

Hormigones asfálticos¹

FIRME

Este puede hacerse en una o dos capas. En el caso de dos capas, la inferior (llamada *Binder* por ingleses y americanos, de *To bind*, unir, ligar) sirve de unión al cimientto y a la superior, o capa de rodadura (llamada *Topping*, de *top*, encima). Lógicamente esta última tiene que ser más densa e impermeable que la de abajo, a la vez que más rígida. Esta es la razón por la que en la capa de ligazón, o *Binder*, el elemento árido es grueso, no hay *filler*, y la penetración del betún es más alta que en la capa de rodadura, o *Topping*. En ésta, la gravilla, cuando hay, entra en pequeñas proporciones y tiene *filler*.

El espesor del *Binder* varía de 5 a 6,5 cm; el del *Topping*, de 2,5 a 3,5 cm.

Cuando el hormigón asfáltico se hace en una sola capa, su composición varía según su espesor, aumentando la proporción de gravilla al aumentar aquél, pero resultando siempre un intermedio entre *Binder* y *Topping*, siendo más densa y menos elástica que el primero y menos densa y más elástica que el segundo, aunque siempre resulta una mezcla estable al regular las proporciones de arena y *filler*.

Ambos firmes han dado excelentes resultados y tienen ventajas e inconvenientes que enumero a continuación.

En favor del afirmado de dos capas tenemos:

Que la de ligazón, o *Binder*, aumenta la capacidad del cimientto para soportar cargas.

Que, por la elasticidad del mismo, aminora los efectos del impacto.

Que el *Binder* constituye una capa económica, cuyo espesor es la mayor parte del firme, sobre la que va una mucho más cara, con el espesor necesario y suficiente para hacer frente al desgaste producido por el tráfico.

Que cuando el pavimento haya de ser renovado, basta levantar el *Topping* y extender uno nuevo sobre el *Binder* antiguo.

Esta es una ventaja que ha sido muy discutida, pues la única forma de levantar parte de un pavimento de asfalto sin afectar a la que queda es derretirlo, y esto hasta ahora se hacía con aplicación directa de la llama, y el efecto de ésta no era derretir, sino quemar el betún, que perdía sus propiedades, y muchas veces había que levantar ambas capas por haberse quemado el betún del *Binder*, con la consiguiente pérdida de penetración, y, por consecuencia, de elasticidad, haciéndose quebradizo. Resultaba, pues, un inconveniente más que una ventaja.

He tenido ocasión de presenciar en un suburbio de Londres unas pruebas de una máquina de patente americana para derretido de pavimentos asfálticos, que dió excelentes resultados. El pavimento era uno antiguo de *mastique*, que se había hecho extremadamente resbaladizo y peligroso para el tráfico.

Por la acción de éste, se había acumulado mucho betún asfáltico en la superficie, y era necesario derre-

tirlo, quitar la parte superficial y recrecerlo. El derretido se llevó a cabo con este aparato, que lo hace con aire caliente, y en forma tal, que la zona sobre que se aplica se puede levantar, al retirar la máquina, con palas, sin que el betún levantado presentara síntomas de haberse quemado. Se levantó una capa de un centímetro o 1,5 cm, y se extendió inmediatamente otra igual de hormigón asfáltico dosificado como el *Topping*, con lo que quedó un firme de dos capas; un *Binder* de *mastique* y un *Topping* de hormigón asfáltico.

El resultado fué altamente satisfactorio. Resulta, pues, que la última ventaja enumerada será una realidad que pesará extraordinariamente en favor del afirmado de dos capas.

En contra del afirmado de dos capas tenemos:

Que los retrasos, dificultades y riesgos debidos a las malas condiciones atmosféricas se duplican, así como los errores que se puedan cometer en las mezclas.

Las reparaciones afectando todo el espesor del firme son molestas y caras por tenerse que hacer dos clases de mezclas y en dos veces.

Con una misma instalación y a igualdad de tiempo, se hacen muchos más metros cuadrados de una sola capa que de dos.

Es más caro el de dos capas que el de una.

Y, finalmente, tiene ventaja el de una capa sobre el de dos en las pendientes, en que el esfuerzo tangencial producido por los camiones al subir tiende a dejar huellas, y para evitarlas hay que reforzar el *Binder* empleando una mezcla más rica, con lo que nos aproximamos al afirmado de una capa.

