

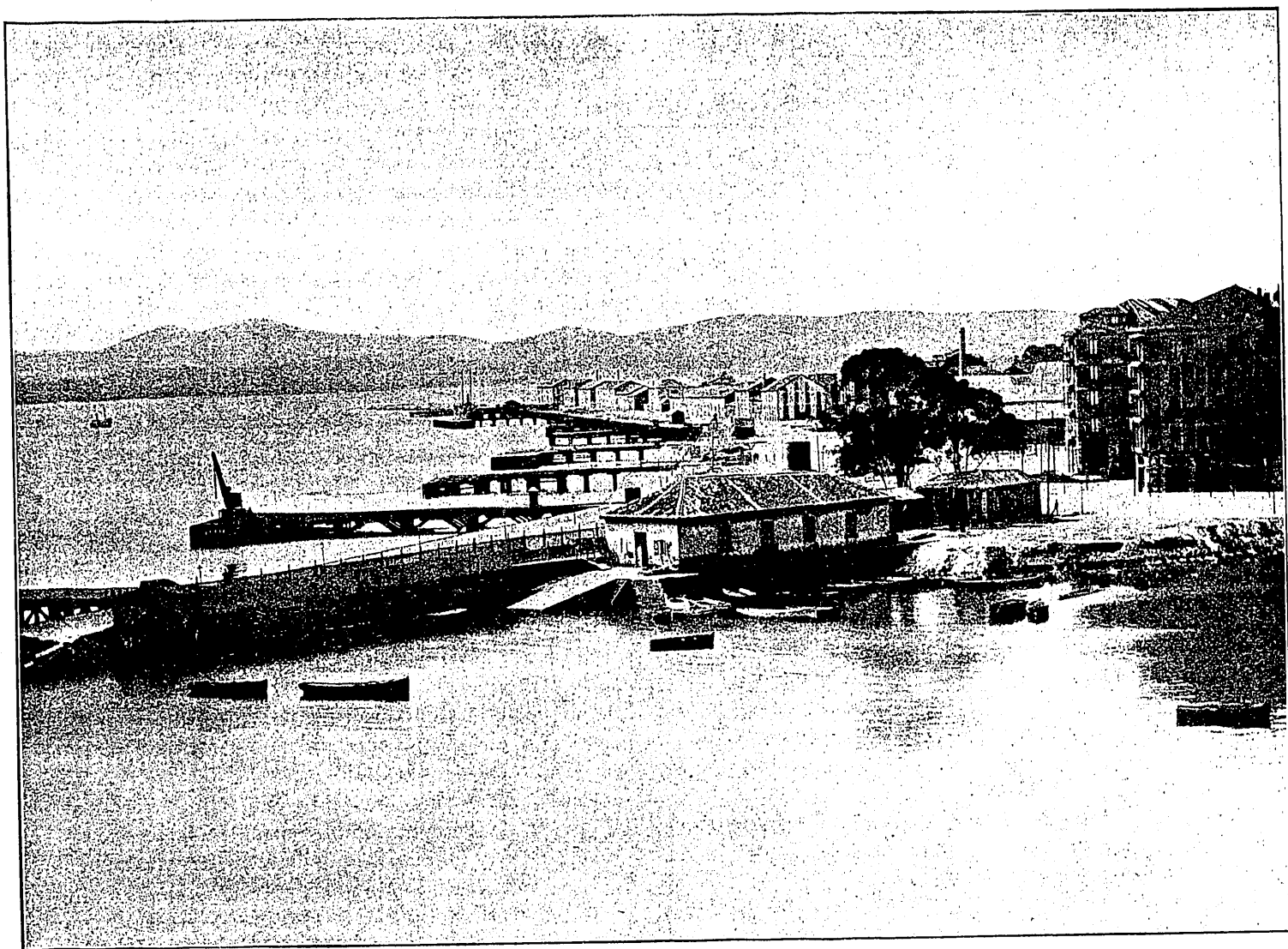
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Luis Sáinz, Inspector general de primera clase del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
D. Luis Gaztelu, Profesor de la Escuela de Caminos.
D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral



