

Dicho rodillo, de 20 toneladas de peso total, proporciona una sobrecarga por metro cuadrado de 2 500 kilogramos, en tanto que el rodillo compresor, figura número 13, prescrito en la Instrucción española para análogo peso total, cubre mayor superficie, lo que reduce la sobrecarga unitaria a 1 666 kilogramos, no debiendo olvidarse que la Instrucción suiza no prescribe, por el contrario, una muy fuerte sobrecarga que en la española se establece, cual es el paso de una sobrecarga aislada de 13 toneladas, de efecto muy superior a todas las anteriormente expuestas, además de que en la suiza el rodillo compresor no está como en la española, precedido y seguido de sobrecargas uniformemente repartidas de 450 kilogramos por metro lineal y la posibilidad de que en un tramo, por ejemplo de 6,00 metros de anchura de calzada, sean tres los rodillos que han de entrar en cálculo, en tanto que en aquella es uno solamente el que ha de considerarse.

Puede comprobarse cuánto más rigurosa es nuestra Instrucción aproximándose más a la realidad, que la Instrucción suiza.

Esto, para los tramos correspondientes a caminos en los que no está permitido el paso de camiones muy pesados, prescribe la comprobación del paso de un vehículo de 8 toneladas de peso total, figura número 14, con peso por metro lineal de 2 000 kilogramos y de 1 000 kilogramos por metro cuadrado.

Para las pasaderas exclusivamente recorridas por peatones, exige el cálculo de la supuesta sobrecarga uniformemente aplicada en toda la extensión de 500 kilogramos por metro cuadrado, en tanto que en la Instrucción española solamente se exige, como ya se ha dicho, la de 450 kilogramos; aquella prescripción la estimo en contradicción con cuanto se ha hecho observar de que la sobrecarga uniforme que precede y sigue a los camiones detallados anteriormente varía con la luz, cuando en este caso se considera uniforme y única, cualquiera que sea ésta, o sea, se sigue el criterio de la Instrucción española.

En la figura número 15 se prevé en ésta para luces superiores a 32,00 metros un tren de tres vehículos de tranvías, cuyo croquis se representa, que proporciona una sobrecarga uniforme por metro cuadrado cubierto de 793 kilogramos, inferior por unidad superficial a las anotadas en la Instrucción suiza, pero en conjunto, al tratarse de tres coches con una sobrecarga total de 79 800 kilogramos, ésta es muy superior a las previstas en aquella.

Como resumen de cuanto se refiere a las sobrecargas para tramos metálicos para carretera, resulta muy superior y más aproximado a la realidad cuanto se prescribe en la Instrucción española.

En el próximo número terminaremos el estudio comparativo de ambas Instrucciones.

Domingo MENDIZABAL,
Profesor de la Escuela de Caminos.

Acerca de la dosificación de hormigones

En la inmensa mayoría de los pliegos de condiciones se define la dosificación del hormigón, expresando el cemento en kilogramos y la arena y grava en litros, de manera que un hormigón se dice que tiene 200 kilogramos de cemento, 400 litros de arena y 800 litros de grava. Luego se definen más o menos los tamaños y calidad de los áridos, pero casi nunca se hacen indicaciones acerca del agua que pueden contener ni de la proporción total de agua de la mezcla. Queda así el hormigón muy poco definido, pues estos *detalles*, a los que apenas se concede importancia por regla general, la tienen, y muy grande, en el resultado final que se persigue, que es la resistencia del hormigón en obra.

Pero aun hay más; en estas dosificaciones se expresa el cemento en peso, bien sea por m.³ de hormigón en obra o para una cierta cantidad de áridos, pero es muy frecuente el que se cambie por dosificación en volumen para facilitar las operaciones en las obras. Así ocurre cuando las hornigoneras de que se dispone, no permiten, para la dosificación prevista, el empleo de un número entero de sacos por amasada. Entonces, es muy corriente medir también el cemento en volumen, calculando la proporcionalidad correspondiente a base del número de litros que contiene cada saco de 50 kilogramos.

