

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

BOLETÍN

AÑO DE 1895.

Madrid 10 de Febrero.

Núm. 4.º

En nuestro número del 20 de Enero tuvimos el sentimiento de participar á nuestros compañeros el fallecimiento del Ingeniero Jefe de Obras públicas de la isla de Cuba D. Francisco Quiñones y Quiñones, acaecido el día 9 del mismo mes, según manifiesta en telegrama el Gobernador general de aquella Antilla.

Dicho Jefe pasó al servicio de Ultramar en el año de 1867 con el cargo de Ingeniero primero, y tanto en éste como en el de Ingeniero Jefe de las provincias de la Habana, Matanzas y Pinar del Río, y últimamente como Director del expresado ramo, así puede decirse, en la Sección central de Obras públicas de aquel Gobierno general, siempre demostró su integridad y celo en los puestos indicados, y una constante laboriosidad é inteligencia para el servicio.

Ha muerto á los cincuenta y tres años de edad, cuando aún podían esperarse mayores muestras de su actividad. Descanse en paz nuestro amigo, y reciba su familia el testimonio del más sentido pésame, que esta Redacción le envía en su nombre y en el de los demás compañeros del Sr. Quiñones.

DISCURSO

DEL ILMO. SR. D. MANUEL PARDO

EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN EN LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

(Continuación.)

A Vicat corresponde la gloria de haber fabricado artificialmente las cales hidráulicas y los cementos, que antes se preparaban por la calcinación directa de calizas, creándose con ello importantes establecimientos industriales en cuasi todas las naciones de Europa y América, y sobre todo en ambas orillas del Canal de la Mancha. Por estos medios se logra retardar el fraguado rápido que caracterizaba á los primitivos cementos llamados *romanos*, obteniéndose productos que se endurecen con relativa lentitud, adquieren mayor cohesión y permiten hacer las manipulaciones en mejores circunstancias. Con los cementos artificiales se alcanza asimismo una ventaja de gran valía, la homogeneidad, tan interesante en ciertas obras delicadas, y que no se consigue con la calcinación directa, por no ser posible que la roca, aunque de la misma formación geológica, esté constituida de idéntico modo en todos los bancos ó en cualquier punto de su masa.

Si se supiesen con exactitud las reacciones químicas que se efectúan al fraguar las cales y cementos, el proble-

ma industrial se reduciría á mezclar los ingredientes, cales, arcillas, álcalis, agua, en las proporciones indispensables para producir las reacciones que se deseara y con la rapidez que fuese conveniente. Pero, por desgracia, no sucede así: las nebulosidades en que está envuelto el endurecimiento de los productos hidráulicos corren parejas con la claridad que reviste el fenómeno en las argamasas ordinarias al contacto con el aire: una desecación más ó menos rápida del mortero, una carbonatación lenta de la cal hidratada, hé ahí explicado el hecho de fraguar. En cambio, poco puede afirmarse respecto de las mezclas hidráulicas: que la coadura desagrega los elementos esenciales de la arcilla, sílice y alúmina, haciéndolos atacables por la cal; y que aquélla, la sílice, es cuerpo absolutamente necesario para determinar el fraguado, tales son los únicos principios admitidos sin discrepancia por químicos é ingenieros. En cuanto al papel que desempeña la alúmina, es muy discutido: por lo general, se cree que, no pasando de cierta dosis, contribuye con la sílice á endurecer la masa; hay quien le atribuye cuasi tanta importancia como á aquélla, y quien la relega á funciones insignificantes; sostienen unos, apoyándose en experimentos, que la alúmina sola no hace fraguar bajo el agua á las cales grasas, al paso que Fremy y Le Chatelier han conseguido endurecer, en iguales condiciones, los aluminatos de calcio, si bien confesando su poca estabilidad. Y en cuanto á la influencia de la magnesia, los óxidos de hierro y manganeso, los sulfatos y sulfuros y otras substancias, los pareceres aún están más divididos; con la circunstancia de que alguna de ellas, como la magnesia,

produjo vacilaciones y hasta cambio de opinión en espíritu tan sereno como el de Vicat: sólo parece probado que los álcalis fijos, en dosis muy reducidas, mejoran las propiedades de los cementos de Portland, es decir, de los de fraguado lento.

Con estos antecedentes, no hay para qué ponderar la disconformidad que reina en la explicación del endurecimiento, desacuerdo que se acentúa cuando los materiales se sumergen en el mar, por las complicaciones que nacen de las sales disueltas en sus aguas. Le Chatelier, cuya teoría, resultado de gran número de ensayos microscópicos y químicos con los cementos de Portland, está muy en boga en la actualidad, supone que los cementos, al salir del horno, están formados esencialmente de un silicato básico de calcio, elemento activo del fraguado y que se produce por precipitación en un silicato múltiple fundido, el cual sirve de vehículo; que aquel silicato básico, en contacto con el agua, se descompone en otro y en hidrato cálcico, reacción fundamental del endurecimiento, y que á éste acompaña una cristalización producida por la distinta solubilidad de los cuerpos y la formación previa de disoluciones sobresaturadas.

Aun cuando quizá tenga sello menos científico he admitido en la cátedra la explicación dada por Rivot bastantes años antes, por la circunstancia de ser la que con mayor claridad hace apreciar á los alumnos las diferencias características de las diversas clases de cales hidráulicas y cementos. Aquel químico asigna á la alúmina funciones activas; establece que las cales recién cocidas son mezclas de silicatos y aluminatos cálcicos y de cal libre: puestas

en contacto con poca agua, las cales hidráulicas se reducen á polvo por la extinción de la cal cáustica que encierran; y, añadiendo más líquido, se hidratan los silicatos y aluminatos, formando sales insolubles que fraguan como el yeso por una especie de cristalización confusa. En los cementos no hay cal libre, y de aquí que no se apaguen y se endurezcan con más ó menos rapidez, según las proporciones relativas de sílice, alúmina y cal atacable.

