

ingenieros acerca de la importancia que revisten estas investigaciones hidrodinámicas patrocinadas por la Escuela de Caminos, por ser las primeras hechas en España.

Eta importancia resalta con la sola enunciación de los hechos siguientes:

El proyecto definitivo redactado por la oficina técnica de «Saltos del Alberche» para el aliviadero de que se trata es una reproducción exacta del modelo núm. 3, último de los ensayados, existiendo a su favor una diferencia de presupuesto de unas

200 000 pesetas, respecto al primitivo, y estando garantizada la evacuación, en régimen normal, de una avenida de 870 metros cúbicos por segundo.

Los trabajos de construcción del aliviadero, que debe prestar servicio en el próximo invierno, van ya muy avanzados, y la concordancia, que es de esperar se confirme, con la experimentación del laboratorio, servirá para aumentar la confianza de los técnicos españoles en estos estudios, que tanta importancia han adquirido en diferentes países, y de los que España ya no es una excepción.

V. M.

## Diques de abrigo de paramento vertical. - Diques-muros <sup>1</sup>

### XIV CONGRESO DE NAVEGACIÓN

Terminaba el anterior artículo diciendo se trataría en éste de los diques de *paramento vertical*, los cuales, según se indicó, son los fundados a profundidad suficiente para no producir alteración sensible en el movimiento ondulatorio de las olas y, al evitar la rompiente de éstas, sea el esfuerzo sobre el dique el debido a la presión hidrostática, adicionado con el del choque consecuencia del movimiento orbitario de las moléculas, esfuerzos estudiados e indicada la forma de su apreciación en artículos anteriores.

Por contraposición con las ventajosas condiciones de adopción del tipo en *talud*, expuestas en el artículo anterior, se puede deducir cuáles sean las de este tipo *vertical*, o sean, entre las más principales: *profundidad suficiente* para evitar la rompiente, *fondo sólido e insocavable* y, en los casos más dudosos, la no existencia de canteras, el disponer de medios auxiliares, menores gastos de conservación, etc.

Ya en el X Congreso, celebrado en Milán en 1905, se indicó como tipo preferible en mares profundos el que entonces se denominaba *tipo mixto*, en realidad tipo vertical; pero la falta de experiencia aconsejaba acogerlos aún con reservas y estudiar más sobre su disposición, estructura y su forma de fundación.

Según se ha hecho al tratar de los diques en *talud*, se indicarán en estos verticales las disposiciones que, como consecuencia de estudios y experiencias, se expusieron como más convenientes en el XIV Congreso, y las estructuras y materiales de estos diques.

En este tipo vertical ya se puede recurrir a determinar más las secciones por el cálculo, y para ello es interesantísimo poder fijar con la mayor exactitud posible la profundidad hasta la cual se hace sentir prácticamente la acción de la ola, o la ola de fondo, para llegar a esa profundidad con el muro vertical. Es indudable la gran dificultad de la fijación de ese límite de acción; por ello es más práctica la norma propuesta por algunos ingenieros relacionada con la altura de la ola, más fácilmente determinable, y así se indica, el llegar a una profundidad mayor de esa altura, o vez y media ésta, dependiendo mucho esa profundidad de fundación de las condiciones de socavabilidad y firmeza del terreno.

Si la profundidad a que se encontrase ese terreno firme fuera igual o poco mayor de la influida por la acción de la ola, se podría apoyar en él el muro-dique; pero si esa profundidad fuese mayor habría de llegarse a este terreno interponiendo un basamento, el cual

puede ser de escollera, y aun ésta de peso relativamente reducido, al no temerse su arrastre. La disposición de este basamento es tan importante, que, en opiniones de muchos ingenieros, ha sido la causa de muchas y las mayores averías.

Ese basamento tendrá naturalmente una sección trapezoidal, siendo su base menor o coronación, de longitud bastante mayor que la base del muro, y tanto mayor, cuanto más se tema que el mar la destruya.