PUERTO DE SANTANDER

NUEVAS INVESTIGACIONES SOBRE LOS MORTEROS HIDRÁULICOS ⁽¹⁾

V

ENSAYOS NORMALES DE RESISTENCIA

Actualmente, los ensayos de resistencia adoptados casi exclusivamente para la recepción de los cementos, se

ejecutan por tracción y se hacen con pruebas de cemento puro, y más generalmente con morteros arenosos llamados normales, ó bien, y este es en Francia el caso más general, á la vez con cemento puro y con el mortero normal.

Para que sean comparables las resistencias obtenidas en diversos laboratorios, es preciso que los ensayos se hayan ejecutado en condiciones completamente idénticas.

En particular, para el ensayo del mortero arenoso, que parece más concluyente que el de cemento puro, es

(1) Véase el número anterior.

necesario que se defina exactamente la naturaleza y el grosor de la arena, las proporciones relativas de arena y de cemento, la naturaleza y la proporción del agua empleada para el amasado, las condiciones en que se efectúa esta operación, la forma y las dimensiones de los moldes de ensayo, el modo de llenarlos y el grado de compresión del mortero, el modo de conservación durante el fraguado y después, la época de la rotura, el aparato con que ésta se verifica y la manera de servirse de él, el modo de expresar los resultados, etc.

Si algunas de estas condiciones (proporciones de la mezcla del cemento y arena, tipo de los modelos de ensayo, sistema de conservación, máquina de ensayo, expresión de los resultados) reclaman solamente un asentimiento unánime de todas las administraciones y de todos los laboratorios que procedan á ensayos de cementos, otras son muy difíciles de definir y de realizar con exactitud, sobre todo cuando se trata de obtener una unificación internacional.

La naturaleza de la arena, y especialmente la forma de sus granos, cuya definición precisa es muy difícil, ejercen una gran influencia en la resistencia del mortero; es, pues, necesario adoptar en todo caso una arena de igual procedencia. En cuanto á su grosor, se le fija por tamices, pero queda siempre cierta incertidumbre en la cuestión del instante en que se debe detener el tamizado.

La proporción de agua que hay que emplear para el amasado no puede ser la misma para todos los cementos, pues, según el grado de finura, se obtendrían para los morteros diferentes consistencias. La consistencia no puede ser objeto de una definición exacta.

En fin, el grado de compresión que hay que dar al mortero en el molde es un elemento de una importancia capital; hecha á mano no pueden obtenerse siempre condiciones idénticas, y se ha llegado, en bastantes países, á recurrir al empleo de máquinas especiales.

El mortero que generalmente se adopta como tipo está compuesto, en peso, de una parte de cemento y tres de arena de la llamada normal, de granos uniformes y casi todos del mismo grueso, pero cuya procedencia varía según los países.

Este mortero se moldea con muy poca agua y no debe su consistencia más que al enérgico apisonamiento que se le hace sufrir en el molde.

En cuanto á la pasta de cemento puro, es un poco menos difícil de definir, aunque sus propiedades dependen mucho de la habilidad con que se amasa.

Cuando se trata de ensayos de recepción, conociendo las resistencias á que llegan después de siete y veintiocho días (algunas veces también ochenta y cuatro) con la pasta pura ó el mortero normal hechos con cementos de buena cualidad, se exige á los cementos que hay que recibir, que tengan sometidos á los mismos ensayos, resistencias equivalentes. Es claro que las cifras encontradas deben servir simplemente de términos de comparación y no pueden dar ninguna indicación sobre los esfuerzos á los cuales la obra proyectada sea capaz de resistir en la práctica.

En los experimentos de laboratorio ejecutados con objeto de hacer investigaciones especiales también se opera, con bastante frecuencia, con moldes de pasta pura ó de mortero normal, sin duda con el objeto de poder comparar los resultados de estos ensayos y los de recepción, lo que equivale á admitir que las resistencias encontradas dan

una medida exacta de las energías relativas de los diversos productos.

