

MEMORIA

QUE MANIFIESTA

EL ESTADO Y PROGRESO DE LAS OBRAS DE MEJORA DE LA RÍA DE BILBAO,

Y CUENTA DE GASTOS E INGRESOS

DURANTE EL AÑO ECONÓMICO DE 1889 Á 1890.

(Continuación.)

X.—ENSAYOS DE CALES Y CEMENTOS.

Según dijimos en la Memoria anterior, al aprobarse por Real orden de 29 de Junio de 1888 el proyecto de puerto en el Abra de Bilbao, se prescribió que el Ingeniero Director debía hacer los estudios y ensayos convenientes para determinar si sería ventajoso el sustituir el cemento de Zumaya, propuesto para la confección de los morteros y hormigones de fraguado rápido, con el cemento llamado Grappier de Teil ó Portland del Mediterráneo, ó con la cal de Teil para los bloques que han de constituir la parte superior del basamento; y al consignar esta prescripción, juntamente con otras que en dicha Real orden constan en los *Artículos Adicionales* del Pliego de condiciones facultativas que al efecto se redactaron en cumplimiento de lo dispuesto en aquélla, se consignó que se harían extensivos los expresados ensayos á cualesquiera otras cales ó cementos, lo que fué aprobado por Real orden de 20 de Agosto del mismo año, quedando facultado el Ingeniero Director para sustituir el cemento de Zumaya por el que resultara más conveniente para los objetos expresados.

Los ensayos á la tracción practicados durante un año con el Grappier de Teil muestran que tienen una resistencia comparable á los cementos de Portland ordinarios que se expenden en el comercio, y superior á la resistencia media de los cementos procedentes de Zumaya, acentuándose mucho esta superioridad cuando se le mezcla con arena, lo que nada tiene de extraño, dado el poco esmero con que está molido este último cemento; pero, á cambio de su menor resistencia, tiene el cemento de Zumaya de fabricación reciente, sobre el Grappier, sobre los Portland de diferentes procedencias, y sobre otros cementos que he ensayado sumergiéndolos en agua de mar, á medida que se amasaban, la gran ventaja de su rápido fraguado, cuya circunstancia es inapreciable por poco movida que la mar se halle, pues los hormigones hechos con aquellos cementos los arrastra ó deslava la mar á no estar completamente tranquila y no tomar la precaución de recubrirlos con cemento de Zumaya, según he tenido ocasión de

comprobar en las experiencias hechas en grande escala en la extremidad del muelle de Portugalete; y como á esta circunstancia se agrega el que los precios en esta localidad del cemento Grappier y los de Portland son dos veces y media más costosos que los procedentes de Zumaya, resulta que el empleo de aquéllos en la confección de hormigones que han de sumergirse seguidamente en el mar salen muy caros, tanto por el mucho material y mano de obra que se pierde, como por el coste del cemento. Así, pues, para el banco de hormigón que ha de servir para enrasar el basamento de bloques del rompeolas del Abra al nivel de bajamar, para su banqueta exterior, y para el que ha de emplearse en el macizo interior de la superestructura, todas cuyas fábricas han de estar sometidas á la acción del mar á medida que se hacen, no tienen rival en esta localidad el cemento procedente de Zumaya ó sus análogos, por lo cual su empleo está perfectamente justificado para los expresados objetos.

No sucede lo propio para la fabricación de los bloques en el taller, que, según el Pliego de condiciones, no han de ponerse en obra hasta cuatro meses después de fabricados, esto es, después que hayan fraguado y adquirido la necesaria resistencia para su transporte, pues cuanto más rápido es el fraguado, menos homogéneos salen los bloques, con tanto más motivo cuanto que se trata de piezas de 30 y 50 metros cúbicos, que, por mucha que sea la actividad con que se hagan, no puede evitarse que fragüen por completo las capas inferiores antes de que se hagan las superiores. En la mayor parte de los puertos del Mediterráneo de España, Francia y otras naciones, se ha empleado para este objeto la renombrada cal hidráulica de Teil, mientras que en los del Océano de Francia se emplea generalmente el cemento Portland de Boulogne, así como se usa en Inglaterra el Portland de fabricación inglesa.