Estas son las principales ventajas e inconvenientes de las dos clases de pavimentos. La que en la práctica pesa más es la económica, y cuando se dispone de dinero se suele hacer el pavimento de dos capas.

Fijada, pues, la clase de pavimento y hechas las mezclas como queda dicho anteriormente, y con las dosificaciones debidas, de que más adelante nos ocuparemos, pasemos al tendido y apisonado del material.

TENDIDO Y APISONADO

El tendido es igual para el *Topping* que para el *Binder*. Cuando llegan los camiones al tajo, no se vuelcan de una vez, porque esto resultaría antieconómico, al tener que transportarse a pala unas cinco toneladas la longitud ocupada por ellas extendidas; además, el material se enfriaría mucho, y al verterlo de una vez se apelmazaría y haría más difícil su tendido. Lo que se hace es ir vertiendo poco a poco, extendiéndolo rápidamente con palas y rastrillarlo, avanzando el camión a medida que avanza el tajo.

Se deben evitar los apelmazamientos del material, deshaciéndolos, bien con las palas, ya con los rastrillos, y procurar presentar para el apisonado una capa igualmente densa, de espesor uniforme y un poco mayor que el que va a tener después del apisonado.

Esta operación requiere que los obreros con los

¹ Véase el número anterior, página 179.

rastrillos tengan una gran vista, para sacar uniforme la superficie, y un capataz con gran experiencia.

El apisonado no es lo mismo para el *Topping* que para el *Binder*. Debe ser más enérgico para el primero que para el segundo, puesto que aquél va a constituir la superficie del pavimento, y debe resultar completamente impermeable y más igualado. Se hace con rodillos de seis a diez toneladas. El mecánico debe ser muy experto.

Como normas generales en el apisonado se deben indicar: No pararse dos veces en el mismo sitio, porque esto ocasionaría un resalte en la superficie. No entrar con el rodillo en donde el material esté muy caliente, pues se producirán ondulaciones difíciles de corregir, y además aquél se adherirá a las llantas de éste.

No dejarlo tampoco enfriar mucho, porque entonces no se podrá obtener una buena consolidación. La temperatura ambiente juega un papel importante, y el apisonado irá tanto más retrasado con relación al tendido cuanto más caluroso sea el día.

Cuando se levante un trozo a la superficie adherido a las llantas, o por mal rastrillado se ha dejado un bache, se agrega nuevo material después de rastrillar la superficie apisonada. De otra forma, la parte agregada no se uniría a la antigua.

Para evitar la adhesión a las llantas del rodillo se mantienen éstas humedecidas.

Naturalmente que cuando el pavimento sea de una capa, el apisonado se lleva a cabo como en el *Topping*, puesto que realmente lo es.

Según la cantidad de tráfico, el firme se hace a medio ancho o a todo el ancho. En el primer caso, y tratándose de firme de dos capas, la junta longitudinal del *Binder* de ninguna manera debe estar en el mismo plano vertical que la del *Topping*. Igualmente debe suceder con todas las juntas que haya que hacer al interrumpirse el trabajo por terminar la jornada. Todas estas uniones hay que hacerlas perfectamente, para lo cual se corta un poco del material tendido y se pinta con betún asfáltico lo que va a ser superficie de unión. Después de apisonado, se hace el sellado con un pisón caliente. Hay que cuidar mucho de la temperatura del pisón, porque si no tiene la debida, no derretirá el betún y la unión no será buena, y si, por el contrario, está muy caliente, quemará el material, haciéndolo quebradizo, y en vez de hacer una unión, lo que hace es una grieta por donde podrá penetrar el agua, que a la larga destruye el pavimento.

Los bordillos o encintado también se deben pintar en su cara interior con betún y hacer un sello con el pisón caliente, análogo al de las uniones.

Vemos, pues, que todo tiende a hacer una superficie absolutamente impermeable e igual, para evitar que el agua, que es un enemigo de todos los pavimentos asfálticos, pueda pasar a través o estancarse en ella.

Con esto tenemos el pavimento terminado; pero las superficies resbaladizas, son frequentísimas en Inglaterra, y en un día húmedo, que son muchos al año, es punto menos que imposible circular en automóvil sobre pavimentos con superficie lisa, y éste, como todos los asfálticos, la presenta principalmente cuando en el *Topping* no entra gravilla.