En los dos casos, es claro que los ensayos deben inspirar tanta más confianza cuanto que los morteros estudiados se aproximen más á los de la práctica.

Ahora bien, por una parte, aun cuando en los trabajos el cemento no se emplea puro más que en casos excepcionales, se puede preguntar si, en los moldes de cemento puro, no hay plétora de elementos activos que se estorban mutuamente y dificultan la apreciación exacta de las cualidades que el cemento presentará en la práctica ordinaria.

Por otra parte, el mortero normal, compuesto de una arena de granos uniformes, apenas mojada y comprimida con exceso, difiere tanto de los morteros usuales, en los que las arenas están formadas de granos de gruesos variados y que están amasadas en consistencia plástica con una porción de agua mucho más importante. Es dudoso que se produzcan los fenómenos químicos de igual manera, y además la compacidad del mortero normal difiere según la finura y la naturaleza del cemento, lo que influye en la resistencia, hasta tal punto, que se ha puesto en duda con frecuencia que el mortero normal fuese aplicable al ensayo de otros cementos que el portland.

En fin, se ha visto anteriormente que el ensayo de tracción no daba resultados tan precisos como los de compresión.

Se evitaría estas diversas objeciones, al mismo tiempo que las dificultades materiales que presenta la unificación del mortero normal, empleando, para los ensayos, morteros plásticos de arena inerte, en los que se determinaría, cuando se amasasen, la composición volumétrica elemental, y que se ensayarían por compresión después del tiempo que se fijase como normal. De los volúmenes elementales calculados y de las resistencias encontradas se deduciría, según la fórmula establecida anteriormente, los valores del coeficiente K, según el tiempo fijado, valores que serían independientes de la elección de arena y de la composición del mortero, y que, por otra parte, permitirían calcular la resistencia á que llegarían, después del mismo período de conservación, otro mortero distinto hecho con el mismo cemento, por ejemplo, el mortero proyectado para los trabajos.

Este valor de K, que se podría llamar coeficiente de resistencia del cemento en la época considerada, sería la característica que habría que determinar, y para la cual se fijarían límites en los pliegos de condiciones facultativas.

El experimento que se expone en el cuadro F muestra á la vez la variación de las resistencias correspondiente á pequeñas diferencias en la fabricación del mortero y la pequeña también que existe entre los valores de K determinados para los diversos morteros estudiados.

El mortero núm. I es el mortero normal plástico adoptado por la Comisión francesa de los métodos de ensayo de los materiales de construcción.

El núm. II no difiere del primero más que por la proporción de agua empleada al amasarlo. Se ve que es menos compacto y menos resistente.

Los números III y IV difieren del núm. I en las proporciones relativas del cemento y de la arena.

Por último, los números V á VIII no difieren del número I más que en el grosor ó la naturaleza de la arena empleada.

CUADRO F

Orden del mortero.	Naturaleza y grosor de la arena (1).	Peso de arena para un peso 1 de un mismo cemento.	Agua para amasar 100 gramos de mezcla seca (2).	Peso del litro de mortero recién hecho.	Composición volumétrica elemental del mortero recién hecho.				C + S.	$\left(\frac{C}{1-S}\right)^2$	P (3).	$\frac{P}{\left(\frac{C}{1-S}\right)^2}$	$P = 1110 \left(\frac{C}{1-S}\right)^2$
					C.	S.	E.	V.					
I	N	3	97,5	2131	0,154	0,551	0,190	0,105	0,705	0,118	134	1135	131
II	N	3	112,5	2086	0,148	0,531	0,211	0,110	0,679	0,099	108	1090	110
III	N	2,5	103	2150	0,176	0,526	0,200	0,098	0,702	0,138	151	1090	153
IV	N	3,5	93	2095	0,134	0,563	0,179	0,124	0,697	0,094	104	1105	104
V	N _g	3	88	2137	0,155	0,557	0,173	0,115	0,712	0,123	134	1090	136
VI	N _f	3	116	2005	0,142	0,509	0,208	0,141	0,651	0,084	95	1130	93
VII	N'	3	107	1996	0,142	0,511	0,193	0,154	0,653	0,085	95	1120	94
VIII	M	3	118	2117	0,150	0,538	0,222	0,090	0,688	0,106	119	1120	118

