

ALGUNOS ASPECTOS DE LA TECNICA DE LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS EN INGLATERRA

Por VENTURA ESCARIO,
Ingeniero de Caminos.

El autor da cuenta de su viaje a Inglaterra para estudiar los métodos de construcción de carreteras que allí se emplean, y expone interesantes datos y detalles de la cuestión.

Durante el pasado mes de agosto estuve en Inglaterra estudiando sus métodos de construcción de carreteras.

La primera impresión favorable de esta técnica la recibe hasta el más profano en la materia nada más dejar el aeropuerto por la carretera que le conduce a Londres, y esta impresión se reafirma al seguir rodando por las demás pistas inglesas. Y no es precisamente por lujosas por lo que extrañan estas carreteras, sino por la excelente calidad de sus firmes, hasta en las secundarias más estrechas.

En este artículo expondré algunos puntos interesantes que he podido observar de sus métodos de construcción, pero con el convencimiento que el único secreto del indudable éxito inglés en sus pavimentos es que estudian y controlan sus métodos con todo cuidado, conscientes de que todo el dinero que en ello gasten lo ahorran con creces con los resultados obtenidos.

En la construcción de sus pavimentos utilizan toda la gama de materiales y tipos que normalmente se emplean: betún, alquitrán, *cut-back* y hormigón hidráulico. Pero, como es bien conocido, emplean mucho más el alquitrán que en España, por ser su producción muy elevada. También tienen una gran proporción de firmes de hormigón hidráulico.

Aglomerados.

Pero dentro de los materiales que más se utilizan actualmente en nuestro país, betunes y *cut-backs*, destaca la gran profusión en el empleo de aglomerados. Casi todos sus firmes tienen la capa de rodadura formada por un aglomerado y los riegos superficiales los utilizan casi exclusivamente como tratamiento de conservación.

En cuanto a los tipos de aglomerados, los construyen cerrados y abiertos, a sabiendas, claro está, de que los cerrados son de mayor duración.

Sin embargo, como, según ya hemos dicho, emplean aglomerados para casi todas las carreteras, aunque tengan poco tráfico, utilizan en gran cantidad los abiertos como tipos más baratos.

Para ambos tipos tienen sus especificaciones British Standard, en las que se definen con todo detalle las características y proporciones de los materiales empleados. En ellas se especifica que para los tipos cerrados el aglomerante a utilizar ha de ser betún de 40 a 60 de penetración, para los casos generales, y de 60 a 80, para los sitios de lluvia o frío intensos.

En cuanto a los aglomerados abiertos, tienen especificada la posibilidad de utilizar o bien betunes o *cut-backs*.

Para este tipo de mezclas recomiendan utilizar betunes más blandos, de 150 a 500 de penetración.

Los *cut-backs*, en las mezclas abiertas, han de tener una viscosidad que es la que corresponde, en la nomenclatura americana, a los RC-4 y RC-5, MC-4 y MC-5, aproximadamente.

Los aglomerados abiertos no los sellan, generalmente, por dos causas: primero, porque la textura superficial que se obtiene es perfectamente antideslizante, y además, porque en el caso de emplear *cut-backs*, consideran que es perjudicial, por no permitir el sellado que el producto pierda los solventes volátiles.

Claro está que con ello se exponen a dos peligros: primero, que el agua separe la piedra del betún cuando dichos solventes aún no se han marchado, y segundo, que el agua penetre en el cimiento atravesando la capa de rodadura.

Este último peligro lo evitan colocando una capa de impermeabilización entre el cimiento y la superficie de rodadura. Para ello intercalan un tarmacado o bien un tratamiento superficial adecuado.

En cuanto al peligro de desplazamiento por el agua, están efectuando estudios sobre el particular y han llegado a algunas conclusiones de gran interés. Uno de los métodos que les ha conducido a mejores resultados ha sido la utilización de cal o cemento como *filler*, sistema sobre el que ya se había hecho algún ensayo en el Laboratorio del Transporte a instancias de la Jefatura de Obras Públicas de Guipúzcoa.

Sobre este punto son muy interesantes los ensayos que está actualmente efectuando el Road Re-

search Laboratory en Leicestershire, donde con él granito de la zona habían tenido fracasos rotundos. Han construído, en 1951, varios tramos de ensayo sobre el mismo trozo donde se habían observado los desperfectos. Como *filler* han utilizado polvo de granito, polvo de caliza, cal y cemento. En algunos de los tramos, con las dos primeras clases de *filler*, han ensayado también dos clases de activantes: el bromuro de cetyl-piridina y el D.S.2274.

