tenga la capacidad portante suficiente para que el revestimiento no corra el riesgo de la degradación o la ruina por deformaciones o agrietados.

Se apuntan las posibilidades de los nuevos ligantes modificados por adición, fruto de una paciente y sistemática investigación científica, que supondrán notables mejoras para el comportamiento de las capas de rodadura expuestas al efecto directo de las cargas del tráfico y de las variaciones térmicas.

Las aplicaciones sobre firme de macadán se harán siempre sobre un riego de imprimación que mejora la unión sobre la superficie pétreo.

Se significa, asimismo, la importancia de la puesta en obra, extensión y compactación con equipos adecuados.

Para las características generales de esta unidad de obra remitimos al lector al Pliego de Prescripciones Técnicas (PG3) recientemente revisado, que comprende una normalización completa y actualizada.

En lo sucesivo, en lo que se refiere a la red estatal, la mayor parte de los tratamientos han de efectuarse sobre firmes asfálticos, después del gran esfuerzo que ha supuesto el Plan de Transformación de los firmes de macadán, con el que en los últimos seis años se han mejorado 21.500 Km de las viejas carreteras de piedra y recebo, con recargo y doble tratamiento superficial; así, pues, quedan 3.500 Km para cumplir el objetivo que se propuso el precitado plan, cuya importancia en la red secundaria ha sido decisiva.