Media. . K = 1110

(1) N: Arena de la playa de Leucate (Aude), de granos redondos. Mezcla por pesos iguales de tres grosores de granos definidos por tamices de palastro perforado por agujeros circulares que tienen para diámetro 2, 1,5, 1 y 0,5 milímetros respectivamente

$$\left[\frac{1}{3} (2 - 1,5) + \frac{1}{3} (1,5 - 1) + \frac{1}{3} (1 - 0,5) \right].$$

(Arena adoptada como normal para los morteros plásticos por la Commission des Méthodes d'essai.)

N_g. La misma arena, pero compuesta únicamente de los granos (2 - 1,5).

N_f. La misma arena, pero compuesta únicamente de los granos (1 - 0,5).

N'. Cuarcita de Cherbourg molida de granos angulosos, que pasa por el tamiz de 64 mallas por centímetro cuadrado y no por el de 144. (Arena normal del cuaderno de las cargas de Boulogne.)

M. Arena que se obtiene mezclando juntas gran número de arenas naturales muy variadas, tamizando la mezcla con palastros perforados por agujeros de 5,2 y 0,5 milímetros de diámetro, volviendo a arrojar todos los guijarros pequeños que se retuvieron en el primer tamiz y mezclando en cantidades iguales de peso los tres grosores restantes

$$\left[\frac{1}{3} (5 - 2) + \frac{1}{3} (2 - 0,5) + \frac{1}{3} (\text{paso a } 0,5) \right].$$

(2) Las proporciones de agua para amasar, salvo para el núm. II, que se ha hecho intencionalmente más blando, se determinaron de tal manera que todos los morteros tuviesen sensiblemente una misma consistencia plástica.

(3) Resistencias a la compresión por centímetro cuadrado después de cuatro semanas de inmersión en agua dulce. Cada número es la media aritmética de seis ensayos.

Adoptando para el coeficiente K el valor medio 1110, se halla que los valores P' calculados para las resistencias no presentan con los valores encontrados directamente P más diferencias, muy pequeñas, siempre inferiores a los posibles errores de experiencia.

Se notará siempre que los morteros ensayados tienen composiciones bastante análogas; en otro caso se obtendría una concordancia menos satisfactoria, sobre todo después de la corta duración de cuatro semanas, al cabo de la cual el cemento todavía contiene una proporción bastante grande de granos no atacados, que deben jugar un papel poco diferente del de la arena, y hacen á veces defectuosa la fórmula.

También sería poco prudente no fijar para los ensayos de recepción un mortero especial. Por el contrario, la experiencia muestra que no es necesario definir el mortero normal de una manera tan rigurosa. Se podría, por ejemplo, estipular que el mortero estuviera compuesto en peso de una parte de cemento por tres de arena silícea que pasase por un cedazo de agujeros de 2 milímetros y no por los de 0,5 milímetros, y mezclado con una proporción de agua potable ó del mar tal, que presente una buena consistencia plástica.

Se podría adoptar para moldes de ensayo cubos de 5 centímetros de lado, que se prestarían al empleo de todas las arenas posibles desembarazadas de todos los guijarros que quedan en el cedazo de agujeros de 5 milímetros (1). Una máquina de rotura de una fuerza máxima total de 20

(1) Serían preferibles moldes de forma cilíndrica, pero las resistencias que hemos obtenido dejarían de ser comparables á las que se encuentran con las piedras, que no se pueden apenas tallar más que en bloques paralelepípedicos.

toneladas convendría entonces para el ensayo de todos los morteros, cualesquiera que fuesen el tiempo que tuvieran y la dosis de cemento. Pero, para los laboratorios, donde no había que hacer más que ensayos corrientes de recepción, sería muy suficiente una potencia mitad, de modo que el aparato fuese poco más costoso que las máquinas que en la actualidad sirven para los ensayos por tracción.