Hasta ahora sólo los tramos que contienen cal o cemento han mostrado un comportamiento satisfactorio. En los demás tramos han observado desplazamientos notables, aunque en proporción menor en los que contenían los activantes citados.

La proporción de cal o de cemento que recomiendan emplear es de un 1 a un 2 por 100 del total de áridos. En caso de hacer falta mayor proporción de *filler*, se pueden emplear mayores proporciones de estos materiales o bien completar con otra clase cualquiera de las normales.

Recomiendan también que, a ser posible, el *cut-back* contenga ciertos materiales ácidos, motivo por el cual los betunes fluidificados con aceites de alquitrán tienen mejores condiciones de adhesividad que los fluidificados con solventes derivados del petróleo. Si el producto no contiene los citados materiales ácidos, es conveniente añadirle una parte de aceites de alquitrán; los que generalmente emplean son aceites de creosota.

Respecto a los ensayos de adhesividad, han empleado, hasta hace poco, el ensayo clásico de inmersión en agua, pero han observado que, aunque orientador, no es totalmente representativo. La acción del tráfico es un factor fundamental, y por ello, algunos activantes que dan buen resultado, sometiéndoles a este ensayo no responden de la misma forma en carretera. Están actualmente desarrollando un nuevo ensayo de desplazamiento por el agua, en el cual simulan la acción del tráfico en modelo reducido. Las heladas también les han causado alguna vez desperfectos en este tipo de aglomerados abiertos.

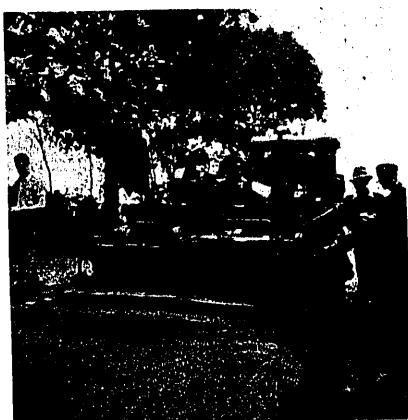


Figura 1.^a

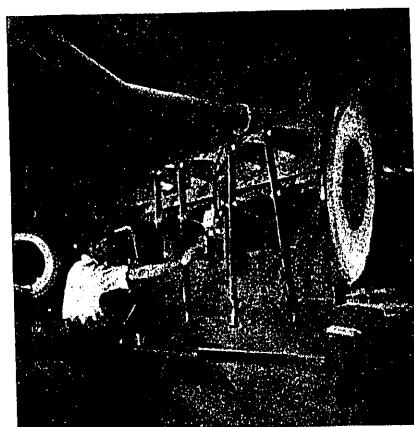


Figura 2.^a

Respecto a la maquinaria que utilizan para la construcción de aglomerados, es del tipo más moderno. Plantas de fabricación con posibilidad de dosificar con toda exactitud y distribuidoras del tipo Barber Green, principalmente. Solamente la Empresa Limmer & Trinidad Lake Asphalt dispone de unas 30 máquinas de este tipo. Construyen con las distribuidoras mecánicas hasta las carreteras más estrechas. En la figura 1.^a se puede ver una distribuidora en una obra de la contrata Wimpey, en la cual, como puede observarse, la anchura es tan escasa que ocupa la máquina toda ella; advertiremos, además, que este tramo tenía sólo media milla de longitud; es decir, el número de metros cuadrados a pavimentar era reducidísimo. Pero aparte de que al estudiar la obra ya se había tenido en cuenta la imposición por parte de la administración de utilizar este tipo de maquinaria, no se trataba de un solo tramo, sino de varios tramos cortos y separados, pero salidos a concursos todos juntos. La planta de fabricación que alimentaba todos ellos estaba situada en un punto céntrico y se transportaba el aglomerado desde la misma planta a cada uno de los tramos. Pero, eso sí, con distancias de transporte enormes. Este es un punto importante, el ver qué conviene más, si transportar la planta o transportar el aglomerado. Las distancias de transporte que emplean son muy grandes, de hasta 40 kilómetros en aglomerados abiertos, con betún y buen tiempo, y mayores cuando emplean *cut-back*.

Esto era lo que hacía posible la construcción de tramos de media milla; y en este caso era su propia planta portátil la que empleaba el contratista.