El ingeniero consultor del Gobierno de Mónaco, Mr. Butavand, hace un estudio de la forma y dimensiones a dar a estos basamentos, calculando, a semejanza del procedimiento de Lira, el esfuerzo de las moléculas del fondo en su movimiento orbitario, que se deforma produciendo torbellinos, causa de lo que considera ola de fondo, y con ese estudio llega a determinar las dimensiones del macizo de fundación o basamento, estableciendo que debía ser tal su longitud en la coronación, que el producto de ella por el cuadrado de la altura del muro sea una cantidad constante, y la fija en 3 600 para casos de muros fundados alrededor de  $-15$  m sobre un basamento de unos 5 m de altura en un fondo situado a  $-20$  m; para otras cotas hace variar el valor de esa cifra hasta los  $2/3 \cdot 3 600$ ; indicando que en fondos socavables la longitud de la corona-

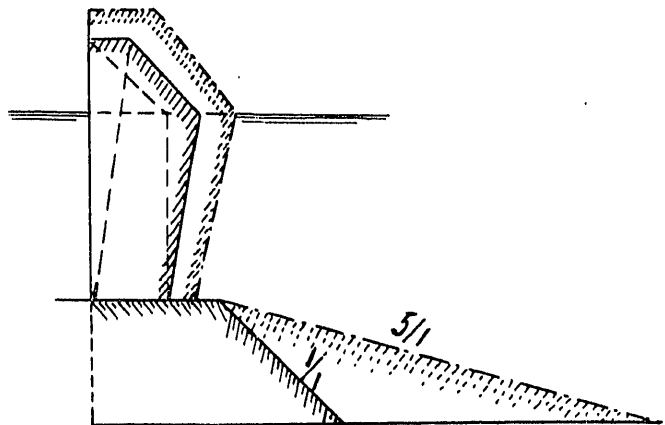


Fig. 1.<sup>a</sup>

ción deberá ser la que hubiese de tener, a la profundidad en la cual esa coronación se encuentra, un dique de paramentos inclinados.

Otros ingenieros, como Lira, determinan más, diciendo que, fundado el muro sobre el basamento a vez y media la altura de la ola, debe tener ese macizo de

Véase el número anterior, pág. 337.

fundación una berma de 10 m por la parte anterior, y 5 m en la interior.

Los taludes del basamento conviene sean de gran rigidez, evitando una débil pendiente, productora de la rompiente de la ola y la acumulación de su esfuerzo contra el muro; así lo recomienda Butavand, y así lo deduce Lira de los diagramas de esfuerzos representa-

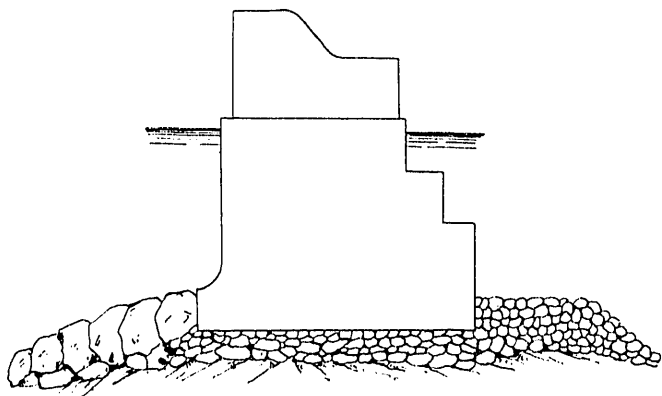


Fig. 2.ª

dos en la fig. 1.ª, en la que supone un dique fundado a -12 m sobre un basamento apoyado en un fondo a -20 m, y en dos casos, uno de taludes de 1 X 1, y el otro de 5 X 1, pudiendo considerarse en el primero, por la rigidez del talud, que ese basamento forma parte del muro, todo fundado a -20 m, y da el diagrama de esfuerzos representado por línea llena; y en el segundo caso, considerada la fundación sólo a -12, ese diagrama será el representado por la línea de trazo y punto, viéndose la mucha mayor superficie representativa del esfuerzo. Se ha de pretender dar al basamento la mayor semejanza en su disposición a la del muro, dándole la mayor rigidez al talud, revistiéndolo, a ser posible, de bloques o buen escollero y protegiendo el plano superior de la banqueta como después se indicará.

Se expresó la necesidad de protección en la arista del diedro formado por el paramento del muro y la coronación del basamento, y se recomienda sea protegida con bloques con su dirección mayor normal al muro; pero solamente una hilada, en forma de que esa protección tenga poca altura, sin superponer hiladas que hiciesen un escalonado o talud y que, elevando esa protección,

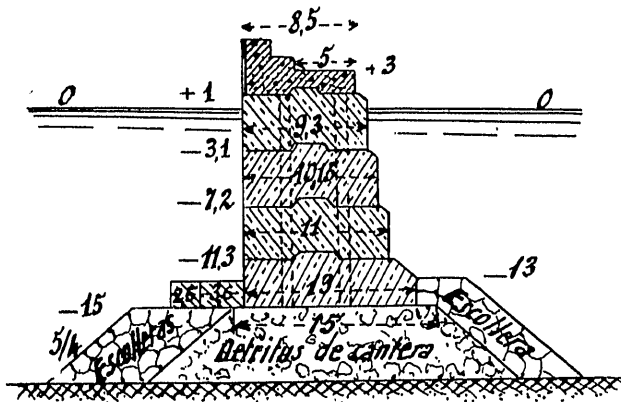


Fig. 3.ª Argel.

harían caer en el rechazado tipo mixto, perdiéndose todo el ventajoso carácter del tipo vertical.

