

chas, ya empotradas, a las que se fijaron con tornillos¹.

El conjunto de las armaduras de los dos arcos (figura 7.^a), constituido por tres cerchas por arco, ha soportado los moldes de madera para el moldeo del hormigón que envuelve las armaduras.

El peso de éstas es algo mayor que el que exigiría el cálculo para la resistencia total del arco; pero el exceso de gasto ha sido muy inferior al que costarían las cimbras necesarias para soportar los arcos armados con aceros redondos.

¹ Esas operaciones han sido realizadas, con grandísima habilidad, por el constructor D. Manuel Távora.

El montaje es mucho más rápido y, sobre todo, se puede evitar el peligro de que una crecida repentina arrastre las cimbras.

Salvo, pues, casos excepcionales, no nos parece dudoso que las armaduras rígidas ofrecen una gran economía y seguridad sobre las armaduras de aceros redondos.

J. EUGENIO RIBERA

Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Alquitranados y su eficacia

Actualmente se están haciendo adoquinados perfeccionados y firmes especiales en muchos trozos del Circuito Nacional; firmes de reconocido buen resultado y que pueden ejecutarse en un circuito, o en parte de él, pero en los que no puede pensarse para toda clase de carreteras, por su coste elevado de primer establecimiento.

En otros trozos del Circuito, al menos por ahora, se emplean riegos superficiales, solución que dará también buenos resultados y cuyo uso debiera extenderse a gran número de carreteras por la economía que su empleo representa, a pesar de su coste reducido de primer establecimiento, según parece desprenderse del resultado obtenido en esta provincia con el alquitranado superficial empleado en el transcurso de diez y seis años.

Se empezó a alquitranar en esta provincia de Vizcaya en 1912, habiendo hoy 386 kilómetros alquitranados de los 1 175 de la Red provincial, única existente. Desde el año 1912 al 1918 se alquitranó poco, por exigirse a los Ayuntamientos subvención del 50 por 100; sin embargo, los alquitranados hechos sirvieron para apreciar su utilidad y economía, por lo que se dejó de exigir subvención y se empezó a alquitranar con intensidad y a cargo de la Administración a partir del año 1918. Influyó también en este resultado la terminación de la guerra y, con ello, el aumento de automóviles, por el mayor desarrollo en la construcción de los mismos.

Se ha considerado por mucho tiempo que el alquitranado en carreteras de mucha circulación pesada y de llantas de hierro no era eficaz. En esta provincia sólo en una carretera de 12 kilómetros (Bilbao a Portugalete) se han observado deficiencias del alquitranado, mas se trata de carretera que es, además, estrecha, sombría y con línea de tranvía. En ella se está haciendo actualmente recargo de tarmacadam, y por lo hecho hasta hoy, con buen resultado. En las demás carreteras el resultado del alquitranado ha sido bueno.

Se observará también que a medida que las carreteras están mejor conservadas, los vehículos son más perfeccionados y más abundantes. Desde 1914 hasta hoy ha disminuído el número de vehículos de tracción animal, y, sin embargo, la circulación se ha hecho alrededor de diez veces mayor. Todo el aumento habido se refiere exclusivamente a autos de carga, de viajeros y de turismo.

También se ha considerado hasta ahora casi indispensable que el macadam, base del alquitranado,

sea de piedra dura. Se ha alquitranado en esta provincia sobre ofita, escoria de Altos Hornos y de afino, arenisca y caliza; piedras, por tanto, de distintas durezas y en todas ellas con buen resultado, si bien cuando la piedra dura no es muy cara se ha preferido a la blanda. Como caso excepcional se citará un recargo con piedra dura barata, pero descomponible—cayuela—, el que, alquitranado superficialmente, se comporta tan bien como cualquiera otra calidad de piedra. Esto depende, probablemente, de que el alquitranado impide el paso del agua al firme, y, por tanto, todos los efectos perjudiciales posteriores.

En la primera época del empleo del alquitranado ya hubo algún ingeniero que observó que el alquitranado era económicamente beneficioso: se refería al Bosque de Boulogne; otros, por el contrario, apreciaban que el 50 por 100, próximamente, del coste del alquitranado se gastaba en pura pérdida. Yo escribí hace algún tiempo también, pero más tarde, en esta REVISTA, hacia el año 1918, un artículo manifestando que el empleo del alquitranado superficial era recomendable hasta económicamente; sin embargo, creo que todos nos hemos quedado muy por bajo de la realidad.

Para apreciar los efectos del alquitranado, he comparado los gastos de conservación por kilómetro en dos años: uno, antes de la guerra, época en que apenas se alquitranaba, y el actual de 1928, con el máximo de alquitranado. He tomado el año 1914, en el que el gasto era un término medio de aquella época. El año actual se halla en análogas condiciones. El resultado de la comparación es, a mi juicio, extraordinario. Ha habido necesidad, claro está, al hacer la comparación de tener presente el aumento de coste de todos los elementos de conservación, y como esto pudiera apreciarse de distinto modo, según el criterio de cada uno, se consignan todos los datos tenidos en cuenta para que se modifiquen prudencialmente por quien no los acepte; a pesar de todo, el resultado de la comparación será siempre sorprendente.

El año 1914 tenía Vizcaya 935 kilómetros de carreteras y el presupuesto fué de 853 000 pesetas, y, por tanto, el coste por kilómetro fué de 912,30 pesetas; había en circulación 5 404 carros, 303 autos de turismo y 105 motos. Actualmente tiene Vizcaya 1 175 kilómetros de carreteras; el presupuesto es de 3 063 300 pesetas, y, por tanto, el coste por kilómetro 2 606,20 pesetas; hay en circulación 4 500 carros, 2 300 autos de turismo, 300 de alquiler, 100 de viajeros, 1 064 de mercancías y 220 motos.