En fin, un punto importante sería tener moldes de dimensiones rigurosas y perfectamente estancos, de manera de no dejar escapar ninguna agua incorporada al mortero al amasarlo.

Desde luego, la marcha que hay que seguir para un ensayo, sería la siguiente:

1.º Determinar los pesos específicos de la arena y del cemento (1).

2.º Pesar cantidades determinadas de estas dos materias y después mezclarlas íntimamente, amasarlas dándoles consistencia plástica, anotando la cantidad de agua empleada en ella.

3.º Después de pesado el molde, introducir en él el mortero de manera de llenarlo exactamente, y pesar enseñuida el molde y su contenido (2).

4.º Multiplicar por 8 el peso neto del mortero para obtener el peso del litro. Calcular, por medio de los datos

(1) El ensayo, no para la arena, bastaba hacerlo una sola vez, pues servía para todas. En su defecto se podía, sin gran error, adoptar los pesos específicos medios 2,65 para las arenas silíceas y 2,69 para las calcáreas. De la misma manera se podía, en rigor, adoptar los pesos específicos medios 3,15 para los cementos propiamente dichos de fraguado lento; 2,80 para los cementos de escorias y 2,70 á 2,90 para las cales, según su grado de hidraulicidad.

(2) Para tener una medida media de todas, es bueno pesar varios moldes á la vez. Del mismo modo se debe recomendar el empleo de un plano de vidrio para asegurarse de que el molde está perfectamente lleno.