Al verdadero muro se le ha dado y da generalmente una sección rectangular y deducido su constante espesor de la resistencia y estabilidad necesaria, calculada por los métodos expuestos; pero modernamente también se proponen muros-diques con un talud o escalona-

do por su parte interior, con lo cual se favorece la estabilidad, disminuyendo la carga en la arista interior y repartiéndose más la presión. Así propone un tipo el ingeniero italiano Antonelli, en una Memoria sobre diques verticales (fig. 2.ª), y así se proyectó y se construye el dique de Argel (fig. 3.ª). Se objeta a esta disposición, estimada como racional, la disminución de ancho en la superficie, donde es mayor el esfuerzo de la ola; pero, además de tener, aun para este máximo esfuerzo, suficiente espesor, se disponen, para oponerse al deslizamiento de esas hiladas superiores, capas y salientes, como en Argel, o se enlazan, como en Catania, con el relleno de conductos o canales traspasando los bloques (fig. 4.ª); también se advierte la posibilidad efectiva de ser la altura de la ondulación mayor en el interior y coincidir con depresión de onda en el exterior; pero es evidente se ha de tener esto en cuenta en el cálculo, aun cuando siempre esa diferencia de alturas sea menor de la que actúe en sentido contrario.

Aunque, según se ha indicado, que el espesor del muro habrá de ser determinado con la guía del cálculo, se expone lo que algunos autores de Memorias concretan en relación con la profundidad, y servirá como una primera determinación, a someter después a la comprobación. Lira indica ha de ser el espesor, en la base, superior a la profundidad, y Butarand, que no debe ser inferior a los 2/3 de la parte de muro sumergida, y supuesto un buen cimiento, y, por lo menos, igual a la parte sumergida, cuando va sobre basamento de escollera, y no bajando de los 4/5 en la superficie.

Como complemento de las disposiciones de estos di-

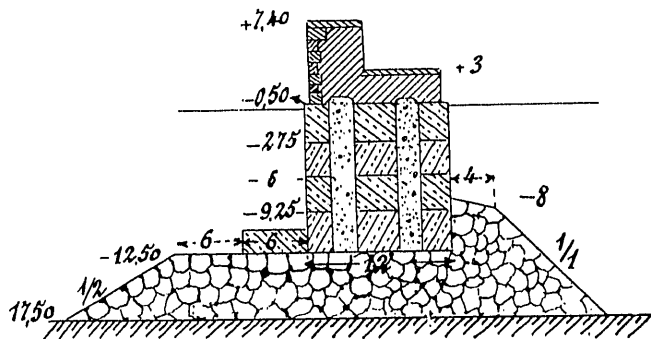


Fig. 4.ª Catania.

ques, fueron indicadas las estructuras y materiales empleados como más convenientes.

El basamento, que, según se indicó, debe tender a no deshacer la composición del muro vertical y evitarse en él la socavación, si no se hace, por su elevado coste, y sobre todo teniendo crecidas alturas, de hormigón en masa o sacos, se hará, como es lo corriente, de escollera natural, procurando impedir la alteración o destrucción de su cara superior, proponiendo se asemeje a una verdadera solera, a ser posible, hormigonada, y corrientemente poniendo una hilada de bloques de guarda sobre ella, según se expuso en las conclusiones.

Se ha encarecido mucho el evitar en lo posible el asiento de esas escolleras, que debe producirse lentamente, y procurar en ellas su consolidación, dejando transcurrir algún tiempo antes de la construcción del muro; y hasta se propone algún apisonado y dragar, si es preciso, por el buen apoyo de ese basamento, al cual, según se recomienda, debe dársele una sobrealtura de  $\frac{1}{10}$ .

