

estas condiciones, la contrata empleó desde entonces cemento "Secil", de Setubal.

Las fotografías (figuras 8 a 11) permiten apreciar y aclarar el sistema empleado en la construcción de los cajones.

El muelle se ejecutó con gran esmero, y está ya prestando un intenso servicio, porque en Funchal es frecuente que se reúnan en un mismo día cuatro o seis transatlánticos, cuyos pasajeros suelen bajar, du-

rante mas horas, a conocer las bellezas de Madeira.

Para terminar, reiteramos nuestro agradecimiento al Sr. Guimarães, autor del proyecto, distinguido ingeniero director de la Junta autónoma de las obras del puerto, que fué antes subdirector de Leixões, y también al competente encargado de la contrata, señor Fernandes Gouveia, por las atenciones de que nos hicieron objeto durante nuestra estancia en aquella maravillosa isla.

César CONTI
Ingeniero de Caminos

El hormigón de cemento en carreteras

II

Cuando se trata de firmes de hormigón es indispensable considerar dos técnicas o sistemas: la de los Estados Unidos de América y la que se utiliza en Europa, y observaremos que las distintas modalidades que en ellas se acusan no son ocasionadas porque difieran esencialmente las apreciaciones de orden técnico de una y otra, sino que son impuestas por las circunstancias, disponibilidades económicas, estilos y procedimientos generales de construcción en uno y otros países.

En los Estados Unidos es, como ya hemos dicho, donde más ampliamente se utiliza el hormigón de cemento en carreteras, y es posible que en esto haya influido su producción enorme de cemento, con la obligada consecuencia de facilitar su consumo; la manera de ser americana, propensa a construir de nuevo y con carácter definitivo, ya que los hormigonados les permiten hacer rápidamente, sin disponer de fundaciones antiguas, como las de las carreteras de Europa, nuevos caminos de condiciones modernas; la facilidad de construir estos pavimentos casi exclusivamente con medios mecánicos, reduciendo al mínimo la mano de obra, tan costosa en ese país, y, por último, la clase de tráfico, en su mayor parte sobre llantas de gomas, y que hace sea condición esencial de los pavimentos tener superficie unida y no ser deslizantes, cualidades que reúnen los firmes de hormigón. Cualquiera que sean los motivos y razones habidos para el uso de este pavimento, la atención prestada a todos los problemas con él relacionados ha llevado la técnica de su construcción a un grado de perfección muy grande.

Las primeras carreteras de hormigón construidas metódicamente en este país lo fueron hace unos 25 años, y desde esa época aumentó progresivamente su construcción, adquiriendo su mayor desarrollo hace unos diez años, existiendo actualmente más de 81 000 kilómetros con este firme, y representando el consumo anual de cemento en obras de carreteras más del 35 por 100 de la producción total. De estos primeros hormigonados se conservan todavía muchos en servicio, que tienen en general numerosas grietas, rellenas con betún, pero que resisten bastante bien el tráfico; a algunos se les utilizó como fundación para firmes bituminosos, y a otros se les superpuso un

nuevo revestimiento de hormigón. La opinión actual de los ingenieros americanos es que con los modernos procedimientos, los firmes de hormigón que se construyen han de ser de mayor resistencia y duración y desaparecerán en ellos la mayor parte de las grietas y fisuras de los antiguos. En estos primeros firmes de hormigón empleaban secciones de espesor constante o con mayor espesor en el centro, y el revestimiento se hacía en una sola capa, y a veces en dos; las dosificaciones eran en volumen, y se empleaban corrientemente las de 1 volumen de cemento, 1 1/2 de arena y 3 de piedra, o las de 1, 2, 3 1/2 y 1, 2, 4. Se hacían juntas transversales, y las longitudinales se usaban solamente en firmes de más de 5 m de ancho; la confección del hormigón y su puesta en obra era por procedimientos mecánicos.