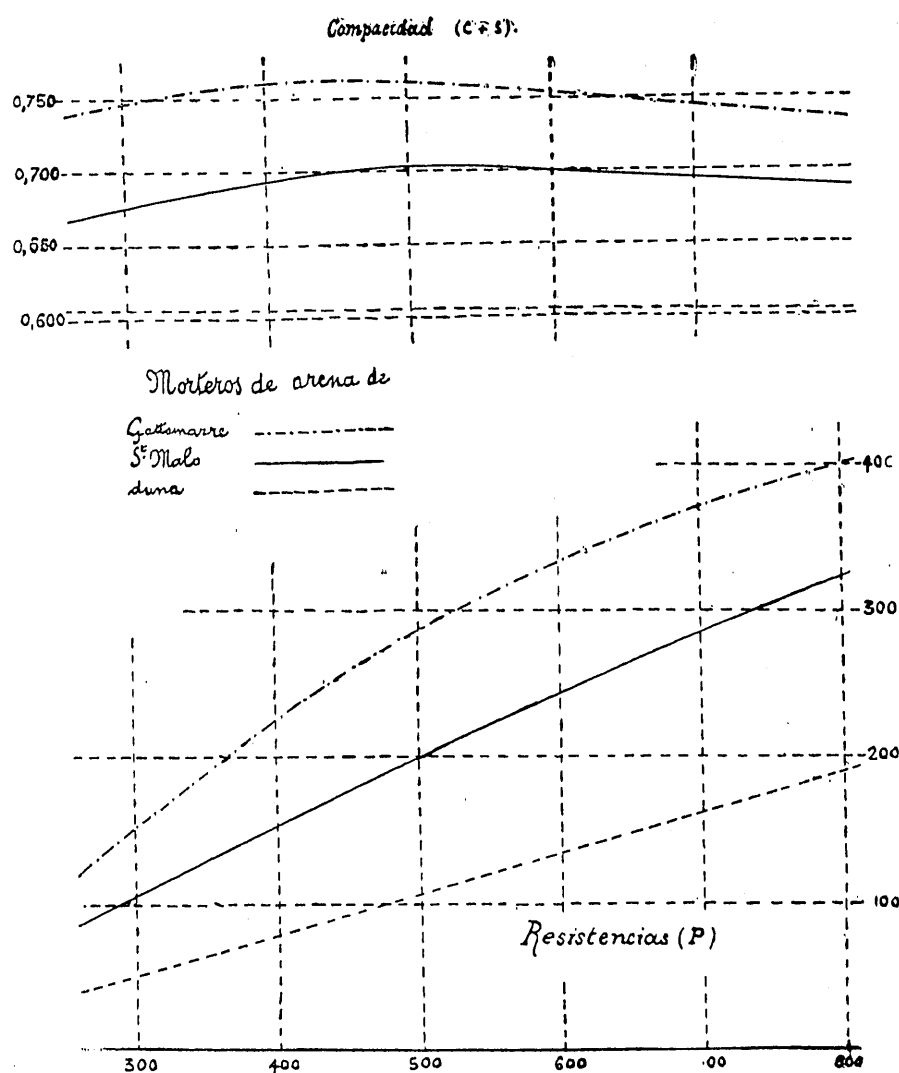


Fig. 9.

ya conocidos, los pesos, después los volúmenes elementales y, por último, la expresión

$$\left(\frac{c}{1-s} \right)^2$$

5.º Proceder, como se hizo hasta ahora, para quitar los moldes para la conservación y las roturas.

6.º Tomar la media aritmética de las resistencias á la compresión por centímetro cuadrado encontradas para todos los cubos iguales ensayados al mismo tiempo, y dividirla por el valor ya calculado de

$$\left(\frac{c}{1-s} \right)^2$$

NOTA. Si se emplean simultáneamente varios morteros de composiciones diferentes hechos con un mismo cemento y conservados en condiciones idénticas, debe operarse para cada uno como se acaba de decir y adoptar como coeficiente de resistencia la media de los cocientes que se deducen de ella.

VI

DOSIFICACIÓN DE LOS MORTEROS EN OBRA

El método que casi siempre se recomienda cuando se trata de determinar la proporción mínima de cemento que conviene mezclar con una arena dada cualquiera para

obtener un mortero compacto, consiste en medir experimentalmente los huecos de la arena y el rendimiento del cemento puro y deducir el peso del cemento capaz de dar un volumen igual al de los huecos de la arena, después deducir el volumen necesario de agua para mojar los granos de esta última.

En varios casos hemos protestado contra esta manera de operar, basada en un razonamiento que la experiencia demostró que es falso. El volumen de los huecos de la arena varía completamente según el asiento y grado de humedad de ésta, y á fortiori cuando se reduce al estado de mortero con agua y un cemento hidráulico. Por otra parte, nunca se llega, cualquiera que sea la proporción de cemento empleada, á un mortero absolutamente compacto (véase la columna 10 del cuadro B). Basta, además, notar que el método conduce siempre necesariamente á una cierta dosis que debía corresponder á un máximo de compacidad, aunque la experiencia muestre, como se verá más adelante, que con ciertas arenas puede ir la compacidad decreciendo sin cesar cuando la proporción de cemento aumente.

El único método lógico es componer con la arena y el cemento dados morteros en diversas dosis de las que se determinan los volúmenes elementales, la compacidad y, según la necesidad, las propiedades principales, y traducir gráficamente los resultados