Esta manera de proceder, en apariencia equivalente a la otra, puede conducir a diferencias enormes en las dosificaciones, si se tiene en cuenta que es muy variable la densidad aparente del cemento, según

como se llenen las vasijas en que se mida, y que la humedad de los áridos produce entumecimiento que, para la arena sobre todo, puede llegar a falsear las proporciones de la mezcla. Esto, aparte de la influencia que tiene el agua contenida en los áridos en la variación de la relación agua : cemento. Por estas razones nos ha parecido interesante citar algún caso concreto que pueda servir para fijar las ideas respecto al orden de magnitud de estas variaciones.

Supongamos que, con unos determinados materiales, se hace una amasada compuesta por:

100	litros	de	cemento.
200	"	"	arena, $0 \div 7$ mm.
250	"	"	gravilla, $7 \div 30$ mm.

Según el apelmazamiento al llenar las medidas, sin apisonarlas, y la humedad, a esas cantidades pueden corresponder en peso:

Densidad aparente.

100 a 150,	en promedio 125 kg. de cemento	1 a 1,5 promedio 1,25.
250 a 370,	en promedio 310 kg. de arena	1,25 a 1,85 promedio 1,55.
320 a 340,	en promedio 330 kg. de gravilla	1,28 a 1,36 promedio 1,32,
o sea, que midiendo en volumen, los pesos pueden		

variación, alrededor de un promedio, en ± 20 por 100 para el cemento, ± 10 por 100 para la arena y ± 3 por 100 para la gravilla. Dicho en otras palabras: a la misma proporción en volumen, 100 : 200 : 250, pueden corresponder en peso, en los dos casos extremos,

100 : 370 : 340 o sea 1 : 3,7 : 3,4 (mezcla más pobre) y

150 : 250 : 320 o sea 1 : 1,67 : 2,13 (mezcla más rica), siendo el promedio 125 : 310 : 330 o sea 1 : 2, 2,47 : 2,65.

Las diferentes densidades aparentes proceden, ya que se ha supuesto un material de condiciones idénticas, de la diferente manera de llenar las medidas en lo que se refiere al cemento y la grava, y de esa misma causa, y sobre todo, de la propia humedad para la arena. Por lo tanto, aun con los materiales de calidad constante, una dosificación en volumen es muy equívoca.

Por otra parte, al determinar el consumo de materiales por metro cúbico de hormigón, nos encontramos con que, en el ejemplo anterior, 100 litros de cemento, 200 litros de arena y 250 litros de gravilla, no dan 550 litros de hormigón, sino una cantidad menor indeterminada, que depende de la composición del árido y de la cantidad de agua. Por la misma razón, una dosificación en volumen 1 : 2 : 2,5 no quiere decir que el hormigón sea globalmente de proporción 1 : 4 : 5, sino que será más rico, pero en un grado indeterminado.

Para concretar las diferencias a que se puede llegar, estudiaremos los dos casos extremos, teniendo en cuenta el agua. Supongamos que la masa se compone de 100 litros de cemento, 200 litros de arena, 250 litros de gravilla y 60 litros de agua. Al medir los áridos completamente secos, y para el caso de menor densidad aparente del cemento (mezcla más pobre), tendremos una masa compuesta por 100 kilogramos de cemento, 370 kg. de arena, 340 kg. de gravilla y 60 kg. de agua, de manera que, para un peso del hormigón fresco de unos 2400 kg./m.³, el consumo de materiales será:

Hormigón número 1.

Material.	Proporción en volumen.	Proporción en peso.	Cantidad total.
Cemento	1	1	276 kg.
Arena	2	3,7	1 020 »
Gravilla	2,5	3,4	938 »
Agua	0,6	0,6	166 »
TOTAL	»	8,7 partes =	2 400 »

Si ahora suponemos que la arena contiene el 3 por 100 de humedad y la gravilla el 0,5 por 100 y el sistema de medir el cemento da la máxima densidad aparente, resultará una masa compuesta por:

100 litros = 150 kg. de cemento.

200 litros de arena húmeda = 250 kg., de los que el 3 por 100, o sea 7,5 kg., son de agua.