La técnica actual modifica estas características y métodos usados, y en primer lugar hay que señalar la importancia cada día mayor que los americanos conceden a las investigaciones científicas y experimentales sobre la composición y medios de puesta en obra de todos los materiales que emplean en las carreteras, disponiendo de un gran número de Centros, cuyas investigaciones se orientan hacia las aplicaciones prácticas, entre los que debe citarse el Bureau of Public Roads, que centraliza todos los asuntos de carreteras de Norteamérica, con sus dos grupos de laboratorios: el de Washington y el de Arlington; en éstos y en los que con gran profusión existen en todos los Estados se estudian las dosificaciones, secciones convenientes y demás características que han de tener los hormigones, y de estos estudios y ensayos se deducen las condiciones que son después exigidas en las obras.

Las nuevas construcciones obedecen corrientemente a las normas siguientes:

Preparación de la base.—En los Estados Unidos apenas existe el tipo de carretera con firme de macadam ordinario, y allí los revestimientos en ellas usados o son de los que consideran provisionales, revestimientos de arena arcillosa o tierra vegetal, o son de carácter definitivo, como los de hormigón; éstos se establecen en su mayor parte sobre terrenos vírgenes, preparando adecuadamente el terreno de modo que la plataforma que ha de recibir el firme sea en su superficie perfectamente homogénea y sancaada, haciéndose la explanación con medios mecánicos e igualándola con rastrillos especiales, y para que sea regular el espesor del hormigón emplean máquinas

¹ Véase el número anterior, página 81.

que dejan la superficie con perfil uniforme; cuando la plataforma va en terraplén, si la índole de los trabajos lo permiten, la preparan con un año de anticipación, y si no, hacen el apisonado por medios mecánicos, apisonadoras y tractores de oruga, o la consolidan inundando el terreno y manteniendo sobre él una capa de agua hasta que se verifique su asiento. Antes de proceder al hormigonado, se apisona la superficie con cilindros de poco peso. A la naturaleza del terreno que constituye la base de los pavimentos le dan mucha importancia y los clasifican por experiencias de laboratorio en clases distintas, fijando las precauciones especiales que deben ponerse en práctica para cada uno al utilizarlos como fundación de los hormigonados.

Secciones transversales.—El hormigón se hace en una sola capa, estando abandonado el sistema de hacerlo en dos; el espesor en los bordes es mayor que en el centro, y ese sobreespesor afecta a una zona de unos 60 cm de ancho a partir de cada arista de la sección hacia el centro; los espesores varían según la clase de carretera y están comprendidos entre 15 y 20 cm para el centro y entre 23 y 28 cm para los bordes. La pendiente transversal es pequeña y suele ser de $\frac{1}{100}$. A esta sección, con mayores espesores en los mordientes, y que ahora es de uso corriente, llegaron después de numerosas experiencias, estimándola como la que mejor resiste los esfuerzos a que están sometidos estos firmes.

Dosificaciones.—La dosificación de los materiales ya se hace siempre en peso, y el tipo de hormigón que más se usa corresponde al de 300 a 350 kg de cemento por metro cúbico. La piedra y arena se clasifican minuciosamente, y en cada obra se señalan con toda precaución las condiciones que han de reunir, y exigen una composición granulométrica determinada, definida corrientemente por el módulo de finura. Un tipo de dosificación usada en obra es:

Cemento (1 saco)...	45	kgs.
Arena, granos menores de 6 mm...	60	»
Gravilla de 6 a 25 mm...	70	»
Piedra de 25 a 60 mm...	85	»

y como uno de los tipos de granulometría empleados citaremos el siguiente:

Piedra:

Pasando por la malla de 5 centímetros...	100	%
» » » 2,5 »	30 a 60	%
» » » 1,25 »	5 a 20	%
» » » 0,625 »	0 a 5	%

Arena de río:

Pasando por la malla de 0,625 centímetros...	95 a 100	%
» » » 0,0833 »	35 a 70	%
» » » 0,0295 »	5 a 20	%
» » » 0,0147 »	0 a 5	%

Arena procedente de machaqueo:

Pasando por la malla de 0,1905 centímetros...	95 a 100	%
» » » 0,0833 »	50 a 70	%
» » » 0,0295 »	15 a 30	%
» » » 0,0147 »	0 a 10	%