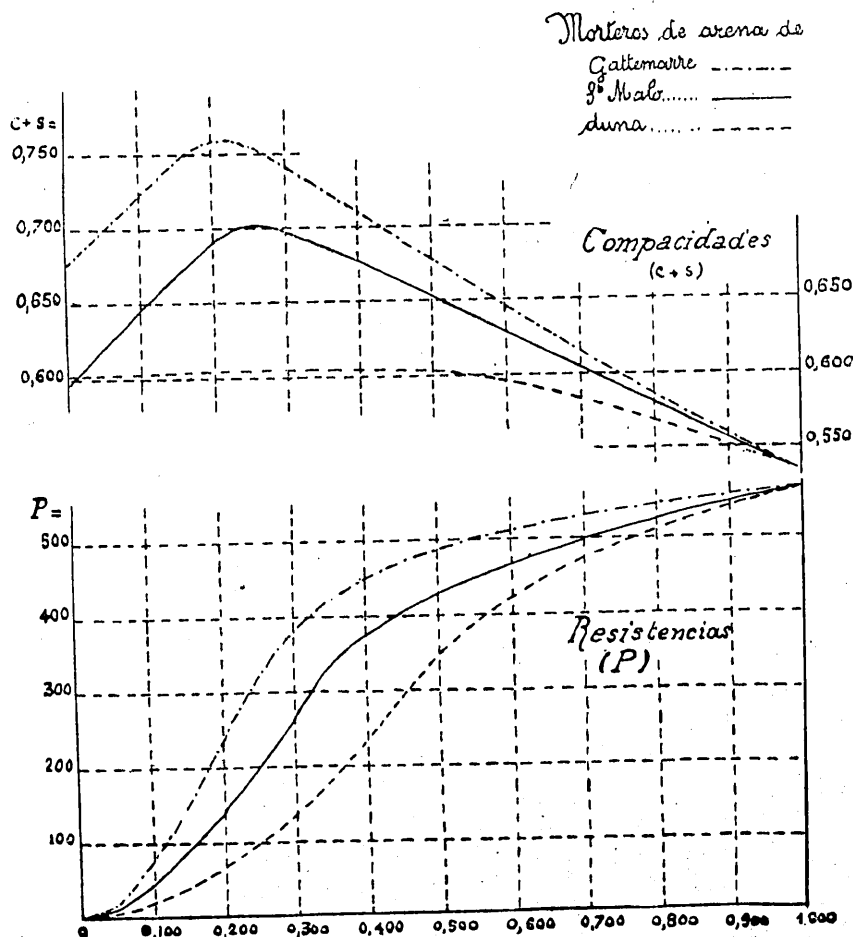


Fig. 10.

Abcisas = Pesos de cemento para un peso 1 de mezcla en seco.

obtenidos en un diagrama que muestre á la simple vista cómo varían estos diversos factores en función de la cantidad de cemento empleada.

Se puede tomar para abscisas, como se hizo en la figura 9, que corresponde á los morteros de las tres arenas naturales del cuadro B, los pesos de cemento añadidos á un metro cúbico de arena.

Vista la variabilidad del peso del metro cúbico de una misma arena, según el modo de medida y el grado de humedad, es preferible partir de las composiciones en peso y tomar para abscisas, sobre una base de longitud 1 cuyas dos extremidades corresponden á la arena y al cemento puros, entrando los pesos de cemento en un peso 1 de mezcla en seco (fig. 10).

Sin embargo, la consideración de las dosis no tiene, por lo general, más que un interés mediato; lo que, ante todo, importa comparar es, por una parte, el precio que vuelvan á tener los morteros y, por otra, sus propiedades esenciales.

(Se continuará.)

FERNANDO G. ARENAL.

PROYECTO DE ENSANCHE DE LA CIUDAD DE LEÓN ⁽¹⁾

Por D. Manuel Diz Bercedoniz, D. Pedro Diz Tirado, D. José M. Rodríguez Valbuena y D. Manuel Hernández.

Puede y debe tomarse como tipo para el estudio de los movimientos articulados que se verifican á nivel, la encrucijada producida por el encuentro de dos calles que se cortan en ángulo recto, prolongándose una. En este estudio fundamental seguimos las bases que dejó trazadas el Ingeniero D. Ildefonso Cerdá en su notabilísimo estudio de ensanche de Barcelona, así como los trabajos más modernos del mismo género del Dr. Josef Durin y Hermam Ende; una vez señaladas tales bases, haremos la aplicación conveniente á las diferentes encrucijadas ó plazoletas que se proyectan, poniendo de nuestra parte los datos particulares que nos sugieran las condiciones de la localidad ó que poseamos por nuestra observación personal.

