

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

D. Juan M. Fernández Yáñez,

D. Pantaleón Gutiérrez,

D. Manuel A. de Nora.

En la última hora de nuestro número anterior dimos la triste noticia del fallecimiento de estos queridos compañeros.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, interpretando el general sentimiento de los Ingenieros de caminos, canales y puertos, expresa su profundo pésame por la sensible pérdida de *D. Juan M. Fernández Yáñez*, Inspector general jubilado, que con tanta actividad desempeñó la Jefatura de Obras públicas de La Coruña durante veinte años, muy apreciado en la provincia, cuyos periódicos le han dedicado sentidas líneas al dar cuenta de su entierro; de *D. Pantaleón Gutiérrez*, Inspector general jubilado, de bondadoso carácter, y extremadamente celoso en el cumplimiento de su deber, ex Subdirector de Obras públicas, á cuya memoria se dedicó respetuoso recuerdo en el solemne acto de la inauguración del puente Requejo, pues era muy apreciado en Zamora, y de *D. Manuel A. de Nora*, joven é ilustrado Ingeniero, Director de los ferrocarriles económicos de Asturias, muy apreciado en Oviedo, y de justa fama por sus trabajos.

Cada uno de ellos tiene su personalidad propia y merece artículo aparte, que publicaremos en breve. Por hoy nos limitamos á poner al lado de sus nombres el luto de nuestro corazón y á asociarnos al dolor que acongoja en estos días á sus apreciables familias.

Don Ricardo Serantes.

Á la expresión de pésame consignada por la pérdida de otros compañeros queridos, tenemos que añadir hoy, desgraciadamente, otra más, por el que fué apreciado Subdirector de Obras públicas y amigo de todos, *D. Ricardo Serantes*, jubilado de Inspector general.

Su muerte ha sido muy sentida en Madrid, y lo será en provincias, entre cuantos en el último cuarto de siglo se han interesado por el fomento de las obras públicas.

Á su entierro asistieron Senadores, Diputados, Ingenieros, Ayudantes y otros amigos del finado.

En los veinte años que estuvo al frente del Negociado de construcción de carreteras intervino en la realización de más del tercio de las existentes.

De carácter afable y trato llano, se conquistó muchas simpatías.

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, que dedicará en sus columnas un recuerdo á su memoria escribiendo su necrología, expresa hoy su sincero dolor en nombre de los Ingenieros de caminos, por la muerte del que fué buen Jefe y buen amigo.

Reciba su atribulada familia, en especial su hijo *D. Ricardo*, el testimonio de nuestro sentido pésame.

Ensayos de mortero de cemento,

DE CAL Y CEMENTO Y DE CAL HIDRÁULICA

En el año 1912, y con motivo de la redacción del proyecto definitivo de la presa del pantano del Agujero, verifiqué en el laboratorio de estas obras una serie de ensayos para determinar, siquiera de un modo teórico y con cierta aproximación, los precios relativos de los morteros de cemento portland, bastardos y de cal hidráulica, cuyos resultados, aunque no sea prudente generalizarlos, quizás puedan ser de alguna utilidad para los Ingenieros y constructores.

Características de los materiales empleados.

Como en los resultados obtenidos tienen una influencia capital la clase de materiales empleados, conviene detallar las condiciones de aquellos que son propios de la localidad.

ARENA.—La arena con que se hicieron los ensayos fué reco-

gida en el lecho del río Guadalmedina, en el Agujero, teniendo la siguiente composición granulométrica:

Residuo	de 5,0 mm. (Guijarro).	10,954 kg.	10,954 kg.	
sobre	de 2,0 mm. (Gruesa)...	23,208 »		$\left\{ \begin{array}{l} G = 45,07 \% \\ M = 43,20 \% \\ F = 11,73 \% \end{array} \right.$
tamices	de 0,5 mm. (Media)...	22,230 »	51,476 »	
	(Fina)....	6,038 »		
SUMAS . . .		62,430 kg.	62,430 kg.	100,00

La escasa proporción de elementos finos, en los cuales están mezclados granos de arena y de arcilla, es la probable explicación de los resultados que se obtuvieron en anteriores experiencias (1) de las que se desprendía la inconveniencia de lavar estas arenas, pues, al desaparecer la arcilla (que por término medio representa un 7 por 100), quedan en gran mayoría los elementos gruesos y medios, lo que disminuye la compacidad y resistencia de los morteros (leyes 1.^a y 6.^a de Feret, pár. 100, edición 1897).