250 litros de gravilla húmeda = 320 kg., de los que el 0,5 por 100, o sea 1,6 kg., son de agua.

60 litros de agua.

De manera que la proporción efectiva cemento :

arena seca : gravilla seca : agua total, será: 150 : 242,5 : 318,4 : 69,1 = 1 : 1,62 : 2,12 : 0,46, y entonces el consumo de materiales por metro cúbico, supuesto un peso del hormigón fresco de 2400 kg./m.³, será:

Hormigón número 2.

Material.	Proporción en volumen.	Proporción en peso.	Cantidad total.
Cemento	1	1	462 kg.
Arena	2	1,62	745 »
Gravilla	2,5	2,12	980 »
Agua	0,6	0,46	213 »
TOTAL	»	5,20 partes =	2 400 »

Vemos aquí, por lo tanto, que dosificando y preparando el hormigón de la misma manera y con los mismos materiales, las diferencias operatorias a que se llega producen tales variaciones en la dosificación, que se obtienen dos hormigones completamente distintos. El número 1, con 276 kg. de cemento por m.³ y el número 2 con 462 kg. Teniendo en cuenta la cantidad real de agua de cada uno, la relación cemento :

agua es en el número 1, $\frac{C}{a} = \frac{276}{166} = 1,67$, y en el

número 2, $\frac{C}{a} = \frac{462}{213} = 2,17$, de manera que las

respectivas resistencias probables a los veintiocho días.

según la fórmula de Bolomey $R = K_{28} \left(\frac{c}{a} - 0,50 \right)$

serán para $K_{28} = 200$ kg.

Hormigón número 1 234 kg./cm.²

Hormigón número 2 334 "

o sea, en tanto por ciento de la menor,

$$\frac{334 - 234}{234} = \frac{100}{234} = 43 \text{ por } 100.$$

Por lo tanto, siempre que se dosifique en volumen, la humedad contenida en los áridos se ha de tener en cuenta, no sólo para corregir en consecuencia la cantidad de agua que se añade a la mezcla, sino también por lo que afecta, a causa del entumecimiento, en particular de la arena, a la proporción cemento : áridos y al consumo de materiales por m.³ de hormigón en obra. Como ya se hace notar, la humedad afecta muy en particular al volumen aparente de la arena, que puede llegar a aumentar hasta un máximo de un 20 a 30 por 100, del volumen seco, para una cantidad de agua de alrededor del 6 por 100 en peso. La medición con los materiales húmedos da, como es natural, mezclas más ricas que cuando están secos.

Si, por el contrario, se hiciera la dosificación en peso, tendríamos que la proporción cemento : arena : gravilla = 125 : 310 : 330 = 1 : 2,47 = 2,65, no sólo es absolutamente unívoca, sino que la cantidad total es la suma de los diversos componentes. En nues-

tro ejemplo, la mezcla obtenida es 765 kg. y la relación 1 : 2,47 : 2,65 es lo mismo que 1 : 5,12. Por lo tanto, la disminución de rendimiento desaparece, y ello permite determinar con toda exactitud el consumo de materiales. Todas estas ventajas se conservan aunque el peso específico de los materiales varíe dentro de los límites normales para cemento y áridos, que no suelen oscilar en ± 3 por 100.

Al hacer, como antes, referencia a la mezcla, incluso agua, y suponer que se le añaden los mismos 60 litros, tendremos que la dosificación se expresará así: 125 : 310 : 330 : 60 = 1 : 2,47 : 2,65 : 0,48 en peso, o bien, cemento : áridos : agua = 1 : 5,12 : 0,48.

Si ahora suponemos los áridos húmedos (con un 3 por 100 la arena, y un 0,5 por 100 la gravilla) y que se pesan húmedos, la proporción varía, pues la arena

contiene $\frac{310 \times 3}{100} = 9,3$ kg. de agua y la gravilla,

$\frac{330 \times 0,5}{100} = 1,65$ kg. de agua y se llega al siguiente

te hormigón efectivo: cemento : arena seca : gravilla seca : agua total = 125 : 300,7 : 328,35 : 70,95 = 1 : 2,41 : 2,62 : 0,57 o sea 1 : 5,03 : 0,57 en peso. Esto quiere decir que la proporción en peso cemento : árido total no se ha modificado esencialmente (y tampoco lo hubiera sido para un 5 por 100 de humedad), pero que la relación agua-cemento sí ha variado en términos que no se pueden despreciar.