Pero un sistema muy desarrollado consiste en que el contratista compre el aglomerado a pie de obra. En Londres, según me informaron, existen seis o siete Empresas que se dedican a la fabricación de aglomerados. Yo estuve visitando dos de ellas. Una pertenece a Limmer & Trinidad Lake Asphalt, y la otra, a la Amalgamated Roadstone Corporation. La primera (fig. 2.^a) es una planta fija doble con dosificación por peso y rendimiento en total de 30 tone-

ladas/hora de media y 50 Tn./hora de máxima. Esta planta la utilizan exclusivamente para el servicio de la Empresa, para alimentar a todas sus obras de los alrededores de Londres.

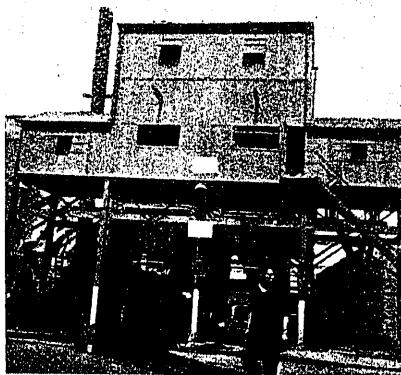


Figura 3.^a

La planta de la Amalgamated R. C. (fig. 3.^a) está dedicada exclusivamente a la venta del producto, en su mayor parte a pie de obra. Esta planta, también formada por elementos gemelos, tiene una capacidad máxima de 50 Tn./hora. Fabrican diariamente una porción de aglomerados de clases diferentes y emplean cuatro clases de productos bituminosos distintos. Tiene una flexibilidad para atender a la demanda extraordinaria y ello se debe a los modernos dispositivos de que está dotada, que la permiten cambiar de una dosificación a otra, con sólo sustituir en la instalación una sola pieza, que pesará un par de kilos.

Como ya hemos dicho, esta planta, que está situada a la orilla del Támesis y se alimenta por mar directamente de granito de Cornwall, no hace más que vender áridos clasificados y aglomerados de distintas clases a pie de obra o sobre camión, según los casos. Su radio de acción, según me decían, es de hasta 100 Km. en los casos en que emplean *cut-backs*.

Estas plantas fijas grandes tienen indudables ventajas. La principal es que las mezclas que fabrican son de confianza. El control que en ellas se lleva es matemático. Generalmente, no fabrican más que las mezclas especificadas por los British Standard y cada una de ellas la tienen, digamos, como grabadas en la pieza esa de dos kilos, que antes dijimos era la única que había que cambiar. Cada pieza es un B.S. y no hay factor humano que pueda modificar la mezcla. Además, el pequeño contratista puede, de esta forma trabajar ahorrándose una de las máquinas más costosas para su obra.

Emplean mucho, para aumentar la rugosidad de los firmes, gravilla embetunada, que incrustan en los hormigones asfálticos.

Después de un apisonado inicial y mientras la mezcla está aún caliente y en condiciones plásticas, la cubren con una capa de gravilla embetunada de 12 ó 20 mm. La gravilla está previamente mezclada con un 2 a un 3 por 100 de betún de 40 a 50 de penetración. Para que la gravilla pueda llevar todo este betún y mejorar las condiciones de adhesividad, efectúan la mezcla añadiendo del 2 al 3 por 100 de *filler*. Nada más salir de la mezcladora, cuando cae al camión que se está cargando, riegan la mezcla con agua abundante, para evitar que los granos se peguen unos a otros. De esta forma queda una gravilla recubierta de una película dura de betún y con los granos separados unos de otros, para poderla extender en frío.

La proporción empleada es de 8 a 12 Kg./m.² para el tamaño de 12 mm., y de 9 a 17 Kg./m.² para el tamaño de 20 mm.

Una vez extendida, proceden a apisonarla, incrustándola en la capa de rodadura aún caliente.

En hormigones cerrados es prescriptivo el uso de este tipo de gravilla cuando el tanto por ciento de árido grueso no pasa de unas proporciones determinadas. En los restantes casos su empleo es voluntario.

Riegos superficiales.

Son especialmente interesantes los métodos que utilizan para prevenir los fracasos en los riegos efectuados en tiempo húmedo.

Como es fácil de comprender, este problema se les presenta a los ingleses de modo casi permanente y parece ser que lo han resuelto de manera satisfactoria.

Para nosotros pueden ser también interesantes estos métodos en muchas ocasiones en que no hay más remedio que seguir efectuando los riegos cuando ya el tiempo está inseguro.