Las cantidades de agua las calculan por la relación

agua
cemento expresada en volumen; esta relación suele estar comprendida entre 0,80 y 1. Se trata siempre, al fijar el volumen de agua, de obtener una mezcla fácil en la hormigonera, sin perder resistencia en el hormigón, que ha de ser también *workable*. Se admite que estas condiciones se cumplen cuando el hormigón recién hecho da en el *slump-test* aplastamiento de 2,50 a 5 cm; como la humedad de los agregados influye grandemente en las pesadas para hacer la dosificación y en el volumen de agua para el amasado, diariamente se comprueba en el pequeño laboratorio que existe en casi todas las obras, por poca que sea su importancia, y se hacen las oportunas correcciones en el volumen de agua y algunas veces en la dosificación prescrita para mantener en los ensayos con el *slump-test* los límites indicados.

Juntas.—Es una de las cuestiones más delicadas y sobre la que aplican variedad de criterios; sin embargo, hay unanimidad en admitir su necesidad como mal menor, y últimamente las investigaciones que se realizaban en la pista de ensayos de Arlington se dieron como terminadas en el sentido de que en las aplicaciones prácticas el hormigonado ha de hacerse en forma de losas; es decir, que el firme se dividirá en esta forma por medio de juntas longitudinales y transversales; la junta longitudinal se establece para cada 3 m de ancho, y las transversales distan de 10 a 30 m. Las soluciones empleadas para realizar las juntas son muy variadas. La junta longitudinal generalmente es metálica, y la compone una lámina de palastro, que hacia la mitad de su altura se desvía del plano vertical, pudiendo ser atravesada por unas agujas que la sujetan a la plataforma y que la mantienen invariable, evitando los movimientos que pudiera tener en el momento de la puesta en obra del hormigón; la arista superior de la lámina queda por debajo de la superficie de rodadura, y después de vertido el hormigón, y cuando ya está suficientemente endurecido, se saca el que está por encima de la lámina, y en vez de él se echa betún. Otras veces esta junta se hace sencillamente con una máquina que, apoyándose en las márgenes de la carretera, recorre ésta, abriendo una ranura en el hormigón recién echado, y después se coloca en esta ranura una cinta o reglilla, que se saca después de endurecido aquél, quedando formada la junta, que se rellena de betún.

Las juntas transversales son de dos clases: *juntas de dilatación* y *juntas de contracción*. Las primeras tienen por objeto permitir el libre movimiento del hormigón, y las segundas tratan de disminuir y localizar las fisuras que se producen por la retracción del fraguado. Las juntas de dilatación se hacen colocando una chapa de metal, de madera o de un material asfáltico en todo el espesor del firme y se disponen hierros redondos que atraviesan la junta a mitad de su altura, y que están sujetos únicamente a una de las losas de hormigón, desplazándose en la otra en el interior de unos tubos. Últimamente está siendo muy discutida la eficacia de estos hierros deslizantes, y en algunos Estados ya no se utilizan. Las *juntas de contracción* se hacen generalmente como las longitudinales. En la distribución de juntas transversales se adoptan diferentes soluciones; una corriente es alternar las de dilatación con las de con-

tracción, distando unas de otras de 10 a 15 metros.

Muchos ingenieros americanos opinan que para evitar la fisuración es suficiente armar el hormigón, y con arreglo a esta opinión se construyen actualmente muchos pavimentos de esta clase, dotándolos de armaduras, y la mayoría de ellos no pueden considerarse como de hormigón armado, pues las armaduras usadas son débiles para resistir esfuerzos de flexión, y su objeto esencial es limitar las fisuras. Un tipo de armadura empleada es una cuadrícula de 15 cm de lado, con hierros de 5 mm, reforzada esta armadura en los bordes del pavimento, aumentando el diámetro de los hierros y disminuyendo el lado de la cuadrícula. Las investigaciones realizadas en obras de esta clase acusan que en un firme con armadura la separación de las fisuras es del orden de 30 m, y cuando no tiene armaduras es de 15 m.