Las cales hidráulicas, como quiera que se reducen á polvo por su hidratación en cuanto salen del horno, requieren otra operación adicional para su fabricación que el cernido, mientras que los cementos necesitan ser molidos; así es que salen aquéllas al pie de fábrica á un precio más económico que éstos en general y mucho más que los llamados de Portland, pues éstos necesitan, antes de cocer el material, efectuar mecánica é íntimamente, por medio de agua, las mezclas de las margas calizas y arcillas en proporciones tales que resulte una composición química definida y uniforme, y secar luego la pasta resultante en secaderos artificiales debidamente calentados. De modo que donde, como en los puertos del Mediterráneo, la experiencia de muchos años ha acreditado la cal de Teil para su empleo en el mar, y su coste es económico á causa de la facilidad con que se transportan por el Ródano hasta la costa, se emplea casi exclusivamente para la fabricación de bloques artificiales, con la ventajosa circunstancia de que

por su ligero peso específico se presta á fabricar hormigones con menor cantidad de material que empleando los cementos.

El precio de la cal de Teil, en los puertos del Océano, sale muy gravado por el transporte, y su empleo en las aguas del mismo no se ha hecho hasta ahora sino á título de ensayo, ya porque en Francia se obtiene á precio bastante económico el renombrado cemento Portland de Boulogne, que sin género de duda es preferible por su resistencia, como porque no hay suficiente confianza en los resultados de su empleo donde cubren y descubren las mareas. Por estas razones, antes de decidirmos por el empleo de esta cal, era necesario que hiciéramos algunas experiencias y las completáramos con noticias obtenidas respecto á los ensayos practicados en los puertos de Francia situados en el Océano, toda vez que los efectos químicos del agua del mar no se hacen sensibles sino al cabo de algunos años. Al mismo tiempo que la cal de Teil, ensayamos otras análogas, entre las que merecen citarse la que se fabrica en Orthez, en el departamento de los Bajos Pirineos, y la de Saint Astier, en el de Dordogne, resultando de las experiencias hechas durante un año con ladrillos de ensayo, hechos, ya con cales puras, ya mezcladas con diferentes proporciones de arena, que las resistencias á la tracción de los morteros formados con estas cales y las arenas que aquí se disponen, eran bastante superiores á los de los fabricados con cemento de Zumaya y las mismas arenas, con la importante circunstancia de que aquéllos se carbonatan de tal modo en la superficie, sea que se hallen en la atmósfera ó sumergidos en el agua de mar, que la dureza física de la costra superficial, ó sea la resistencia á ser rayada por un cuerpo duro, es muy superior á la que ofrecen los morteros fabricados con cemento de Zumaya, y aun interiormente resulta también mayor, cuya propiedad es muy importante en bloques que, más ó menos, han de ser movidos por las olas y sujetos, por lo tanto, á rozamientos. En ninguno de los bloques de hormigón que para ensayo hicimos con dichas cales y que se sumergieron en el mar notamos signo alguno de descomposición; pero como quiera que no era suficiente el año de duración que tenían estos ensayos para deducir que podían emplearse estas cales sin temor alguno, tratamos de adquirir noticias respecto de los ensayos hechos en el extranjero, en los puertos del Océano. Como más próximo á Bilbao y de condiciones análogas de temperatura, tanto en verano como en invierno, indagamos en el puerto de Socoa los resultados que hubieran podido dar las experiencias que desde hace muchos años se efectúan allí con cementos y cales de varias procedencias, dirigiéndonos al efecto al Sr. Ingeniero Jefe del servicio marítimo de los departamentos de las Landas y Bajos Pirineos, quien nos informó, en carta de 24 de Febrero último, que con una parte de la cal de Teil que suministró el año 1873 el fabricante Mr. Pavin de Lafarge, para la construcción del