Como es sabido, el activar un producto bituminoso para emplear en riegos superficiales, tiene poca eficacia y esta opinión es compartida también por los ingenieros ingleses.

Emplean dos métodos diferentes para evitar el peligro del agua:

1. Uno consiste en preparar una solución del activante en creosota, en determinadas proporciones y condiciones.

La gravilla, aunque esté húmeda, la mezclan con las adecuadas proporciones de dicha solución y la extienden después sobre la película de ligante recién extendida.

La mezcla de la gravilla con la solución puede tenerse sin usar hasta durante un mes.

2. En el otro método, riegan la película recién extendida del ligante con la solución del activante anteriormente citada, e inmediatamente después proceden a extender la gravilla.

El riego con la solución lo efectúan enganchando detrás del mismo camión regador el aparato de la figura 4.^a, en el cual la solución se extiende por fuerza centrífuga, mediante los dos dispositivos que lleva acoplados.

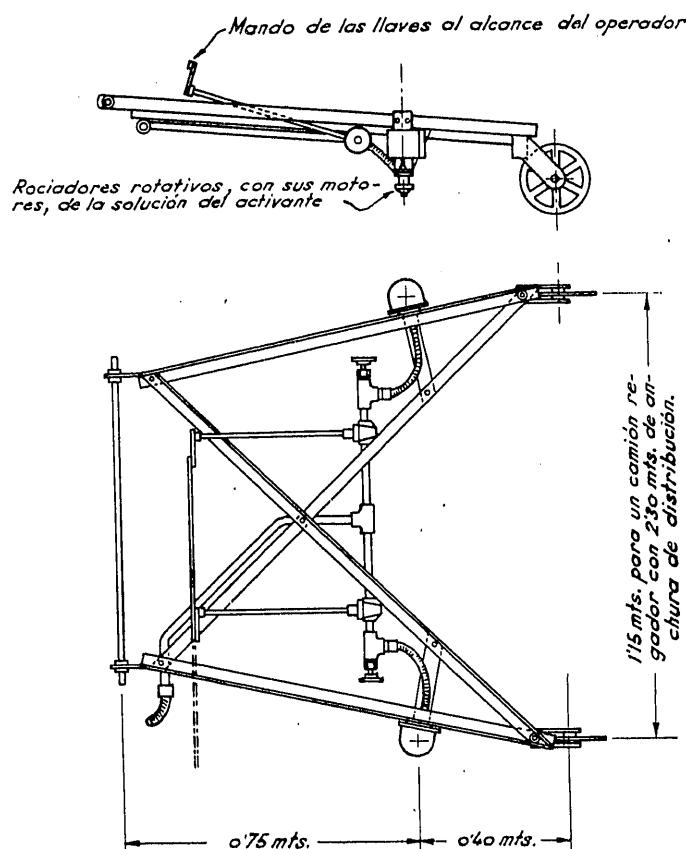


Figura 4.^a

El primer método es más caro, pero da resultados, por lo visto, aún mejores que el segundo.

El activante que utilizan es el D.S.2274, que es un compuesto cuaternario de amonio. Pero por lo visto, se pueden obtener resultados satisfactorios con algunos otros tipos.

Utilizan mucho en los riegos superficiales sus alquitranes, de excelente calidad, y los cut-backs, así como las emulsiones bituminosas.

Pero estudian con todo cuidado las proporciones a emplear de ligante y gravilla, según la viscosidad de aquél y las dimensiones de ésta, así como el tráfico existente y las condiciones de la superficie a regar.

Los riegos superficiales, según me decían, no se suelen marchar por mala calidad de los materiales, sino por dosificarlos de manera inadecuada.

Son muy interesantes los estudios que sobre este punto está actualmente llevando a cabo el Road Research Laboratory.

Laboratorios.

Pero lo que más me ha llamado la atención de la construcción de carreteras, es la extensa red de laboratorios.

El Road Research Laboratory es, exclusivamente, un laboratorio de investigación; por tanto, en él no se hacen ensayos de rutina, salvo raras excepciones.

Para dar una idea de la importancia de estos laboratorios, basta con saber que trabajan allí unos 75 graduados (ingenieros, químicos, físicos y matemáticos), unos 150 especialistas sin graduación y 175 obreros.

Su presupuesto anual es de 300.000 libras, que teniendo en cuenta que los gastos totales efectuados en carreteras durante el año financiero 1949-50, ascendieron a 79 166 000 libras, representan un 0,38 por 100 consumido en investigaciones exclusivamente.