Ejecución de las obras.—Se emplean procedimientos esencialmente mecánicos; los materiales—piedra, arena y cemento—se llevan al pie de obra casi siempre en camiones, que los descargan en grandes tolvas, con divisiones para cada uno; de estas tolvas pasan a los aparatos de pesar, y de éstos a los camiones situados debajo de ellos, que los transportan a las hormigoneras; de éstas se vierte automáticamente el hormigón en una cuba o caldero, que desliza en un brazo horizontal de unos 8 m de longitud que gira sobre un eje vertical, cuyo dispositivo permite echar el hormigón directamente sobre la explanación; otras veces el dispositivo es de vertido continuo del hormigón, utilizando una correa transportadora montada en un brazo dirigitible, que lo conduce a una tolva de vertido; las hormigoneras van montadas sobre orugas. Otras veces la dosificación de los materiales se verifica en un taller central y la distribución se hace en camiones especiales mezcladores, que vierten el hormigón directamente en el lugar del trabajo.

El ancho a hormigonar se limita por moldes laterales, corrientemente de hierros angulares, que sirven también de carriles para las máquinas que se emplean para el acabado del pavimento. Una vez vertido el hormigón sobre la plataforma se termina el pavimento por medio de máquinas del tipo Lake-wood, que se mueven sobre los moldes o carriles; estas máquinas llevan delante una cercha metálica con movimiento oscilatorio transversal, y detrás una correa o banda de caucho animada del mismo movimiento; éstos se componen con el de avance de toda la máquina y regularizan y arreglan la superficie del hormigón. Algunas veces la terminación del hormigonado no se hace con máquinas, sino a mano, empleándose en este caso una viga metálica que tiene la forma que ha de darse a la superficie de rodadura y que se mueve poco a poco para regularizar el hormigón; un cilindro de madera movido a mano y una correa que hace el alisado definitivo del hormigón.

Protección del hormigón durante el período de endurecimiento.—Extraordinaria importancia se le da en América a las precauciones que deben ponerse en práctica para proteger eficazmente el hormigón durante el fraguado y período de tiempo siguiente; un hormigón no adquiere toda su resistencia si las combinaciones químicas entre el agua y cemento no se realizan por completo durante el fraguado y endurecimiento, y como, por otra parte, se tiende a utilizar

hormigones con poca agua, es indispensable que esa agua sea absorbida en su totalidad durante esos períodos, y si la superficie del hormigón recién hecho se deja al aire libre, parte de esa agua se evaporará más o menos rápidamente, según la temperatura ambiente, tensión higrométrica, radiación solar, y podría ocasionarse una desecación demasiado rápida, que aumenta mucho la tendencia a la fisuración. Son variados los procedimientos usados para proteger el hormigón, y se consideran dos períodos, el de las 24 primeras horas y el de los 8 días siguientes, durante los cuales debe mantenerse la protección de la superficie. Durante el primero, como el estado de dicha superficie no admite sobre sí cuerpos extraños, se usa el procedimiento de cubrirla por medio de telas que se van desarrollando sobre ella con una máquina muy sencilla; estas telas se mantienen húmedas regándolas con agua mezclada con cloruro de calcio. Después de este período se continúa la protección con arena húmeda o inundando la superficie con agua, mantenida por pequeños diques de tierra; se usaba también la tierra y paja húmedas; pero las últimas experiencias de la estación de Arlington demostraron que la protección más eficaz es la tierra o la paja secas. También suele emplearse el cloruro de calcio extendido sobre el hormigón en capas regulares, a razón de 1 kg por m²; resulta eficaz cuando hay suficiente humedad atmosférica, y debe emplearse después de las 24 primeras horas; este producto se usa a veces disuelto en el agua de amasado, a razón de 3 por 100 del peso del cemento, para acelerar el fraguado. Cualquiera que sea el procedimiento de protección, ésta, en ningún caso, debe durar menos de 72 horas. Otro procedimiento que se emplea es el de cubrir con riegos hidrocarbonados de betún, emulsión o alquitrán la superficie del hormigón recién hecho; algunos ingenieros estiman que esto, por la mayor absorción de calor en las superficies negras, puede favorecer la tendencia a la fisuración, evitándolo cubriendo el riego con polvo de cemento o caliza.

Por último, los ingenieros americanos son muy exigentes en la regularidad superficial del hormigón, y en los Pliegos de Condiciones prescriben que, puesta una regla en sentido longitudinal de la carretera, los desniveles, entre el canto inferior de la regla y la superficie del pavimento, no deben pasar de 6 milímetros en 3 m de longitud.