La densidad aparente de la arena se determinó por dos pesadas, que arrojaron el siguiente resultado en kilogramos por litro:

	Gruesa.	Media.	Fina.	Mezclada.
1. ^a pesada.....	1,348	1,343	1,250	1,523
2. ^a —	1,343	1,343	1,253	1,518
Sumas.....	2,691	2,686	2,503	3,041
Medias.....	1,345	1,343	1,251	1,521

Salta á la vista en este estado la constancia de la composición; también es de observar la baja densidad de la arena fina, lo que, más que á los mayores huecos, debe atribuirse á la presencia de la arcilla, de menos peso específico que la arena propiamente dicha.

El volumen de los huecos se determinó por el sencillo procedimiento de saturar de agua un recipiente lleno de arena, que aunque sólo sea aproximado, pues es difícil que no queden burbujas de aire, da la suficiente aproximación. El recipiente era de 4,41 litros, y el agua admitida fué 1,675 litros; el cociente de estas dos cantidades (0,380) indica el volumen relativo de los huecos.

En cuanto á la naturaleza de la arena es casi exclusivamente diorítica, con polvo impalpable de arcilla, siendo sus granos redondeados, ó, mejor dicho, lenticulares.

CEMENTO.—El cemento empleado era de la conocida marca Asland; sus características fueron previamente comprobadas, cumpliendo con exceso las condiciones exigidas en los pliegos aprobados por el Servicio Central Hidráulico.

CAL GRASA.—La cal ordinaria procedía de la cocción de calizas del camino de Suárez, en las proximidades de Málaga, que se utiliza en las obras del Agujero. Como todas las de esta región son ligeramente hidráulicas, no se hizo de ellas más ensayo que el del volumen aparente del polvo obtenido por la extinción en balsas, resultando, como medio de tres experiencias, que el litro pesaba 0,602 kilogramos.

CAL HIDRÁULICA.—Se utilizó un saco de marca Pulpo, fabricada en Cataluña por la Casa Butsems y Fradera, cumplía, como

los cementos, las condiciones que se imponen en la actualidad para las obras hidráulicas que construye la Administración.

AGUA.—Los morteros se amasaron con el agua de Torremolinos, que surte á Málaga.

Series de ensayos.

Para los morteros de cemento y bastardos se hicieron las cuatro series siguientes:

Serie a.—Cemento solo.

Idem b.—Triple peso de cemento que de cal.

Idem c.—El mismo peso de cal y cemento.

Idem d.—Triple peso de cal que de cemento.

Dentro de cada una de estas series se confeccionaron seis subseries ó marcas de probetas.

Subserie 1.^a—10 por 100 de aglutinante en peso.

Idem 2.^a—15 idem id. id.

Idem 3.^a—20 idem id. id.

Idem 4.^a—25 idem id. id.

Idem 5.^a—30 idem id. id.

Idem 6.^a—40 idem id. id.

De cada marca se fabricaron 18 probetas, que se rompieron en la balanza á los veintiocho, noventa y uno y ciento ochenta y dos días, equivalentes á cuatro, trece y veintiséis semanas, ó sea próximamente uno, tres y seis meses.

Para la cal hidráulica se hizo una sola serie de ensayos A) con tres subseries:

Subserie 1.^a—Proporción de cal 0,1667 en peso.

Idem 2.^a—Idem id. 0,2000 idem.