A parte de esto, algunos de los County Council, que son los organismos oficiales encargados de las carreteras de cada uno de los condados, tienen sus laboratorios propios para hacer sus ensayos de rutina e investigaciones en menor escala.

Pero más que esto, asombran los magníficos laboratorios de que disponen los contratistas.

Tuve ocasión de visitar dos de ellos, los de Limmer & Trinidad y los de Wimpey, y por falta de tiempo no pude hacerlo con los de la Amalgamated Roadstone Corporation.

Limmer & Trinidad tiene un laboratorio central en Londres y otros siete distribuidos por toda Inglaterra. Además dispone de dos laboratorios portátiles de obra. En ellos efectúan todos los ensayos de control de sus obras y resuelven los problemas que se les pueden presentar.

El laboratorio de Wimpey, en Londres, es algo sorprendente. Como es un contratista de construcción en general, tiene secciones de cada una de las distintas especialidades: productos bituminosos, hormigones hidráulicos, metalurgia, etc. ... Aparte de este



Figura 5.^a

laboratorio disponen de otros varios distribuidos por todo el territorio y laboratorios portátiles de pie de obra, que son, simplemente, unos remolques. En la figura 5.^a se puede ver uno de estos laboratorios, instalados junto a una de las plantas de fabricación que visité, próxima a Brighton.

En su sección de asfaltos del laboratorio central, llevan exclusivamente el control de las obras próximas y de todos los demás laboratorios suyos, para comprobar de cuando en cuando, con las muestras que les envían, si los resultados que están obteniendo son correctos.

Además del control de sus obras, en estos laboratorios hacen los trabajos particulares que les encargan.

Por último, existen los llamados "Consulting Engineers", ingenieros a los cuales acude la administración o los contratistas, que muchos de ellos tienen también sus laboratorios particulares, y que actúan como asesores, proyectistas o directores de obra en determinados casos.

Las calles de Londres.

Los pavimentos. — Los pavimentos de Londres modernos son modelo de buena calidad y excelente perfilado en su mayor parte.

Hasta hace algunos años, los ingleses eran, como es sabido, muy aficionados a los adoquinados de madera. Estos pavimentos tienden hoy a desaparecer, pues los están sustituyendo en su mayor parte. Todavía quedan numerosas calles pavimentadas de esta forma, que cuando llueve resultan francamente deslizantes. Muchas de ellas han recibido tratamientos superficiales asfálticos, para mejorar sus condiciones, pero con el inconveniente de que su duración es escasa.

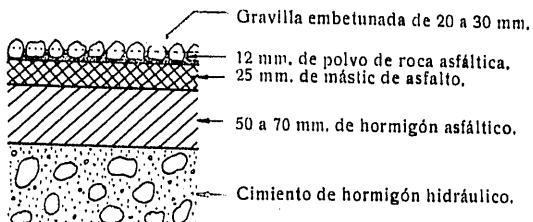


Figura 6.^a

Apenas se ven tampoco los adoquinados de piedra en las calles de la ciudad. Casi todos los pavimentos son asfálticos, de diferentes tipos. En todos ellos preside la preocupación de conseguir capas de rodadura antideslizantes, que si bien es un problema general en todos los países, se acentúa especialmente en Inglaterra, donde llueve con gran frecuencia.

Uno de los tipos de mejor calidad es el dibujado en la figura 6.^a. Está formado, como puede verse, por un cimiento generalmente de hormigón hidráulico, una capa de 5 a 7 cm. de hormigón asfáltico en caliente y otra de 2,5 cm. de mástic de asfalto; sobre esto echan una capa de 1,25 cm. de polvo de roca asfáltica enriquecido y en frío, sobre la que extienden gravilla embetunada de 20 a 30 mm., que después apisonan, y sobre la que espolvorean una pequeña cantidad de polvo de roca asfáltica.



Figura 7.^a

Esta gravilla embetunada es, en la mayoría de los casos, de dos clases: una blanda y otra dura. La primera, en proporción de 1/3 del total y tamaño de 20 mm.; la segunda, formando los otros 2/3 y de 25 mm. de tamaño. Con esto tratan de conseguir que bajo la acción del tráfico se desgaste la blanda y quede el firme más rugoso.