Hemos tratado de señalar la importancia de las carreteras de hormigón en los Estados Unidos y de dar una idea de la técnica seguida en su construcción, y debemos añadir que los ingenieros en este país prosiguen incesantemente el perfeccionamiento de la misma, siendo el hormigón el pavimento que disfruta de rango primordial, dándose el caso de que, en algún programa de los últimos años de reparación y construcción de nuevas carreteras, este pavimento representa el 50 por 100 de la totalidad de los propuestos.

El criterio en este país es disponer de carretera de superficie muy dura y muy unida, para que no se produzca el choque, en contraposición del principio de revestimientos elásticos, que absorben los choques.

Por lo que a Europa se refiere, la aplicación del hormigón en las carreteras hasta la fecha se ha hecho muy limitadamente; baste decir que en el año 1932 el número de kilómetros de carretera que estaban dotados de este firme no llegaba a 2 000, y la sola comparación de este número con el de los que existen en los Estados Unidos explica la diferencia de preocupaciones que esta clase de pavimentos origina a los técnicos de América y a los europeos; sin embargo, ahora se acusa en Europa cierta tendencia a un mayor empleo del hormigón como firme, utilizando los procedimientos y métodos más modernos de construcción.

Las principales diferencias que la técnica europea, vista en conjunto, ofrece con la americana son: la construcción en dos capas, justificada porque el tráfico no es exclusivamente sobre gomas, y ello exige una superficie de rodadura o desgaste con dosificaciones ricas en cemento, y, por razón de economía, se resuelve esto con las dos capas, una la de fundación de dosificación débil del cemento, y otra la superior o de desgaste con dosificación rica; la construcción de estos pavimentos sobre una cimentación particular, consistente, en general, en una capa de piedra partida o canto rodado de unos 15 centímetros de espesor, o, caso muy corriente, aprovechando el firme antiguo de las carreteras que se reparan dotándolas del nuevo firme de hormigón, y, por último, que el apisonado de los hormigones se hace más enérgicamente, empleándose ya frecuentemente pisones neumáticos o aparatos vibradores para obtener una mayor compacidad.

En Suiza, por ejemplo, país donde se tiende a uniformar esta clase de obras, las características principales de estos trabajos son el utilizar siempre fundación particular, formada por una capa de piedra y arena de 10 a 20 centímetros de espesor, excepto cuando el hormigonado se hace sobre carreteras antiguas; el revestimiento se hace en dos capas, la inferior de 9 a 11 centímetros y la superior de 6 centímetros; la dosificación de la inferior es de 250 kg de cemento y de 400 kg la superior, y ésta se hace con una granulometría estudiada y cuidadosa; citaremos como tipo una dosificación empleada con éxito.

Capa inferior:

Gravilla de 8 a 30 mm	700 litros.
Arena hasta 8 mm	570 »
Cemento... ..	250 kgs.

Capa superior:

Piedra partida de 15 a 25 mm	525 litros.
Idem id. de 10 a 15 mm... ..	150 »
Idem id. de 5 a 10 mm... ..	85 »
Arena procedente de machaqueo, hasta de 3 mm ...	150 »
Arena natural, hasta de 8 mm... ..	450 »
Cemento	400 kgs.

La sección del revestimiento es del mismo espesor en todo el ancho, y se ha abandonado el sobreespesor en los bordes, que en los primeros firmes los habían empleado, y en vez de ellos recurren a la colocación de armaduras, y todos los pavimentos de hormigón la llevan reforzada en los bordes; estas armaduras suelen formarse por una celosía de barras de 8 milímetros con separaciones de unos 40 centímetros, separación que es menor en las orillas. Se estima en

Suiza que, dadas las grandes variaciones de temperatura que allí se sufren, el sobreespesor en los bordes no permitía los libres movimientos de las losas de hormigón y podía aumentar la importancia de la fisuración longitudinal. Las armaduras las colocan, unas veces, en la capa inferior, y otras, en la parte superior; además de esta armadura general, en todo el contorno del revestimiento se pone una barra de 12 mm, y en los vértices de cada losa se colocan, en el mismo plano que esta barra, armaduras en ángulo en una pequeña zona. Utilizan las juntas longitudinales y transversales, dividiendo el pavimento en losas de 3 a 5 metros de ancho y de 8 a 12 m de longitud. El establecimiento de la junta longitudinal se hace casi siempre ejecutando la obra por semianchos.