Idem 3.^a—Idem id. 0,2333 idem.

En el cuadro adjunto, columnas 2.^a, 3.^a, 4.^a y 5.^a se detallan las composiciones de las distintas marcas ó subseries; en las columnas 7.^a, 8.^a y 9.^a se indican las proporciones con relación al metro cúbico de arena, que, como antes se ha dicho, pesa 1,521 kilogramos.

Modo de hacer las experiencias,

Para la confección de los morteros se siguieron las reglas generalmente establecidas, amasando la mezcla durante cinco minutos con la cantidad de agua indicada por la fórmula $(70 + 0,167 a)$ gramos, siendo a la cantidad deducida para la pasta normal.

Las probetas se mantuvieron durante veinticuatro horas en una atmósfera húmeda, sumergiéndolas después en agua de Torremolinos hasta el día de la ruptura. De las seis cifras que se obtenían para cada marca, se dedujo la media; pero cuando alguna de las probetas daba una resistencia notablemente inferior á las restantes (menor que la media de la experiencia anterior), lo que acusaba un defecto de confección, se prescindía de ella, aunque siempre admitiendo, por lo menos, cuatro probetas, mínimo que se toma en algunos pliegos de condiciones extranjeros. Estos resultados medios son los que figuran en las columnas 10, 11 y 12 del cuadro adjunto.

Determinación de los precios.

Como el objeto de estos ensayos era no sólo comparar la resistencia de los diversos morteros, sino los precios respectivos, hubo que partir de los que en la época de las experiencias tenían los distintos elementos en la localidad.

Para la arena se ha supuesto en 2 pesetas el metro cúbico, que es lo que cuesta generalmente cuando la distancia de trans-

(1) Publicadas en el núm. 1908 de esta Revista.

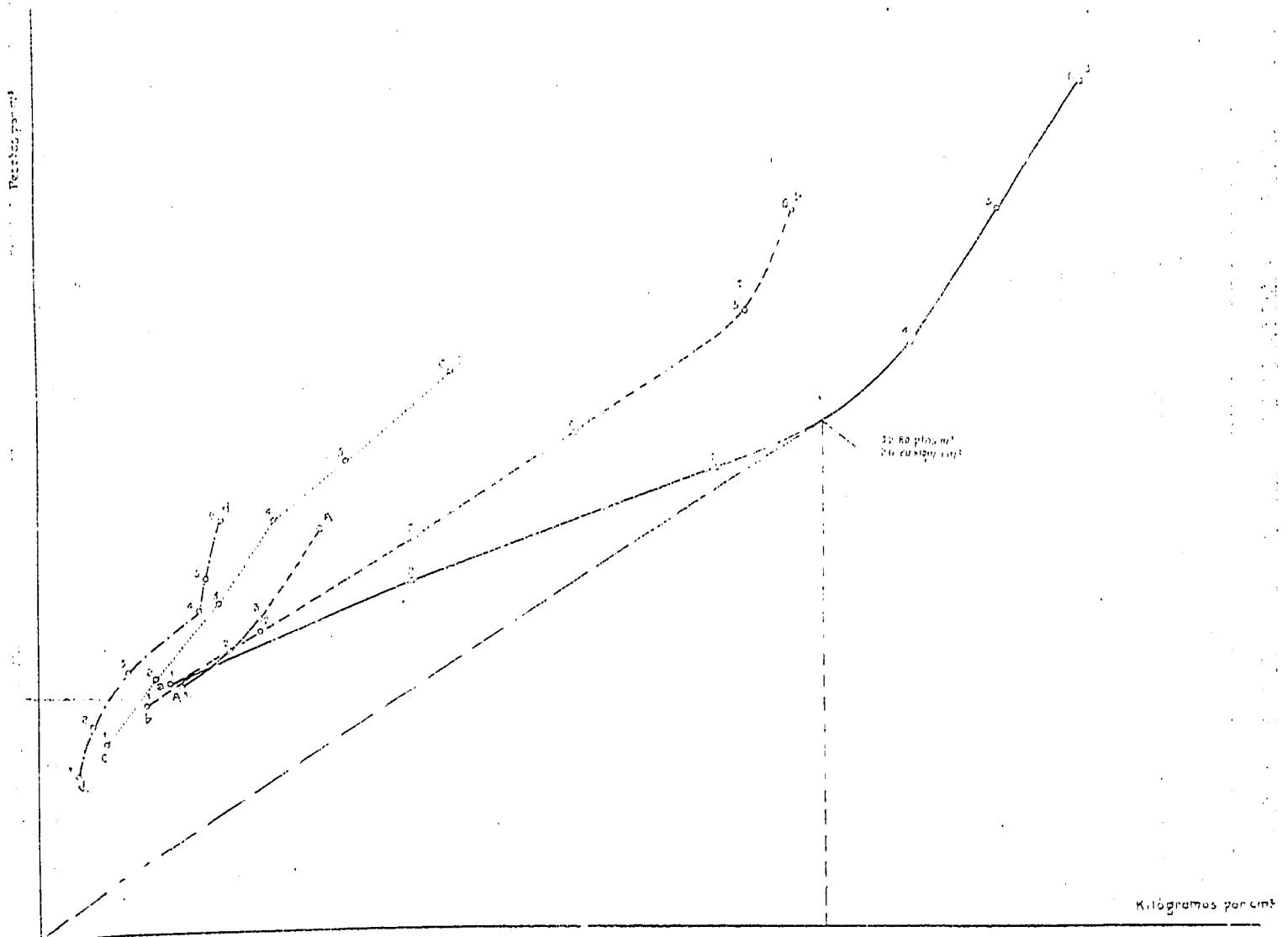
portes, como pasa en las obras del Agujero, es relativamente pequeña y se encuentra en grandes cantidades en el lecho del Guadalmedina.