Y este problema, que ha preocupado y en la actualidad preocupa enormemente al ingeniero inglés, hace que el pavimento no termine aquí, sino que se trata de

formar una superficie rugosa. Y esto se consigue extendiendo sobre el *Topping*, y cuando todavía está caliente, gravilla de 1 a 1,50 cm, y a veces hasta dos centímetros, que previamente, y en el mismo mezclador de la instalación se ha revestido de betún asfáltico de la misma penetración que el empleado en el *Topping*, y apisonándola, con lo que se incrusta y adhiere a la superficie, quedando así un pavimento completamente rugoso y no resbaladizo.

Esta gravilla se reviste con un 3 ó un 4 por 100 de su peso de betún y se extiende a razón de unos 17 kg/m² de pavimento.

A continuación tenemos la superficie ocupada por una tonelada de mezcla, según los diferentes espesores y según que el pavimento sea de una capa o dos capas.

<i>Pavimentos de una capa:</i>			
Espesor de 6,25 cm (2,5 pulgadas).....	6,00 m ²	por	ton.
<i>Pavimentos de dos capas:</i>			
<i>Binder</i> de 5 cm.....	8,25 "	"	"
<i>Binder</i> de 6,25 cm.....	5,75 "	"	"
<i>Topping</i> de 2,5 cm.....	16,5 "	"	"
<i>Topping</i> de 3,75 cm.....	12,25 "	"	"

Claro está que estas cifras variarán al variar las mezclas, y son cifras aproximadas. Me han sido facilitadas por la Compañía "The Limmer and Trinidad Lake Asphalt", que fué la que introdujo el hormigón asfáltico en Inglaterra, y desde entonces viene construyendo esta clase de pavimentos. Las cifras son un promedio de los resultados obtenidos por la citada Compañía en los numerosos pavimentos que ha construido.

A la vista de estas cifras se deduce que la organización de una instalación en los pavimentos de una capa no ofrece ninguna dificultad, pues la mezcla siempre es la misma. No así con los de dos capas, en los que tenemos mezclas diferentes, betunes de penetraciones diferentes y, a igualdad de tonelada de material, el *Topping* ocupa mayor superficie que el *Binder*.

Si a esto unimos que el *Binder* debe recubrirse con el *Topping* lo más pronto posible, se comprende que la organización del trabajo sea algo más compleja. No se debe, pues, empezar a mezclar *Topping* hasta que no se haya tendido *Binder* sobre una superficie suficiente para una jornada de mezcla del primero.

De una manera general podemos decir que trabajando alternativamente dos días en *Binder* y uno en *Topping*, se obtienen bastante buenos resultados.

Expuesto el proceso de ejecución del firme, vamos a ocuparnos de las dosificaciones, punto de indudable interés.

DOSIFICACIONES

Antes de pasar a fijar las proporciones en que entran en las mezclas la gravilla, arena y *filler*, veamos lo que ingleses y americanos designan con estos nombres.

Arena es el árido que pasa el tamiz de un octavo de pulgada y es retenido en el de 200 mallas.

Filler es el elemento que pasa el tamiz de 200 mallas.

Los tamices a que nos hemos referido son los preconizados por la "American Society for Testing Materials", y a continuación tenemos los tamices empleados y el diámetro de los granos que pasan a través de ellos.

Tamiz	Diámetro en pulgadas	Diámetro en milímetros
200 mallas	0,0027	0,068
100 "	0,0058	0,147
80 "	0,0089	0,230
50 "	0,014	0,356
40 "	0,016	0,406
30 "	0,020	0,508
20 "	0,034	0,864
10 "	0,075	1,905