En los años de 1914 y 1928 ha habido los sueldos y precios siguientes, que se consignan en pesetas y a continuación unos de otros para que se aprecie fácilmente su relación:

	AÑOS	
	1914	1928
Sobrestantes	3 547	7 500
Maquinista de rodillo.....	2 790	4 000
Capataces	1 048	2 980
Peón caminero	867	2 100
Peón auxiliar, por día	3	6
Piedra martillada, por metro cúbico.	7	14
Pareja de bueyes, al día.....	10	18
Carbón por tonelada	42	70

Unos valores se han duplicado, otros no han llegado a duplicarse y otros han excedido la duplicación, y si se observa que éstos son en su mayor cantidad, no parecerá exagerado tomar como coeficiente para comparar los presupuestos el número 2.

Se observa que las 912,30 pesetas, coste de conservación por kilómetro en 1914, se convertirían hoy en 1 824,60 pesetas, y como el coste actual es, como se ha dicho, 2 606,20 pesetas, hay una diferencia en más de 781,60 pesetas, lo que representa solamente un 42,84 por 100 de aumento con relación al coste equivalente del año 1914, a pesar de que la circulación actual es inmensamente mayor que en 1914, al-

rededor de diez veces más que entonces, como ya se ha indicado. Se añadirá que en 1914 las carreteras no estaban bien y hoy lo están.

La comparación, aun con las reservas que puedan hacerse, da un resultado extraordinario, que se adjudica casi íntegro al alquitranado. Este resultado, en cierto modo imprevisto, proviene, a mi juicio, de que en las comparaciones entre el coste de conservación del macadam ordinario y del macadam alquitranado no se han tenido presentes diversas circunstancias, a saber: que si bien hay carreteras que exigen alquitranado anual y hasta dos anuales, hay otras en las que basta un alquitranado alterno, y otras en las que con un alquitranado cada tres años se conservan en buen estado; que al realquitrano no se debe alquitrano todo el ancho de la carretera, por no ser necesario y por ser hasta perjudicial hacerlo así; ordinariamente se alquitrana la mitad del ancho porque las orillas se estropean poco. Por último, no debe olvidarse tampoco, al hacer la dicha comparación, que si un recargo sin alquitrano dura unos cinco años, ordinariamente en condiciones deficientes, el mismo recargo, alquitranado, dura de dos a tres veces más, y siempre en buen estado.

En resumen: Opino que procede regar superficialmente con alquitran o emulsiones que produzcan efecto semejante, muchos kilómetros de carretera, y esto cuanto antes, porque, aparte de otras ventajas, hay economía manifiesta con el empleo de tales riegos.

Víctor O. ALLENDE
Director de Caminos de la Diputación provincial de Vizcaya.

Algo sobre el espesor de los arcos de fábrica

I

Al examinar el breve discurso de los precedentes históricos del cálculo *racional* de los arcos de fábrica (conceptuando como tal cálculo racional el conjunto de procedimientos analíticos, gráficos o mixtos para la determinación de las bóvedas, principal y esencialmente basados en la consideración de las garantías del orden mecánico exigidas por el equilibrio estático y elástico de dichas construcciones), resalta que primeramente imperó de un modo casi exclusivo la preocupación por el espesor de los arcos en la clave, preocupación que fué, indudablemente, origen de las numerosas y variadas fórmulas más o menos empíricas para la deducción de tal espesor, que aun perduran e ilustran copiosamente la extensa lista de los manuales y textos de Ingeniería y de Construcción más generalmente usados y conocidos.

Se compusieron por aquel entonces fórmulas para todos los gustos. Unas dan el espesor en la clave en función exclusivamente de la luz (Gaztelu), o de una raíz de la luz (la raíz cúbica, en la fórmula de Boix); otras hacen intervenir el rebajamiento además de la luz (las de Dupuit, que dan menos espesor para arcos rebajados que para los de medio punto, y otras que dan por resultado lo contrario). Algunos autores se han preocupado de las sobrecargas, como Croizette Desnoyers, que dió fórmulas para puentes de carretera y de ferrocarril, y otros parece que han tenido en cuenta la figura del arco, puesto que existen fór-

mulas para los de medio punto, para los escarzanos, elípticos, carpaneles y ojivales. Nunca figuró en las viejas fórmulas del espesor en la clave, de modo expreso, el peso propio del arco, ni pudo contarse en ellas con la acción de la temperatura, que tan importante papel desempeña hoy en el cálculo racional de los arcos.

Tan desacordes criterios como en la fijación del espesor en la clave son los que rigen en lo respectivo a la variación del espesor desde la clave a los arranques del arco. La mayoría estima que en los arranques el espesor debe ser mayor que en la clave, y para algunos, la relación de ambos espesores debe disminuir a medida que van siendo los rebajamientos más exagerados (es decir, que en arcos de medio punto el espesor en los arranques sea, por ejemplo, doble que en la clave, y en los rebajados al décimo, sensiblemente iguales ambos espesores). Y no faltaron partidarios de la invariabilidad del espesor, como puede verse en la página 235 del conocido *Estudio sobre los grandes viaductos*, cuando al calcular las dimensiones de una bóveda de 15 m se adopta el de 0,80 m en la clave y se da a toda la bóveda ese espesor constante, por creer, como el Sr. Boix, que es *completamente inútil* aumentar progresivamente de espesor desde la clave hacia los arranques.

Esa desorientación, por no decir anarquía, no fué cosa exclusiva de los albores del cálculo de los arcos. Voy a poner fin a este preámbulo citando un ejemplo, de reciente fecha, conocido de todos los lectores