zampeado de protección de los muelles de San Juan de Luz, se hicieron el 9 de Mayo de dicho año dos bloques de hormigón de 20 metros cúbicos cada uno, que se sumergieron al costado del lado interior del rompeolas de Socoa en 30 de Abril y 18 de Junio de 1874, hallándose en el día en perfecto estado de conservación. Estos bloques se descubren en 0m,50 de altura próximamente en bajamar de aguas vivas. El mismo Ingeniero nos informó también con la misma fecha, que en el día 7 de Abril de 1873 se hizo un pequeño bloque de ensayo con cal de Orthez en las proporciones, para el mortero de uno de cal y dos de arena, y para el hormigón, de un volumen de mortero y dos de piedra machacada, que se sumergió en Junio del mismo año delante de la batería del fuerte de Socoa, hallándose también en perfecto estado de conservación. Este bloque, según certificado del Conductor de puentes y calzadas empleado en aquellos trabajos, se halla en sitios que cubren y descubren todas las mareas, y está sujeto en los temporales al choque de las olas y al rozamiento de los cantos rodados y arenas que las resacas ponen en movimiento, no obstante lo cual se conserva muy bien. Consta también en otro certificado oficial, que la cal de Orthez, que se ha empleado en las obras marítimas ejecutadas tanto en Capbreton como en Vieux Boucau (próximo á la desembocadura del Adour) han dado hasta ahora resultados satisfactorios.

En el puerto de Cherbourg, que se halla, como es sabido, en las costas del N. de Francia, donde las mareas son muy grandes, se construyó en 5 de Septiembre de 1856 un bloque de hormigón de cal de Teil, que se arrojó al agua en 20 de Marzo de 1857 sobre la banqueta exterior del rompeolas, donde se halla constantemente expuesto á la acción del mar, el que se conservaba perfectamente el año 1878, cuando se expidió el certificado correspondiente por el Ingeniero encargado.

No están de acuerdo con los resultados que anteceden las experiencias efectuadas por el Ingeniero Mr. Custolle, en el puerto de la Rochelle, que constan en los documentos leídos en la sesión celebrada el 5 de Junio de 1889, ante la *Commission des Ciments*, nombrada por el Ministerio de Trabajos públicos de Francia. Los experimentos á que nos referimos se hicieron con diversas clases de cales y cementsos que se amasaron con arena en diversas proporciones y empleando, ya agua dulce, ya salada, y fabricando con los morteros así obtenidos pequeños bloques en forma cúbica, de 0m,40 de lado, ya de mampostería, ya de hormigón, que se sumergían á veces tan pronto como se hacían, mientras que otros no lo efectuaban hasta pasado un mes.

Como resumen de los resultados obtenidos de esta serie de experiencias, donde los bloques se hallaban en sitios en que el agua de mar se renovaba naturalmente al subir la marea, manifiesta dicho Ingeniero que

ninguna de las cales hidráulicas ensayadas, incluso la de Teil, ha resistido más de cuatro ó cinco años; que tampoco puede garantizarse la duración de los cementos de fraguado rápido más de ocho ó diez años, y que el cemento de Portland era el único que había resistido en los diez años que llevaban las experiencias.

Hizo luego otra serie de experiencias con cal de Teil, elaborando con ella treinta y dos bloques, ya de mampostería ó de hormigón, y empleando en la confección del mortero varias clases de arena y diferentes proporciones de cal y arena. Los bloques fabricados se depositaron, ya recién hechos, ya un mes después de elaborados, en la banqueta situada al pie de la torre de San Nicolás, que la mar cubría y descubría en todas las mareas, notándose que estos últimos resistían mejor que aquéllos, lo cual es consiguiente, pues dada la lentitud del fraguado de la cal de Teil, el agua de la marea había de disolver necesariamente una parte de ella. Se observó también que los bloques de hormigón resistían mejor que los de mampostería, los que al cabo de seis años estaban totalmente descompuestos, aunque también algunos de los de hormigón empezaban á descomponerse en su superficie. Esta descomposición continuó después, pero sin que fuera todavía muy profunda, salvo en algunos bloques que se rompieron por efecto de ella; de todo lo cual deduce el autor de las experiencias, que las mamposterías hechas con cal de Teil en sitios que cubren y descubren las mareas, empiezan á descomponerse al cabo de cinco ó seis años, cualquiera que sea la proporción de cal empleada y las circunstancias de fabricación; que el hormigón resiste mejor, se descompone más lentamente, pero que tiende al mismo fin.