El cemento portland de distintas marcas españolas y buena calidad se obtenía en el año 1912 en el puerto de Málaga á un precio medio de 56,75 pesetas (en la actualidad ha subido este precio), á lo que había que aumentar 6 pesetas por transporte al Agujero, con carga y descarga, y 2,25 pesetas (3 á 4 por 100) por almacenaje y pérdidas; resulta en total 65 pesetas tonelada.

La cal hidráulica de Cataluña (no se fabrica en la región) también se adquiría en esa época á 36 pesetas, ó sea á 43 pesetas

pulación, etc., resultan los precios que se consignan en la columna 14 del cuadro.

Conviene hacer una advertencia importante. Cuando el mortero es relativamente pobre, el aglutinante con el agua no llega á rellenar los huecos, si bien quedan éstos reducidos, con relación á los 380 litros por metro cúbico que se ha visto contiene la arena natural, en mayor ó menor escala; pero cuando la pasta de cal ó cemento ocupa mayor volumen que estos 380 litros, se produce un rendimiento en el mortero mayor que la unidad, cuyo rendimiento precisa tenerlo en cuenta, y así se ha hecho, para determinar el precio unitario de la mezcla. Este rendimiento consta en la columna 13, suponiendo para ello que el kilogra-



á pie de obra, contando 6 pesetas por transporte y una por almacenaje y pérdidas.

En cuanto á la cal viva, cuesta en el Agujero 20 pesetas, procedente de las canteras de Málaga; contiene bastante hueso, por lo que hay que contar con unas 2 pesetas por pérdidas, y como el apagado con el agua cuesta de 3 á 4 pesetas y produce el doble de cal, en polvo, resulta en definitiva un precio de 13,50 pesetas para el metro cúbico de la cal apagada. Ya se ha visto que la densidad aparente para pequeñas cantidades es de 0,602; suponiendo que esta densidad aumenta á 0,625 para grandes masas, se deduce que el precio del kilogramo es de 0,02 pesetas.