En cuanto a la manera de embetunar la gravilla, advertiremos que en este caso emplean de un 2 a un 2,5 por 100 de betún y un 3 por 100 de filler, pero el betún que emplean es de 200 a 400 de penetración y no lo riegan con agua al salir de la mezcladora; con ello, las gravillas no quedan sueltas, como en el caso descrito para la gravilla embetunada a aplicar al hormigón asfáltico, pero forman una mezcla viscosa fácil de manejar en frío, que es mucho más adecuada para emplearla en este caso, que se ha de aplicar sobre polvo de roca asfáltica en frío y, por lo tanto, suelta. La cantidad empleada por metro cuadrado es también mayor.

En la figura 7.^a se puede ver una fotografía que tomé en una calle de Londres con este pavimento en construcción. En ella se ve el momento en que están extendiendo el polvo de roca asfáltica y la gravilla embetunada.

Este tipo de pavimento resulta con una superficie de rugosidad extraordinaria, pues las gravillas, como es lógico, sólo quedan cogidas en su parte inferior, formando el resto un mosaico dentado de muy

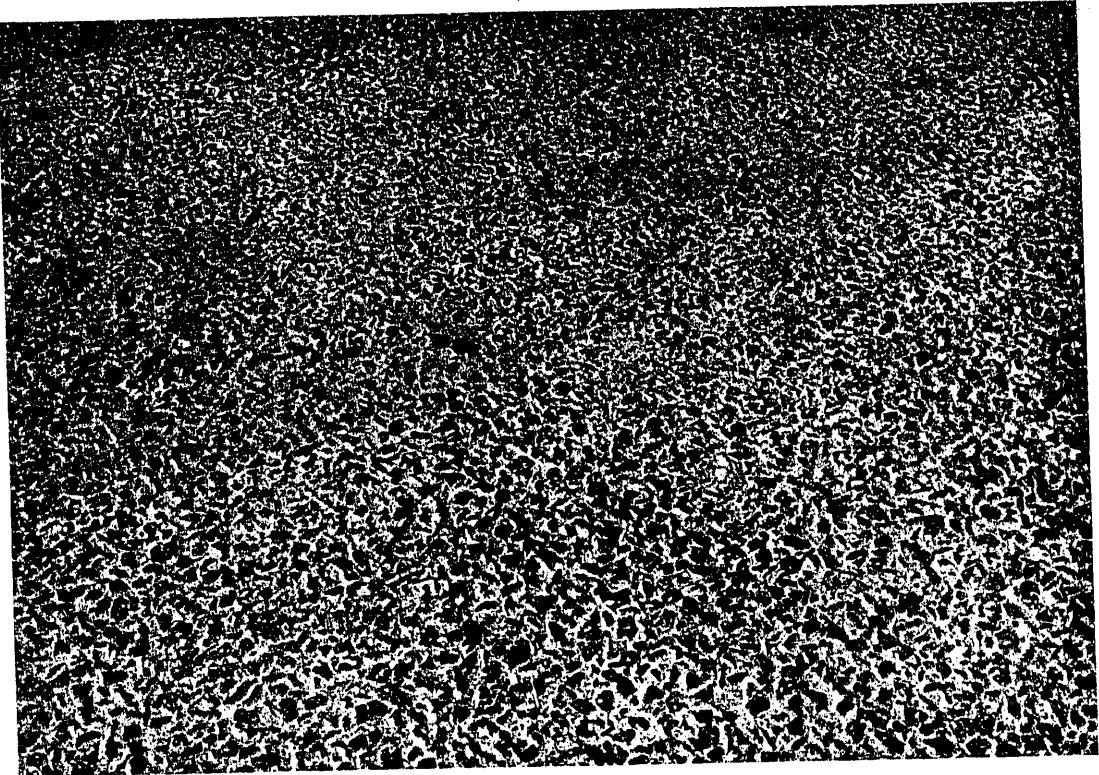


Figura 8.^a

buenas características. En la figura 8.^a reproducimos una fotografía del Road Research Laboratory, tomada de este tipo de pavimentos. Pero desde luego, es un pavimento caro, debido, en parte, a que lo utilizan principalmente para reemplazar a los adoquinos de madera, y por ello, se ven obligados a sustituir el canto total del adoquín por la nueva capa de rodadura.

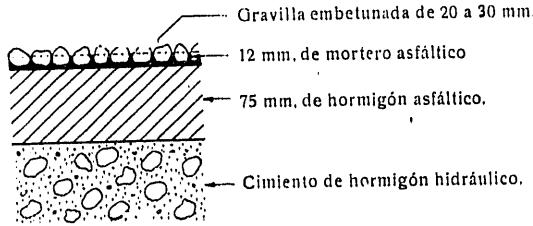


Figura 9.^a

Ultimamente han construido, en la Park Lane, un pavimento en plan de prueba tratando de conseguir la misma textura superficial y buena duración, pero a un precio más bajo.