Para obtener una buena mezcla de hormigón asfáltico conviene hacer una de gravilla y arena en que el tanto por ciento de huecos no sea muy elevado. Ahora bien; sabemos que este tanto por ciento, para una igual compresión, depende de la composición granulométrica y de la forma de los granos. Y como esta última varía de unos áridos a otros, forzosamente tendrá que variar la primera. Los huecos de la mezcla gravilla-arena hay que rellenarlos, sobre todo en la capa de rodadura, con *filler* y betún. El primero mata algunos huecos, pero no es éste su papel primordial, sino contribuir a incrementar la adhesión entre el árido y el betún, formando un conjunto de gran plasticidad. El tanto por ciento de betún para aglomerar el material inerte depende de la cantidad de granos menudos de éste; si son muchos, la superficie a recubrir con el aglomerante es grande y el tanto por ciento de betún asfáltico necesario también, lo que resulta antieconómico. Si son pocos, resulta una mezcla inestable. Se llega a la solución más conveniente después de algunos ensayos. Para mezclas hechas con las mismas clases de materiales, cuanto mayor el tanto por ciento de gravilla, menor el tanto por ciento de betún. El papel que la gravilla juega en las mezclas no es en todas igual. Consideremos el *Topping* formado por arena, *filler* y betún asfáltico como la mezcla primitiva. Agregando pequeñas cantidades de gravilla obtenemos un refuerzo en la mezcla, pero con ésta no podemos formar sino una superficie de rodadura, necesitando una capa inferior de ligazón. Cuando el tanto por ciento de gravilla agregada es mayor de 25, pasamos al pavimento de una capa, obteniendo un buen afirmado de esta clase con un 55 a 60 por 100. Aumentando más la proporción de la gravilla, la arena y el *filler* dejan de ser el material inerte primordial, para convertirse con el betún asfáltico en el mortero de la mezcla.

Claro está que en estos aumentos sucesivos, y para obtener mezclas estables, tendremos que variar, aunque poco, las proporciones de betún y *filler* del primitivo *Topping*. A continuación tenemos las dosificaciones empleadas en dos afirmados de hormigón asfáltico que, con carácter experimental y para su comparación con las demás clases de firmes asfálticos, ha construido "The Limmer and Trinidad Lake Asphalt Co. Ltd.", representando a "The Asphalt Roads Association", en colaboración con el Comité nombrado por el Ministerio del Transporte inglés para estudiar el trabajo experimental en

carreteras. Estos dos trozos pueden considerarse como modelo de pavimentos de hormigón asfáltico en Inglaterra por su carácter experimental, por la comparación que se va a hacer con los demás pavimentos asfálticos contruidos al mismo tiempo que ellos y porque no se escatimó nada para su buena ejecución. Esta se terminó al final del verano de 1930, y desde entonces están en observación y sometidos a pruebas (impacto, desgaste, resbalamiento, etc.) periódicamente. Cada trece días se hace un censo del tráfico, y como promedio circulan unas 11 800 toneladas diarias. Se hicieron 11 trozos de 220 yardas (201,166 m) de longitud y 30 pies (9,143 m) de anchura sobre el mismo firme y en igualdad de condiciones. Los dos trozos de hormigón asfáltico son: uno de una capa de 7,5 centímetros de espesor, y otro de dos capas de 6,75 centímetros de espesor el *Binder* y 3,25 cm el *Topping*.

Las dosificaciones son:

Pavimento de una capa:

Gravilla	57,5 %
Arena	28,0 "
Filler	7,0 "
Betún asfáltico	7,5 "
Asfalto natural	

Pavimento de dos capas:

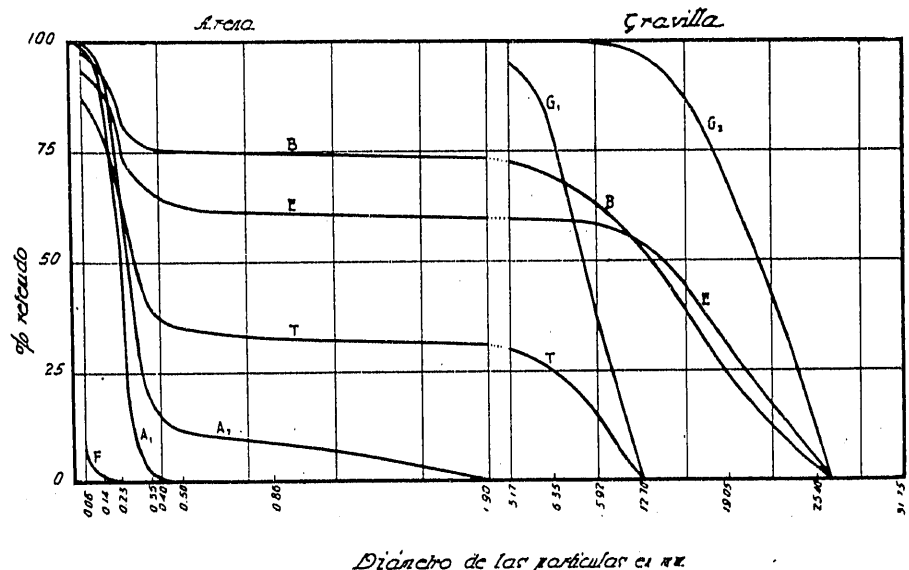
<i>Binder</i> o capa de ligazón.	
Gravilla	76,6 %
Arena	16,9 "
Betún asfáltico	6,3 "
Asfalto natural	