Las obras se realizan con medios mecánicos: el apisonado de la capa inferior se hace con pisones neumáticos, y el de la capa superior con máquinas del tipo Lakewood, y ha de hacerse notar que las estrías que deja sobre la superficie del hormigón el batido de la viga de dicha máquina se mantienen, para que la superficie quede rugosa, suprimiéndose la correa alisadora que hacía desaparecer esas rugosidades. Después de ejecutado el revestimiento se toman, durante 15 días, precauciones para asegurar el fraguado y endurecimiento del hormigón.

En Inglaterra, los revestimientos de hormigón son en dos capas la mayoría de ellos; el espesor total varía de 15 a 20 cm; se emplea corrientemente armadura colocada en la parte inferior; en algunos revestimientos se emplea armadura doble, en la parte inferior y en la superior. Se utilizan siempre las juntas transversales, y se admite que la junta longitudinal disminuye los riesgos de la fisuración en este sentido. Se toman siempre precauciones para el fraguado y endurecimiento, aunque varía mucho la duración de éstas: de 2 a 30 días.

En Italia, los revestimientos de hormigón se aplican principalmente en la construcción de las autostradas, y, quizás debido al tráfico de estas vías exclusivamente sobre gomas, los principios allí seguidos suelen ser parecidos a los americanos. Los italianos hacen los hormigonados sobre una fundación de 15 centímetros, de canto rodado o piedra partida; el revestimiento de hormigón es de una sola capa y tiene espesor variable: 18 centímetros en el centro y 22 en los mordientes; la dosificación es de 350 kg de cemento por metro cúbico; en general, no lleva nada más que juntas transversales, espaciadas de 15 a 20 m y rellenas de betún; la junta longitudinal se hace solamente en los tramos en que la carretera va en terraplén, y en este caso la junta va en el eje de la carretera. Los procedimientos de puesta en obra son siempre utilizando medios mecánicos.

En Francia se discute mucho actualmente todo lo referente a los firmes de hormigón, y creemos que lo que mejor dará idea de los criterios que allí dominan es extractar las Instrucciones dadas por el Ministerio de Trabajos públicos, en diciembre de 1932, para la ejecución de estas obras. Se prescribe en ellas que el revestimiento de hormigón normalmente tendrá dos capas: la de fundación y la de rodadura; el hormigón se colocará siempre sobre terreno estable y saneado; la capa de fundación tendrá un espesor de 12 centímetros, con una dosificación no inferior a 200 kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón

puesto en obra; se podrá utilizar en ella la piedra partida o el canto rodado; si el terreno sobre que se asienta no reúne buenas condiciones, podrá aumentarse a 15 centímetros el espesor de esta capa. La capa de rodadura tendrá un espesor de 6 centímetros, y por excepción, si ha de resistir a un tráfico muy pesado, llegará a 8 cm; se empleará en ella piedra dura y de aristas vivas, de tamaño de 2 a 4 centímetros; la cantidad de cemento no será inferior a 400 kilogramos por metro cúbico de hormigón puesto en obra, y se recomienda llegar a 500 kg.

El hormigón se hará necesariamente con hormigonera; la capa de fundación será vibrada o apisonada mecánicamente, y la de rodadura será también vigilada o apisonada mecánicamente; esta operación será independiente de la que se ejecute en la capa de fundación, pero se hará antes de que haya fraguado ésta. La superficie será nivelada preferentemente con un cilindro que se mueva perpendicularmente al eje de la carretera y cuyo peso no exceda de 10 kg por centímetro de llanta.

La regularidad de la superficie se asegurará por el hormigón por sí mismo bien apisonado, prohibiéndose rigurosamente el uso del mortero para regularizar la superficie, y todas las operaciones de terminación del hormigonado tenderán a hacer el mosaico aparente, evitando la formación de una capa de mortero en la superficie del revestimiento.