Con estos datos, y calculando en 3 pesetas el costo, invariable para los distintos morteros, del agua, herramientas, mani-

mo de polvo de cemento produce 0,60 litros de pasta, y el de cal ordinaria ó hidráulica, 0,80 litros, cifras medias de las obtenidas por Feret en sus experiencias, si bien no se refieren á las cales grasas.

Por último, y aunque esto sólo tenga un valor relativo y circunstancial, se han estampado en la columna 15 los precios del kilogramo de resistencia á la tracción á los seis meses, cuyas cifras se deducen dividiendo las de la columna 14 por las de la 12.

En el gráfico que se acompaña se han tomado por abscisas las resistencias á la ruptura por tracción, y por ordenadas los precios del metro cúbico de mortero, uniendo por líneas los puntos representativos de cada serie; la inclinación sobre la horizontal de la recta que une el origen con los distintos puntos representa el precio del kilogramo de resistencia.

Conclusiones.

Está lejos del ánimo del que suscribe estas líneas la idea de dar por completos estos ensayos, ni querer generalizarlos: lo primero porque la precisión con que están hechos no es comparable con los de los Laboratorios dedicados á estas clases de investigaciones, y lo segundo porque tanto la resistencia como los precios deben variar en gran escala según las localidades, naturalezas de los elementos, precio del mercado y de la mano de obra, etc., etc. Sin embargo, para no limitarme á relatar los resultados escuetos, indico á continuación las conclusiones que de ellos pueden deducirse, aunque con las salvedades correspondientes á las circunstancias de lugar y tiempo:

1.^a Los morteros de cemento son, para dosis medianas ó ricas, más económicos, á igualdad de resistencia, que los bastardos y de cal hidráulica.

2.^a Los precios por unidad de resistencia aumentan con la proporción de cal en los bastardos.

3.^a Los morteros de cal hidráulica son más económicos que los bastardos, cuando la cantidad de cal iguala ó supera en peso á la de cemento.

4.^a Sólo cuando se requiera una resistencia muy pequeña pueden ser más económicos los morteros de cal hidráulica que los de cemento puro (compárense marcas 1-A y 1-a en las columnas 12 y 14) y aun para este caso pueden ser más ventajosos los bastardos (compárense 2-b y 3-A) no muy pobres de cemento.

5.^a Trazando desde el origen de coordenadas la tangente á la curva (a) parece deducirse que el mortero más económico costaría 32,80 pesetas, y tendría una resistencia de 26,20 kilogramos por centímetro cuadrado á los seis meses.

M. JIMÉNEZ LOMBARDO.

Málaga 2 de Octubre de 1914.

Las obras realizadas para el ensanche del canal de Kiel.

Creemos que ha de interesar á nuestros lectores todo lo que se refiera al canal de Kiel, llamado por los alemanes «Kaiser Wilhelm Kanal», que une el mar del Norte con el Báltico, desde la desembocadura del Elba á la bahía de Kiel, y esto nos induce á extractar el extenso artículo que á éste dedica M. A. C. en *Le Génie Civil*.

Después de hacer un resumen histórico de las diferentes obras que han tenido por objeto unir los dos mares mencionados pasa el autor á describir el

Trazado del canal.—El canal de Kiel, que evita á los buques que van del mar del Norte al Báltico la vuelta por los estrechos de Dinamarca, cortando directamente la Península de Schleswig (figuras 1.^a y 2.^a), tiene una longitud de 98 kilómetros.

Su punto de partida sobre el Elba está definido por la esclusa de doble depósito de Brunsbüttel, y su punto de llegada, sobre la bahía de Kiel, por la esclusa similar de Holtenau.

Entre estas esclusas, el trazado presenta una línea regularmente sinuosa, jalonado por estaciones de cruce y de viraje; atraviesa principalmente regiones bajas y pantanosas, excepto cuando atraviesa la divisoria de las aguas, donde se encuentra la trinchera y el puente del ferrocarril de Grünenthal. La única población importante que se encuentra en las orillas del canal es Rendsbourg (kilómetro 60), donde se encuentra otro viaducto im-

portante que da paso á varias líneas de ferrocarril. En fin, cerca de Holtenau, en Levensau, existe un puente carretero de bastante longitud.