Topping o superficie de rodadura:

Arena	68,5 %
Filler	18,0 "
Betún asfáltico	13,5 "
Asfalto natural	

Para reforzar esta mezcla se agregó un 25,4 por 100 de gravilla, ajustando después la proporción de betún.

En las tres combinaciones anteriores el material asfáltico usado fué una mezcla a partes iguales de un betún asfáltico residual y asfalto natural de la isla Trinidad, preparado con la penetración requerida. Los tantos por ciento en peso fijan las proporciones en que los materiales entraban en las mezclas.



Por medio de curvas hemos representado las composiciones granulométricas de los áridos. Las abscis-

sas representan el diámetro de los granos en milímetros, y las ordenadas el tanto por ciento del árido retenido en el tamiz correspondiente. Hay una discontinuidad en el eje de abscisas y un cambio de escala, al pasar de la arena a la gravilla. La composición granulométrica de la gravilla empleada para el *Binder* y para el pavimento de una capa está representada por la curva G_2 . La G_1 representa la composición granulométrica de la gravilla empleada en el *Topping*. Vemos que esta última es más menuda que la primera. Ambas son de granito, con peso específico de 2,71 y 43 por 100 de huecos la G_2 y 41 por 100 la G_1 .

La composición granulométrica de la arena empleada en el *Topping* y en el pavimento de una capa está representada por la curva A_2 , y la empleada en el *Binder*, por la A_1 . Ambas tienen un peso específico de 2,65 y 29,7 por 100 de huecos la primera y 31,5 por 100 la segunda.

La curva F representa la composición granulométrica del *filler*, que es cemento portland.

Hechas las mezclas y extendido y apisonado el material, se tomaron muestras para ser analizadas, y los resultados obtenidos fueron satisfactorios y concordantes con lo calculado. En efecto: las curvas T , B y E representan la composición granulométrica de los áridos después de haber separado por disolución el betún soluble, y difieren poco de las que se pueden calcular al mezclar los áridos en las proporciones especificadas anteriormente. Solamente puede verse un aumento en la cantidad de *filler*, y esto es debido a que en la mezcla se empleó asfalto natural Trinidad, y éste lleva en suspensión materia mineral que pasa por el tamiz de 200 mallas y que, por consiguiente, aumenta la proporción de *filler* al separar el betún asfáltico con un disolvente.

Por análisis también se determinó el tanto por ciento de huecos del pavimento, obteniéndose los resultados siguientes:

Para el <i>Topping</i>	0,0 %
Para el <i>Binder</i>	5,9 "
Para el firme de una capa.....	0,9 "

Pasemos a ocuparnos de los defectos que se presentan más frecuentemente en los firmes de hormigón asfáltico y de las causas que los originan.

DEFECTOS Y SUS CAUSAS

En toda clase de pavimentos asfálticos, y precisamente por la bondad de la superficie de rodadura, los defectos se ven mejor y son más escandalosos que en cualquier otra clase de afirmados. Los defectos pueden ser de proyecto y de construcción. Los primeros, aunque escasos, existen, y es obvia la razón de su existencia. A veces, por razones de economía, se cometen errores, que se evitan no proyectando esta clase de pavimentos, a menos de que se disponga de dinero suficiente. Como normas generales a seguir en el proyecto se deben indicar: disponer un buen cimiento y soporte lateral. Todo lo que sea faltar a esta condición es ir al fracaso.