Para un peso de 2 400 kg./m.³ de hormigón fresco, tendríamos:

Hormigón número 1.

Material.	Proporción en peso.	Peso total.
Cemento	1	363 kg.
Arena	2,47	900 »
Gravilla	2,65	963 »
Agua	0,48	174 »
TOTAL	6,60 partes =	2 400 »

Hormigón número 2.

Material.	Proporción en peso.	Peso total.
Cemento	1	363 kg.
Arena	2,41	857 »
Gravilla	2,62	955 »
Agua	0,57	207 »
TOTAL	6,60	2 400 »

A estos hormigones corresponden las resistencias 302 y 252 kg./cm.² a veintiocho días, o sea, una variación del 19 por 100 de la menor.

Vemos, en resumen, que la dosificación volumétrica es peligrosa por la facilidad con que se producen variaciones de mucha importancia en la resistencia del hormigón, sin que haya medios seguros de corregirlas, pues aun contando con que se introduzca un factor de corrección para el entumecimiento de la arena según su humedad, esto es bastante engorroso y todavía quedan sin corregir las diferencias que pueda haber al medir el cemento.

La mayor influencia corresponde a los finos, arena y cemento, de manera que cuando sea muy complicado pesar los áridos gruesos, debe aplicarse, cuando menos a los finos, la dosificación en peso. Además tiene la ventaja de que la corrección de humedad se simplifica mucho, y, como hemos visto en el ejemplo, aunque no se haga más que de tarde en tarde, su influencia sólo alcanza a la relación agua : cemento, sin variar apenas los consumos unitarios de materiales.

Siempre que se trate de estructuras que precisen un hormigón cuyas cualidades deban ser conocidas de antemano y uniformes, debe prescribirse la dosificación en peso, ya que, como lo mejor es enemigo de lo bueno, ni la organización actual ni los medios de que se dispone en nuestro país para la construcción permiten, por el momento, hacer aplicación de este principio, con carácter general. Pero debía intentarse una modernización sincera y práctica de los actuales pliegos de condiciones, que no tienen ventajas ni para la Administración ni para el contratista.

R. LÓPEZ BOSCH.
Ingeniero de Caminos.

Ensanchamiento del puente de acceso a la Casa de Campo, sobre el río Manzanares, Madrid

En el número de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, correspondiente al 15 de agosto de 1934, hice una descripción justificativa del proyecto; estas líneas relatan la construcción que acaba de terminarse; por consiguiente, en aquel artículo están los propósitos, y en éste los resultados.

Comenzaré haciendo un resumen del proyecto. La ampliación consistía en conservar donde se encontraba la mitad aguas arriba del antiguo puente; trasladar la otra mitad aguas abajo, reconstruyéndola exactamente como estaba; intercalar entre las dos mitades de cada una de las antiguas pilas un apoyo aislado intermedio, y colocar un tablero de hormigón armado. El ancho útil del puente pasaba de 4,70 m. a 25,00 m., distri-

buidos en dos calzadas de 7,50 m., que se pavimentarían con loseta de asfalto comprimido de 4 cm. de espesor y dos aceras de 5,00 m. proyectadas con losetas de gres; entre las calzadas se disponía un refugio, bajo el que se situaba una galería visitable, cubierta con losas móviles, reservada a las canalizaciones. La solución elegida se consideró que era económica, conservaba las características del puente antiguo, separaba las diversas circulaciones y era apta para situar las canalizaciones o servicios interiormente, sin que su colocación o inspección exigiera levantar el pavimento.

Lo primero que se hizo fué ejecutar sondeos para conocer con exactitud los terrenos que habían de encontrarse; esta operación, en buena lógica, se debía