Acerca de la constitución o estructura del cuerpo del muro se dudaba bastante en el X Congreso, y hoy, generalmente, se hace, o con grandes cajones (monolitos), o con muy corto número de hiladas de bloques

celulares con huecos grandes, o bloques *ciclópeos* macizos o con huecos pequeños, formándose pilas; y se ha observado la tendencia a irse sustituyendo por estos grandes bloques los cajones. De éstos, y así se ha consignado en las conclusiones, se consideran normalmente como más seguros y más convenientes los cajones de hormigón ordinario que los de hormigón armado, pues teniendo aquéllos fuerza de desplazamiento suficiente para sus espesores precisos, esas paredes, más gruesas, se adhieren mejor al relleno, el cual puede hacerse en menos tiempo, por ser menor el volumen del hueco interior a rellenar.

La mayor dimensión de esos cajones conviene colocarla en sentido normal al dique, y hay ingenieros que fijan en 20 m la mayor dimensión a colocar en sentido longitudinal, y aun en las conclusiones se extrema más esto, diciendo deben ser los cajones lo más cortos posible, en ese sentido de la longitud del dique, para evitar la falta o desigualdad en el apoyo en casos de asiento del basamento.

Se pronunciaron en contra de las subdivisiones de los cajones, rechazando algunos los tabiques longitudinales, y se consignó que, para ser el relleno eficaz, es

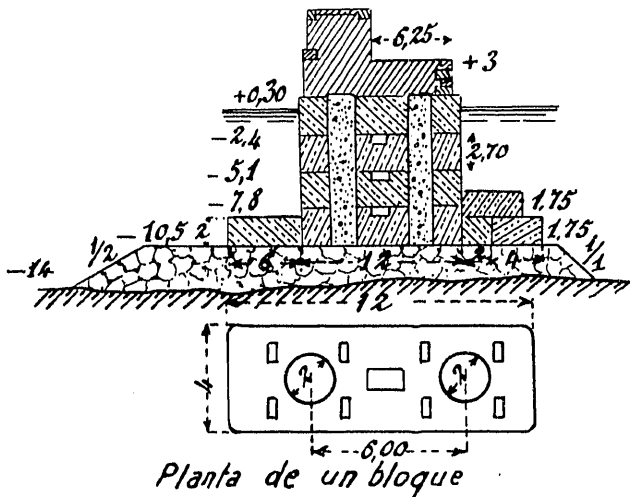


Fig. 5.ª Génova

preciso sean los departamentos individualmente capaces de contener masas que puedan por sí solas resistir la acción de las olas en caso de ruina de la envolvente.

En la Memoria presentada por nuestra nación se expuso la conveniencia de emplear, como se ha hecho y sigue haciéndose en Bilbao, cajones metálicos, que en ciertos casos resultan más económicos, siendo además verdaderamente monolítico el relleno, sin las soluciones de continuidad que presentan los tabiques en los de hormigón, constituyendo, con las armaduras de arriostramiento del cajón metálico, un hormigón en cierta forma armado, y sirviendo la misma chapa envolvente, según se ha podido experimentar, como protección del hormigón; y, aun cuando se contó con la destrucción de la chapa, al proyectarse los cajones, es lo cierto que, a pesar del tiempo transcurrido, se conserva sin gran deterioro.

Se trató del tipo de bloques celulares, ya indicado en los Congresos XII y XIII, empleado en Génova y Nápoles, y hoy en construcción en Valencia, forma-

dos con el menor número posible de hiladas y ocupando con un solo bloque toda la anchura del dique, haciéndose notar en esta clase de diques el peligro de no adquirir su completa estabilidad hasta no tener rellenas las células en correspondencia en todas las hiladas, y se discutió la relativa conveniencia, o de colocar en gran longitud solamente la hilada inferior, dando tiempo al relleno y asiento antes de la colocación de los superiores, o de colocar todas las hiladas a la vez, siendo difícil rellenar las células en toda la altura en el corto tiempo preciso para asegurar la estabilidad.

Este inconveniente lo ha venido a solucionar el aumento de protección de los medios de carga, permitiendo el reducir los huecos, aumentándose el macizo del bloque, dejando aquéllos solamente como espacios en que el relleno sirva para enlace de las hiladas; y, con arreglo a esta idea, se propuso por los ingenieros italianos el tipo representado por la figura 4.ª, y adoptado en Catania, con bloques de 300 t; en Nápoles, de 400, y el tipo semejante de la figura 5.ª, para Génova, de 220 t, empleándose en puertos como Bengasi, en donde no se dispone de esos potentes medios de carga, cajones construídos en gradas, y, rellenándolos en sitio abrigado, se transportaban al sitio de empleo, sumergidos y suspendidos entre dos gabarras, haciendo el efecto de flotadores.