Proveer el bombeo necesario, para evitar que el agua se estanque en la superficie, y no más del necesario, para que el tráfico circule por todo el ancho del firme, lo que no sucedería si la inclinación transversal fuera excesiva.

Fijar las dosificaciones y espesores de las capas

con arreglo al tráfico. Si éste es pesado y la capa de ligazón no es suficientemente compacta, se producirá la desintegración. Si aquél es ligero y el *Binder* demasiado denso, es antieconómico. Si hay exceso de betún, éste fluirá a la superficie y el tráfico dejará huellas. Si, por el contrario, falta, se producirán grietas.

Las condiciones a que deben satisfacer los materiales son importantísimas. En cuanto a calidad del árido, deben ser las mismas requeridas para los demás pavimentos. La composición granulométrica juega un papel muy importante, sobre todo en la arena. Despreciar esta condición es lo mismo que no fijar las que debe llenar el betún asfáltico.

El *filler*, que da una gran plasticidad a la mezcla, aumentando las condiciones aglomerantes del betún, debe ser un polvo muy finamente molido, inerte y capaz de permanecer en suspensión cuando el betún asfáltico esté fundido. En esto estriba la ventaja que el asfalto natural procedente del lago Trinidad tiene sobre los betunes asfálticos residuales, pues aquél, después de refinado, lleva en estado coloidal un 38 por 100 de material mineral, lo que hace que las mezclas obtenidas con este material sean de mayor estabilidad que las obtenidas con las residuales. El *filler* que más se usa es un cemento portland artificial, siendo la razón de su uso la finura y homogeneidad de su molido.

El betún asfáltico debe tener una penetración tal que no deje huellas el tráfico ni se produzcan grietas. La curva de ductilidad a bajas temperaturas es muy importante y debe ser lo más recta posible. El punto de fusión debe estar por encima de las temperaturas máximas de la localidad. También es importante la prueba de volatilización, especificando la pérdida durante siete horas a la temperatura a que se vaya a fundir el betún, y viendo después de esta prueba que la penetración y ductilidad del material no han cambiado, sobre todo esta última.

El punto de inflamabilidad debe ser superior a la máxima temperatura a que se haya de someter el betún.

Los defectos de construcción son todos debidos a la impericia de los obreros, y hay que cuidar de las temperaturas durante la mezcla, porque si los áridos se calientan demasiado, al mezclarlos con el betún queman a éste, haciéndolo quebradizo. Por el contrario, si no tienen suficiente temperatura, la mezcla no se puede hacer bien ni el tendido tampoco. Durante el tendido y apisonado se ocasionarán los defectos que hemos señalado, cuando de ellos nos ocupamos, al no seguir las condiciones también especificadas.

Los defectos se manifiestan por grietas y por desintegración del pavimento.

Las grietas se producen:

Al producirse grietas en el cimiento.

Al usar betún de baja penetración o baja ductilidad.

Cuando son escasas las proporciones de betún en la superficie.

Cuando se usa un betún no apropiado.

Cuando se usa un agregado no apropiado.

Por falta de compresión.

Por falta de tráfico.

Por cambios bruscos de temperatura.

Por vibraciones de carriles de tranvías, etc.

La desintegración es debida:

A un cimiento débil.

A hacer una mezcla de calidad inferior.

A la acción del agua al penetrar por una grieta.

A la acción del gas del alumbrado (escapes, etc.).

A una desigualdad en el espesor del pavimento, con el consiguiente impacto al pasar el tráfico.

Como enemigos de un pavimento asfáltico tenemos la suciedad y el agua, y en donde se forme una grieta con la presencia de estos dos factores, vendrá la inmediata disgregación.

PRECIOS

A continuación indicamos los precios usuales en Londres para las diferentes clases de trabajos y los precios equivalentes en pesetas, supuesto el cambio a cuarenta.

Pavimento de una capa de 5 cm de espesor.

De 3 chelines a 3 chelines 6 peniques la yarda cuadrada, o sean 7,16 a 13,13 pesetas metro cuadrado.

Pavimento de dos capas de 7,5 cm de espesor total.

De 4 chelines 6 peniques a 5 chelines 6 peniques la yarda cuadrada, o sean 10,75 a 13,13 pesetas metro cuadrado.