En la figura 9.^a se ve la sección de dicho pavimento. Sobre el cimiento de hormigón hidráulico lleva 7,5 cm. de hormigón asfáltico en caliente, y sobre ello, una capa de 12 mm. de mortero asfáltico de determinadas características, en la que incrustan la gravilla embetunada. El aspecto exterior de este pa-

vimento es exactamente igual al descrito anteriormente. En la figura 9.^a, a, se ve una fotografía obtenida por el Road Research Lab. de un pavimento de características muy parecidas al mencionado.

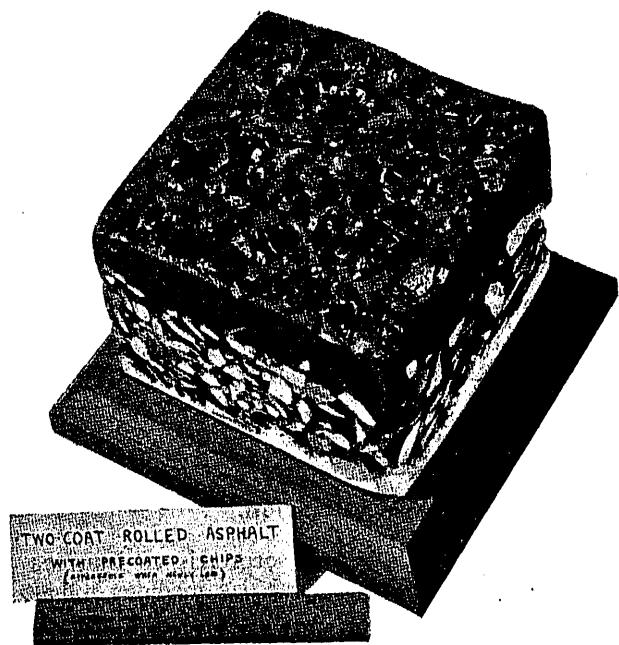


Figura 9.^a, a.

Otros tipos de pavimentos empleados en las calles son los dibujados en las figuras 10 y 11; el de la figura 10, con 5 a 7,5 cm. de polvo de roca asfáltica en caliente, y el de la figura 11, con una capa in-

medio de señas luminosas, movidas, en su mayor parte, por el mismo tráfico y con la duración del corte proporcional a la importancia de cada calle. Sólo en puntos excepcionalmente difíciles existen policías de circulación además de las luces.

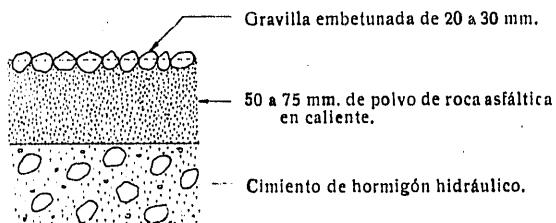


Figura 10.

termedia de hormigón esfáltico y la capa de rodadura con 5 a 6 cm. de un hormigón asfáltico con sólo un 35 por 100 de árido de tamaño superior a 2,5 mm.

Pero en casi todos los casos, según se ve, terminan los pavimentos con una capa de gravilla embetunada incrustada, empleando para ello la técnica del betún duro o blando, según las características peculiares del caso.

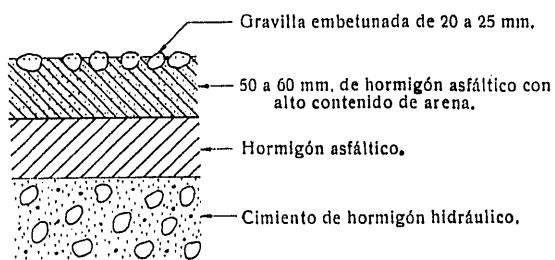


Figura 11.

Es digno de mencionarse también el pavimento construido en The Mall, paseo que conduce al Palacio de Buckingham. En él, sobre una capa intermedia de hormigón asfáltico, han extendido de 25 a 35 mm. de hormigón asfáltico coloreado de rojo y con gravillas especiales, y sobre ello, las consabidas gravillas embetunadas, formadas, en este caso, por piedra rojiza y cubiertas con un betún también coloreado con pigmentos especiales. Su aspecto es realmente bonito y original, pero es solamente aplicable a vías con mucha circulación, para que el tráfico pulimente y limpie la superficie, dejando al descubierto el color pretendido.