Al terminar sus observaciones sobre la cal de Teil, dice el autor de las experiencias de que tratamos, que esta cal se empleó hace muchos años en el zampeado de la esclusa de unión del canal de Marans con el puerto de la Rochelle, y habiendo sido preciso el año 1887 demoler una parte de la mampostería que formaba dicho zampeado para la colocación de nuevas puertas, se vió que el mortero de cal de Teil se hallaba en perfecto estado de conservación y muy duro, atribuyendo el autor este resultado á que el agua del mar se renueva poco en dicha esclusa, cuyo zampeado está siempre recubierto de una capa de agua de algunos metros de profundidad y de una película de fango. Esta observación es, sin duda, razonable; pero se nos antoja que debe haber, tal vez, en aquel punto alguna causa extraordinaria que motiva la descomposición de los morteros, cuando al tratar después Mr. Custolle del estado de conservación de los bloques construidos antes de 1860, con diversas clases de cementos, é inmersos sobre la misma banqueta de la torre de San Nicolás, donde después se pusieron los de cal de Teil, dice que no quedan ya sino muy pocos de aquellos bloques, y

la mayor parte de ellos están hechos pedazos ó en estado de descomposición, citando como los únicos que se conservan en buen estado, ó han resistido más tiempo, los siguientes: un bloque de mampostería hecho hace treinta y un años con cemento de Portland inglés en proporciones de un volumen de arena y dos de cemento, que se conserva en perfecto estado, mientras que otro bloque, también de mampostería hecha con el mismo cemento, pero sin mezcla alguna de arena, se ha hecho pedazos y está descompuesto; tres bloques de mampostería elaborados con cemento Vicat, mezclado con diferentes proporciones de arena, que se conservan bien después de 29 años; un bloque de mampostería hecho con cemento de fraguado rápido, que sumergido en 1874 se conservó en buen estado hasta 1883, pero que después se ha hecho pedazos y descompuesto totalmente, y por último, un bloque de cemento de Portland sumergido en 1875, y que aún se conserva en buen estado (1).

(Se continuará.)

EVARISTO DE CHURRUCA.

NUEVO TRATADO DE TOPOGRAFÍA

(Continuación.)

TAQUIMETRO DE WAGNER-FENNEL

Usando los instrumentos descritos para la ejecución de los trabajos taquimétricos, hay que determinar las coordenadas de los puntos, obteniendo en todos los casos las distancias horizontales y las alturas en función de la magnitud leída en la mira y del ángulo zenital. La conveniencia de evitar estos cálculos, así como el empleo de tablas ó escalas auxiliares, ha estimulado á muchos fabricantes y hombres de ciencia á pensar en la adopción de ciertos procedimientos con cuyo auxilio se obtenga el apetecido resultado. Wagner y Fennel realizaron una modificación importante en los instrumentos conocidos, por virtud de la cual el taquímetro de su nombre tiene cuantos elementos son precisos para dar las distancias horizontales y las coordenadas en altura, á la vez que expresa los demás datos necesarios para fijar la posición de los puntos. Y como la determinación de las direcciones horizontales puede hacerse por medio de un limbo azimutal con su alidada y nonio, de una brújula, ó de una plancheta, resultan tres clases de instrumentos, según que el nuevo aparato se aplique á uno ú otro de aquellos elementos planimétricos.

(1) Este bloque se hizo con cemento de Portland fabricado en Boulogne.