El mismo pavimento, de una sola capa, sale a unos dos o tres peniques menos por yarda cuadrada.

Pavimento de dos capas de 10 cm de espesor total.

De 5 chelines 6 peniques a 7 chelines la yarda cuadrada, o sean 13,13 a 16,73 pesetas metro cuadrado.

Todos los pavimentos anteriores, con un plazo de garantía de cinco años y uno posterior de conservación remunerada de otros cinco años, con remuneración de dos a cuatro peniques por yarda cuadrada, o sea, aproximadamente, de 0,40 a 0,80 pesetas metro cuadrado.

El precio de los materiales es, por lo menos, como en España, y los jornales son bastante más caros.

Marciano MARTINEZ CATENA
Ingeniero de Caminos

Estaciones de aforo

Aun siendo quizá el menos indicado para alabar, como merecen, las publicaciones del extinguido Consejo de la Energía, ya que su examen fué el superior de estas líneas, me resulta imposible aludirlas sin espontáneo e inmediato elogio, por la inmensa y brillante labor que representan y sus autores han realizado, acopiando numerosísimos datos para una razonada ordenación, de la cual derivan preciosos resúmenes, cuadros, croquis, mapas y multitud de gráficas estadísticas, cuya confección acredita una vez más, si ello fuera necesario, el claro talento organizador y sintético de nuestros ilustres compañeros Bello y González Quijano, de igual modo que la extensa cultura jurídica del letrado Sr. Alvarez Buyla, su valioso secretario y consejero administrativo.

Con la genial visión de conjunto que caracteriza al Sr. González Quijano, señala éste, en su *Avance para una evaluación de la energía hidráulica de España*, las dos clases de datos esenciales que determinan la resultante hidrográfica de cada cuenca fluvial para cierto período de tiempo, siendo una de ellas los referentes al agua meteórica caída sobre su superficie, y la otra los relativos a la cantidad aportada por el correspondiente *talweg*, puesto que, dada la positiva insignificancia de la filtrada hasta profundidad suficiente para estimarla, en realidad, como pérdida, la diferencia entre aquellos dos volúmenes totales equivaldría, aproximadamente, a la cantidad de agua evaporada, desde luego siempre que se trate de vertientes principales desaguando en el mar, por cuanto en las subcuencas laterales tributarias pudiera ocurrir que el agua absorbida en terrenos permeables de los altos valles o mesetas situados en la cabecera venga después a aflorar en forma de manantiales alimentadores de vaguadas afluentes a la región inferior del río, y hasta que, en alguna rara ocasión, vengan a

alumbrarse en la opuesta ladera, traspasando subterráneamente la divisoria principal.

De todas maneras, procede recordar que estas pérdidas por evaporación, las cuales, en totalidad, son, ciertamente, enormes, no se ha encontrado todavía eficaz medio directo alguno para poderlas estimar de manera segura, a pesar de su altísima importancia y a causa de la extrema complejidad de los fenómenos concurrentes al efecto.

Deducir, además, para cada una de las corrientes fluviales que desembocan directamente al mar, la relación media existente entre el agua aportada a éste y la recogida por su cuenca, representa el coeficiente de rendimiento o de escorrentía de la misma, dato interesantísimo, en particular si se obtiene durante largo plazo, abarcando muchos años secos y húmedos en mayor o menor grado, que, aparte de permitir, en cierto modo, predecir la magnitud de las avenidas subsiguientes a los períodos de pluviosidad más o menos intensa y prolongada, sirve de segura guía en el cálculo de los embalses factibles con futuras obras reguladoras.

Por lo que respecta a los datos pluviométricos, parece, al pronto, cosa fácil proporcionárselos con suficiente exactitud, bastando, al objeto, multiplicar el número de los udómetros instalados y el de sus correspondientes observadores, si bien adviértese en seguida la dificultad práctica de establecer en las debidas condiciones y con las necesarias garantías de confianza una red de estaciones lo indispensablemente densa para prevenir la enorme desigualdad en la repartición de la lluvia, tan diferente aun entre lugares próximos, sin contar, además, la conveniencia de apretar sus mallas precisamente hacia las divisorias, donde la población se enrarece, haciendo penosa la habitabilidad, por ser los sitios en que abundan las precipitaciones acuosas, y a veces ocurren bajo for-