Los ingenieros franceses presentaron el tipo en construcción en Argel (fig. 3.ª), con bloques ciclópeos, sin aligeramiento y efectuando el enlace de unas hiladas con otras con salientes y cajas que aseguran el apoyo y evitan el deslizamiento, sirviendo además para guiarlos en la colocación en obra. Algunos ingenieros consideran más perjudiciales que útiles esos salientes y entrantes, indicando que una imperfección en el molde, o la interposición de arenas o piedras, basta para dejar el bloque superior en una posición de gran movilidad; y, por otra parte, les parece superflua la oposición presentada al deslizamiento.

Los bloques de ese dique de Argel tienen un peso que varía de 330 a 418 t, y se transportan sobre gabarras, de las cuales los toma un pórtico-grúa de 450 toneladas de potencia, montado sobre dos gabarras gemelas.

Posteriormente al Congreso XIV se ha publicado la sección propuesta para el dique de la dársena exterior del Faro del puerto de Marsella, desistiendo de la clásica de dique en talud que venía empleándose en ese puerto. Esta nueva sección de dique vertical es análoga a la del puerto de Argel, pero sin escalonado inte-

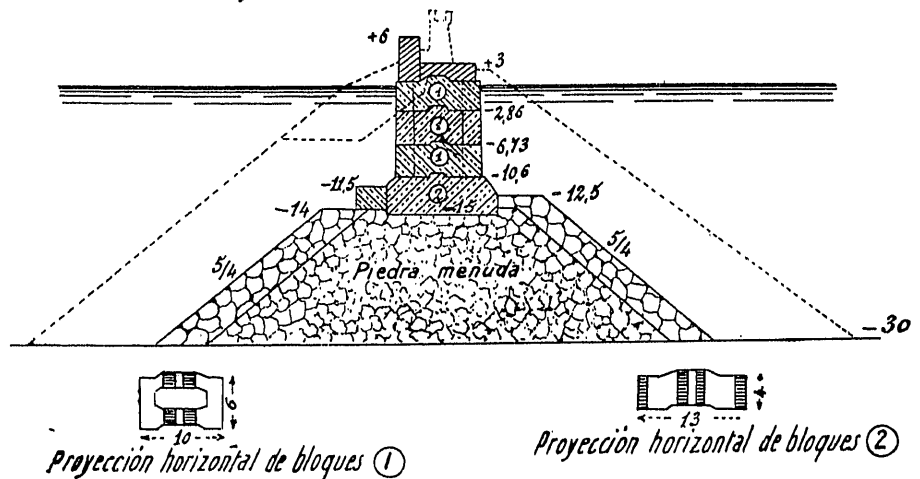


Fig. 6.ª Marsella.

rior y conservando los encajes en los bloques, teniendo éstos un peso de 500 t. Se representa esta sección y los detalles de los bloques en la figura 6.ª, en la que se in-

dica con trazos la silueta del tipo de dique en talud, tan adoptado en aquel puerto.

Para la adopción de este nuevo tipo se han fundado en la economía de construcción y conservación, en la reducción de tiempo en la primera, en la posibilidad de hacer muelle y en ocupar menos espacio en el interior.

En todas las secciones dibujadas se puede observar la disposición dada al basamento y protección de su coronación, de acuerdo con las ideas antes expuestas.

Ha de observarse que todos estos tipos modernos de diques formados con bloques ciclópeos son, desde luego, satisfactorios para los mares sin marea, donde se construyen, y lo serían para los mares de marea si en éstos no existieran olas de mayor altura que en aquéllos, en los cuales se supone, generalmente, no pasen de 6 m, dando así espesores máximos de 12 m. Claro es que en los mares de más fuerte oleaje cabría el emplear el mismo con mayor espesor, o sea con bloques de mayor longitud; pero implicaría mayor peso en cada uno y, como consecuencia, el extremar la potencia de los medios de carga, transporte y colocación en obra; y por esto se observa la preferencia a construir estos diques en esos fuertes mares con cajones y con espesores superiores a 12 m.

Así, se ve en los tipos presentados por Lira dar el espesor de 10 m, formado con bloques, al dique de An-

tofagasta, calculado en olas de 6 m, y adoptar cajones, en el de Valparaíso, con espesor de 14 m, teniendo en cuenta olas de más de 8 m; y esos espesores, y aun mayores, como en el Musel, se dan a nuestros diques construídos con cajones y sometidos a las fuertes olas de nuestro Cantábrico.