La regularidad del perfil a lo largo se comprobará por medio de una regla de 3 metros que, aplicada longitudinalmente, no deje, entre su canto inferior y la superficie de la carretera, huecos de más de 5 mm.

El detalle de las juntas transversales se deja al arbitrio de los constructores, prescribiéndose que su distancia no ha de ser superior a 15 metros. Respecto a la junta longitudinal, se prevé su necesidad en el caso de que el ancho sea superior a 6 metros y no se haga la obra por mitades del firme.

Por último, se señala en dicha circular un plazo de garantía para el revestimiento de 10 años, fijándose, como límite de desgaste de la capa de rodadura, el de 1,50 centímetros al cabo de 5 años y de 2,50 centímetros a los 10 años, y los desniveles, con relación a la regla longitudinal de 3 metros, serán,

como máximo, de 1 centímetro a los 5 años y de 1,50 a los 10 años, referido a la regla de 2,50.

En España se han hecho firmes de hormigón en dos capas y en una capa, variando mucho las dosificaciones empleadas, no existiendo todavía un criterio uniforme respecto a estos pavimentos, ni unanimidad en sus resultados.

En Bélgica la mayoría de estos firmes se hace en capa única y con dosificación rica de cemento, y en Alemania también se dedica preferente atención a estos firmes, habiéndose construido una pista de ensayos, por el procedimiento de dos capas y de una, para sacar las consecuencias oportunas.

Como resumen de todo lo que hemos expuesto, y tratándose de un firme que todavía presenta problemas que no pueden considerarse resueltos por completo, y sin prejuzgar personalmente su superioridad e inferioridad sobre otra clase de firmes de su mismo orden, observaremos que en los países en que no adquirió todavía una gran extensión en sus aplicaciones es objeto cada día de una mayor atención, que creemos justificada, y deseamos que entre nosotros se llegue a esto mismo, ordenando todas las aplicaciones que de este firme se hacen, reuniendo la documentación necesaria para el mejor conocimiento de sus resultados, pues no hay que olvidar que, como en casi todos los países, es un "pavimento nacional", ya que la industria del cemento en España adquirió un desarrollo y un grado de perfeccionamiento muy elevados, que permite disponer en magníficas condiciones del elemento esencial para esta clase de pavimento, y esto es quizá el mejor argumento para justificar su empleo y preferencia sobre otros pavimentos de categoría análoga que exijan en su composición elementos de procedencia extranjera, y ha de tenerse muy en cuenta que, si los resultados que se obtengan dan lugar a un desarrollo importante de las aplicaciones de este firme, a esto debe de corresponder una tendencia a limitar y reducir los precios, por el mayor consumo que se hará de este material y por la posibilidad de mejorar la organización de estas obras, único procedimiento que asegurará el aumento progresivo en la construcción de estos pavimentos.

Luciano YORDI
Ingeniero de Caminos

Método de la propagación de momentos en las estructuras múltiples¹

Este método simplifica y generaliza al de las *masas elásticas*, expuesto por W. Ritter en *Der Kontinuierliche Balken auf elastisch drehbaren Stützen*, e introducido en España por el ilustre D. Juan Manuel de

Zafra, y del cual tan múltiples y fecundas aplicaciones ha sacado D. Alfonso Peña Boeuf en su *Mecánica Elástica*.

La generalización consiente no limitar el campo de aplicación al de las estructuras de nudos inamovibles,

¹ El cálculo de las estructuras hiperestáticas con nudos múltiples se reduce siempre a determinar cuál es la flexibilidad que una cualquiera de sus piezas tiene, por efecto de la unión con las otras, medio que permite hacer el análisis como una pieza cuyo coeficiente de empotramiento es proporcional a esa coacción.

Este proceso general puede tener distintas modalidades, según la manera de operar, para poder aislar la pieza y estimar su grado de sustentación. El presente artículo, debido al exce-

lente alumno de la Escuela Sr. Prieto Moresi, presenta una de esas modalidades, interesante por su sencillez algorítmica y por la facilidad de su aplicación.

Y es muy grato dar cabida en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS a un artículo que revela el entusiasmo con que se fomenta entre los alumnos de la Escuela la labor personal en estas enseñanzas básicas de la profesión.—A Peña Boeuf.