La señalización.

Una de las cosas que más sorprende en Londres es la señalización y, en general, las medidas tomadas para proteger a la circulación y al peatón.

Todos los cruces importantes o peligrosos, hasta en los barrios más extremos, están protegidos por

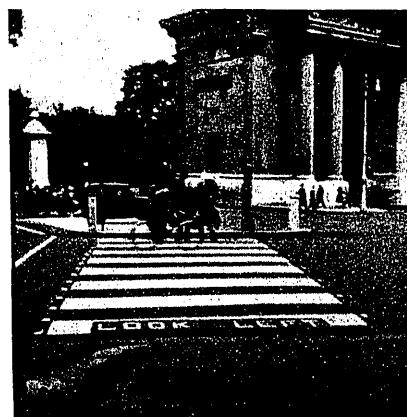


Figura 12.

Yo no sé si en España resultaría o no más caro el sistema de luces que el de policías de circulación en los cruces, pero de lo que estoy seguro que es carísimo, es tener a la vez policías y luces en todos los cruces, como vemos en nuestras calles, y que, por otra parte, si sirve para algo es para confundir y producir más accidentes.

Los peatones son libres para cruzar por donde gusten; pero a determinados intervalos disponen de cruces especialmente construidos para ellos. Los llá-

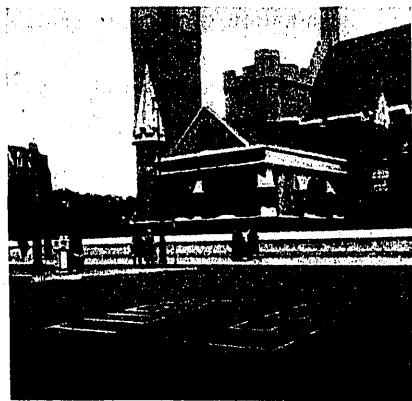


Figura 13.

man *zebra crossings*, pues, como puede verse en la figura 12, están formados por rayas blancas y negras alternadas. El fin que con ello se persigue es una buena visibilidad para el conductor del vehículo, que tiene la obligación de detenerse si hay alguien cruzando la calle por uno de estos puntos. Además, a cada

uno de los lados, colocan, sobre un tubo vertical, pintado también de blanco y negro, una esfera iluminada de color naranja.

Son muy curiosos, a este respecto, los estudios llevados a cabo por el Road Research Laboratory y las numerosas estadísticas que han efectuado antes de decidirse a adoptar este tipo determinado de cruce de peatones.



Figura 14.

En cuanto a la manera de construir estos cruces, observaremos solamente que no están simplemente pintados sobre el pavimento, sino que emplean mastic asfáltico de color blanco para construirlos.

Utilizan también mucho la señalización grabada en el mismo pavimento. Es muy frecuente encontrarse letreros en el firme, como el de la figura 12, que dice: "Look left", pues por tratarse de una vía de

dirección única, el peatón miraría instintivamente hacia el lado habitual, con peligro de ser atropellado.

De la misma manera utilizan este tipo de señalización para guiar a los vehículos en su recorrido (figura 13).

En todo se ve un respeto minucioso a la seguridad y comodidad de los peatones y vehículos; y ello sin entrar a describir otros detalles que son de tipo un poco más urbanístico, como las protecciones contra la lluvia en las paradas de autobuses (fig. 14), los bien montados servicios de teléfonos públicos en la calle, el servicio de llamada a la policía, etc.

* * *

Tengo que agradecer la gran ayuda que me han prestado en mis visitas el "Ministry of Transport", por intermedio de Mr. Sinclair, Mr. S. W. Wood y Mr. C. G. Havers, así como el "Road Research Laboratory", por su Director, Dr. Glanville, Dr. Lee, Dr. Lonsdale y todos los especialistas del mismo.

Pude hacer también visitas muy interesantes gracias a la amabilidad de la Empresa The Limmer & Trinidad Lake Asphalt y Previte (Trinidad Lake Asphalt) Continental Limited, por intermedio de Mr. C. Greville Smith, Mr. D. C. Broome, Mr. V. L. Hope y Mr. R. A. Attwooll.

La Empresa Wimpey me atendió muy amablemente por intermedio del Jefe de su Laboratorio de Asfaltos y de Mr. Davey.

También fuí atendido con todo interés por la Empresa Amalgamated Roadstone Corporation, por intermedio de Mr. Lewis.