Obras para el ensanche del canal.—La sección transversal era al principio de 9 metros de profundidad por 67 de anchura en la superficie del agua, habiéndose elevado en la actualidad á 11 metros su profundidad, y á 102 la anchura en la superficie del agua y á 44 la del fondo.

Las mejoras del canal han consistido, además del ensanche propiamente dicho, en la rectificación de varias curvas demasiado pronunciadas que hacían difícil la conducción de los grandes buques.

La excavación de un nuevo cauce, enteramente distinto del antiguo, no ha sido necesario más que en dos puntos: del kilómetro 56 al 69 y del 93 al 96 en las orillas de la esclusa de Holtenau. Los radios de las curvas son, en general, superiores á 2.500 metros; en tres casos solamente están comprendidos entre 1.800 y 2.500 metros.

Las estaciones, indicadas en el plano de conjunto, se han agrandado y varias permiten el viraje de los buques, gracias á su anchura de 300 metros en el fondo, siendo su longitud de 600 á 1.100 metros.

Movimiento de tierras.—Para perjudicar lo menos posible la navegación, los movimientos de tierras se han realizado en cuan-

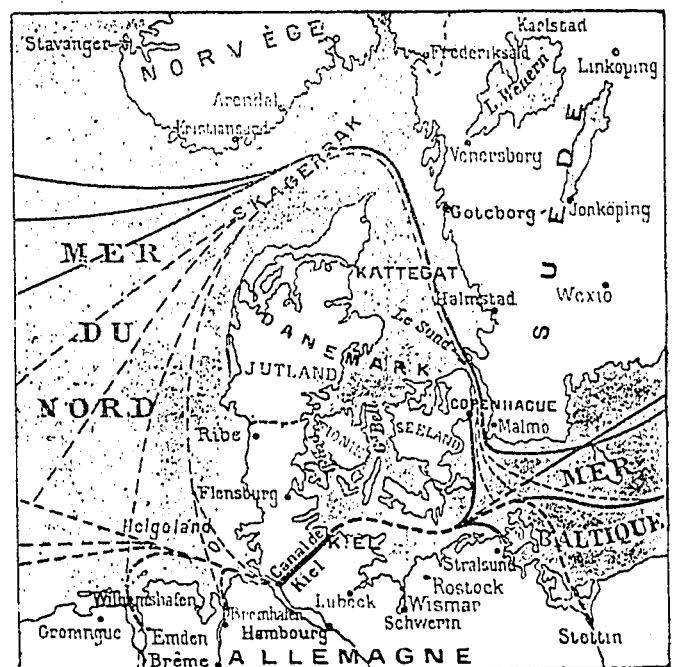


Fig. 1.^a

to ha sido posible en seco, con la ayuda de excavadoras, bajo la protección de ataguías y de bombas de agotamiento, hasta algunos metros por debajo de la superficie de agua del canal. El ensanche se ha hecho, en general, por un solo lado.

Las tierras se han transportado, ya por medio de trenes, ya por chalanas, y, en este último caso, se arrojaban, unas veces al mar, y otras á los lagos próximos al canal. El conjunto de estos movimientos de tierras representa 100 millones de metros cúbicos, ó sea tanto ó tal vez más que los realizados durante la construcción del canal primitivo.

Puentes.—Los puentes que atravesaban el antiguo canal eran siete: dos fijos en Grünenthal y en Levensau, y cinco giratorios, de éstos, tres en Rendsbourg; los dos primeros han podido conservarse, pero los otros han desaparecido.

Tan sólo el puente-carretero giratorio de Rendsbourg, de 50 metros de longitud, ha sido reemplazado por una obra análoga,