Ante todo, y además de las razones expuestas en la descripción del trazado general de las vías urbanas, dejamos consignado que el tipo primitivo de las encrucijadas, ó sea el producido por dos calles que se encuentran en ángulo recto, no es el que debe procurarse siempre en los proyectos de ensanche, ni es el que reúne mejores condiciones.

Infinitas, cuanto complejas, son las causas que determinan la forma de una encrucijada. En primer término, tenemos el número de calles que á ellas han de afluir, número que no es convencional sino determinando por necesidades á satisfacer, ya sean éstas referentes á la circulación procurando en el trazado la economía de tiempo para el recorrido, la mayor ó menor facilidad de establecer enlaces lo más inmediatos posibles entre distintos puntos de producción ó aprovechamiento, enlazando desde un punto de esta misma dirección otro lugar que con él pueda tener alguna referencia.

Conviene á veces hacer afluir el mayor número posible de calles hacia un punto fijado de antemano, para la faci-

dad en la circulación de la gente que concurre á un sitio determinado, como paseo ó espectáculo, hacia una de las entradas de la población, como son una estación de ferrocarril ó el puente de entrada de San Marcos, procurando unir de la mejor manera posible todas las partes de la población con aquel punto que llamamos culminante; á veces son obligatorias direcciones determinadas ó desviaciones de una dirección ya escogida por algún obstáculo material ó de ornato público, y la dirección de las calles debe satisfacer á las condiciones meteorológicas de la ciudad, á más de que en el trazado deben tenerse presentes las múltiples tendencias en las condiciones del movimiento presumible al desarrollo de la futura población.

Queremos significar con esto que al proyectar un ensanche de población no puede ni debe buscarse previamente un trazado perfectamente homogéneo y rectangular, sino que el trazado de las calles debe obedecer á condiciones previstas de circulación y conveniencia; aquel trazado de calles determinará encuentros en número variable de las mismas y bajo ángulos distintos, siendo, por lo tanto, las encrucijadas la consecuencia del trazado de las calles, debiendo procurar después de obtenidas el colocarlas en las mejores condiciones para el servicio que han de prestar.

Y no podía menos de ser así, pues aunque la forma de una cuadrícula perfecta estuviese demostrado ser lo mejor bajo el punto de vista de la circulación y de la higiene, y aunque parece que tal sistema de cuadrícula obedece á un principio de equidad, para dejar en idénticas condiciones todas las partes que después se han de subdividir en barrios según preferencias de orígenes nebulosos que las distintas entidades de una población señalan en determinados momentos, semejante sistema sería bueno cuando se proyectase una población completamente nueva, no sabiendo ó conociendo vagamente la manera como el funcionamiento urbano, en todos los diversos aspectos de su manera de ser, iba á implantarse después en la ciudad nuevamente proyectada; siendo entonces preciso, por decirlo así, dejar una libertad completa y no dar preferencia ni en forma ni en condiciones á ninguna parte del trazado.

Pero en el caso particular de que nos ocupamos se trata sólo de un ensanche de población, de un ensanche perfectamente limitado y sujeto á ciertas condiciones y exigencias que han informado la redacción del programa y que satisfacen á las exigencias de la población antigua.

Se trata con el ensanche proyectado de hacer avanzar la población antigua hasta la orilla del río; esta parte nueva de población servirá de enlace entre la parte antigua y las dos entradas principales de la ciudad, el puente de hierro sobre el Bernesga que conduce á la estación del ferrocarril y el puente de piedra sobre el mismo río, en la carretera de Zamora.

Existe en los límites del proyectado ensanche el ex-convento de San Marcos, declarado monumento nacional, edificio que, no sólo por su importancia artística, sino por la importancia que el mismo ha de prestar á la población, sea cualquiera el objeto á que se destine, conviene ponerlo en inmediata comunicación con el centro de la misma.

En este ensanche ó expansión que necesita la ciudad de León está ya previsto de antemano, en modo de funcionamiento, cuáles y por qué han de ser las vías principales.

Así que al proyectarle no se trata de componer un tipo,

(1) Véase el número 1.198.