Antes de terminar con los diques verticales, y con ellos todo lo relativo a los diques de abrigo, se expondrá algo sobre sus costes, además de lo apuntado en el artículo anterior, en cuanto a la relación entre los diques en talud y los verticales.

Se podrían estampar varias cifras de las dadas por los varios ingenieros, una de ellas relativa al coste del dique de Valparaíso, fundado a —54 m, cifrado en 2 500 libras esterlinas metro lineal, y otra, al de Catania, indicado como tipo por los italianos, fundado a —18 metros y valorado en 14 500 liras oro; pero no puede fijarse nada concreto, sino, como se dijo en las conclusiones, sólo a título de indicación de un orden de magnitud se expuso como resumen el coste de 9 000 a 35 000 francos oro el metro lineal en los diques construídos en el Continente antiguo, en mares sin marea, y variando las profundidades de —12 a —40 m, indicando que se tendrá una economía del 20 por 100 en los diques verticales, en relación con los "en talud", desde el límite en que, por la profundidad, sean aquéllos aconsejables.

Ramón HERNÁNDEZ MATEOS  
Profesor de la Escuela de C. C., y P.

## Afirmados de asfalto natural

Comienza a usarse actualmente esta denominación para distinguir los pavimentos formados por roca asfáltica nativa resistente, sometida a un cuidadoso machaqueo y extendida y comprimida como la piedra de un afirmado ordinario.

La roca asfáltica fué ya empleada en esta forma, con buen resultado, a mediados del pasado siglo en varios países simultáneamente y muy especialmente en Bélgica, Inglaterra y Alemania; pero en aquella época no existían las facilidades de transporte de nuestros días, y las minas en explotación de donde podía obtenerse el material conveniente, por su composición y dureza, para ser empleado con estos fines eran tan escasas, que frecuentemente se hacía preciso salvar distancias de centenares y hasta millares de kilómetros entre los puntos de obtención y los de empleo, motivando todo ello que decayera rápidamente el uso de estos pavimentos, cuando comenzaban a difundirse, mientras que eran preferidos y se extendían por todo el mundo otros firmes construídos con elementos pétreos más fáciles siempre de encontrar y de adquirir en todos los países.

Pero fueron tan satisfactorios los resultados que se lograron con estos pavimentos y tanto se pusieron de manifiesto en aquella época, en que era aún desconocido el automóvil y escasos los ferrocarriles, verificándose, por consiguiente, casi todos los transportes en carros, cuyos efectos destructores sobre los afirmados eran aún mayores que ahora, que pronto surgió la idea de reproducirlos artificialmente. Gran número de químicos, ingenieros y constructores se dedicaron entonces a buscar una roca asfáltica sintética de fácil obtención y costo reducido que pudiera reemplazar a la que tan escasamente se presentaba

en la Naturaleza, siendo el químico belga Smedt, en el año 1876, quien primero consiguió, mezclando asfalto de Trinidad con arenas y elementos minerales diversos, formar un cuerpo que prácticamente se asimilaba en sus aplicaciones a la roca asfáltica nativa.

El primitivo mortero de Smedt, así constituido, fué el origen de los actuales hormigones asfálticos de aplicación universal. Su composición se varió, dando entrada en ella a los elementos gruesos—grava y piedra partida—, con lo que ya pasó a ser hormigón propiamente dicho, y, posteriormente, por el notable progreso que tuvo lugar en la destilación y refinación de petróleos, por las que era posible obtener betunes asfálticos artificiales superiores por su calidad, en muchos casos, a los asfaltos de Trinidad, Bermúdez y Méjico, se sustituyeron estos últimos por aquéllos en la mezcla, llegándose con estas variantes a tal perfeccionamiento en la fabricación de hormigones asfálticos, que pronto hicieron caer en un olvido, mantenido hasta el presente, a los primitivos afirmados asfálticos naturales, origen de todos los demás.

Lógicamente se desprende de todo lo anterior que no está justificado que se haya renunciado en absoluto al empleo directo de la roca asfáltica en la construcción de afirmados. Ello debe ser así, exclusivamente, cuando sea posible lograr una evidente ventaja económica con el uso del hormigón artificial; pero nunca en el caso contrario. Ambos pavimentos pueden perfectamente equipararse en su constitución y resultados, y a demostrarlo conduce el breve resumen histórico que hacemos sobre el origen y evolución de los hormigones asfálticos, que—repetimos— fueron concebidos como una simple imitación de los afirmados de roca asfáltica comprimida con la fina-