Tantas dudas, tantas divergencias, tantas incertidumbres en la explicación teórica de fenómeno al parecer tan sencillo como el endurecimiento de los productos hidráulicos, y eso después de los valiosos ensayos de Fremy, Landrin, Merceron-Vicat y otros, lejos de apartarnos de las investigaciones de carácter especulativo, deben empeñarnos más y más en profundizar el arcano, y solo el dominio de los principios y procedimientos de la Química puede conducirnos, aun á costa de nuevos ensayos, á deducir de una manera sólida, definitiva y general los elementos, en calidad y cantidad, que deban entrar en las argamasas, según las circunstancias que concurren en su empleo. Entre tanto, ya que no sea posible adoptar un método analítico, se usa el sintético: la experiencia hace ver las composiciones adecuadas, sobre todo en los cementos de fraguado lento, que son los más interesantes por la naturaleza de las obras á que se aplican, y á esas observaciones prácticas se ajusta la fabricación, resultando uniformidad casi completa en las análisis químicas del Portland, cualquiera que fuere su procedencia, siempre que se trate de marcas acreditadas. Para alcanzar tal resultado, indispensables son continuos

ensayos de laboratorio; químicos competentes han de ser quienes los efectúen, y á ellos acuden los fabricantes, no desdeñando, por ejemplo, el peritísimo Candlot estar al frente del laboratorio del establecimiento industrial de Boloña. Estos ensayos químicos no son propios exclusivamente de los productos artificiales á que me refiero: la cal hidráulica del Teil, la mejor tal vez de Europa, rayana con los cementos y universalmente reconocida como la más á propósito para la estabilidad de los morteros en las aguas del Mediterráneo; los cementos de escorias, muy de moda en la actualidad, y que con éxito excelente se emplean en las obras del puerto de Málaga; nuestro cemento de Zumaya, de gran renombre entre los naturales de fraguado rápido; todos ellos exigen ensayos frecuentísimos, en primer lugar, de las rocas de que proceden, y en segundo, de los cuerpos obtenidos en la cocción.

Por otra parte, no son suficientes los ensayos químicos, pues ciertas propiedades físicas ejercen marcado influjo en la calidad de los cementos, y por consiguiente en la resistencia que llegan á adquirir y en la rapidez con que á ella se acercan. No se daba antes gran valor á la finura del grano, y hoy se sabe, y unánimemente se reconoce, que el núcleo de las partículas demasiado gruesas permanece inerte, sin que lleguen á él las reacciones: no hay ya tanta conformidad en las magnitudes ó diámetro que convenga adoptar; pero, para formarse idea de cuánto se han modificado las condiciones requeridas á los cementos de Portland, bueno será recordar que no hace muchos años establecía el ingeniero inglés Fajja que los granos deberían pa-

sar por un cedazo de 100 mallas en centímetro cuadrado, y no dejar residuo superior al 15 por 100 en tamices de 400 mallas; en los pliegos de condiciones modernos, por ejemplo, en varios de los redactados en España, se consigna que los cementos no habrán de dejar arriba del 3 por 100 en tamiz de 900 mallas, ni del 35 en otro de 5.000; guarismos que aun son algo superiores á los propuestos en el Congreso de ingenieros de Dresde y de Munich.

La finura de la molienda modifica, como es natural, el peso del metro cúbico de cemento sin comprimir: fijábase, diez ó doce años atrás, en 1.350 ó 1.400 kilogramos; mas, á medida que mengua el tamaño de los granos, disminuye también el peso, hasta el punto de resultar, por los ensayos practicados en Cartagena, que un cemento, cuando deja 20 por 100 en el cedazo de 900 mallas, puede pesar, sin comprimirlo, 1.370 kilogramos por metro cúbico, y reducirse á 1.015 cuando se ensaye el polvo impalpable que se escapa á través de un tamiz de 5.000 mallas en centímetro cuadrado.

Todas estas circunstancias, y muchas otras que omito en obsequio á la brevedad, muestran cuán delicada es la preparación de los cementos y demás productos hidráulicos, y cómo es la Química la llamada á esclarecer respecto de ellos cuestiones interesantísimas, que por desgracia no se han resuelto todavía, á pesar de los profundos estudios á que se han dedicado hombres eminentes. Sin embargo, los adelantos conseguidos de poco tiempo á esta parte son bien notorios: se fabrican cementos de cuasi absoluta homogeneidad en sus condiciones físicas y

químicas; y, merced á este resultado y á los perfeccionamientos introducidos en los hornos y en los métodos de cocura, la cohesión que se alcanza es muy superior á la de los antiguos productos hidráulicos. Los buenos cementos de Portland, amasados sin arena, y después de dos ó tres años de sumergidos, ofrecen una resistencia á la tracción que se acerca á 50 kilogramos por centímetro cuadrado, próximamente el doble que el cemento natural de Zumaya, y el triple de la resistencia que señalaba Vicat á los morteros de cales eminentemente hidráulicas.

No os molestaré con la enumeración de las aplicaciones de las argamasas en general, y en particular de las preparadas con cementos ó cales muy hidráulicas; pero permitidme que, aunque de pasada, recuerde que son la base del hormigón, y que con éste se construyen esos inmensos sillares artificiales, que á veces llegan á medir 50 metros cúbicos, y con los cuales, ora concertándolos, ora botándolos á modo de piedra suelta, se edifican esos espigones, diques y rompeolas, verdaderos trabajos ciclópeos que atestiguan la vitalidad de la ciencia y del comercio en el siglo XIX.

Mas, con ser asombrosas esas construcciones, no son, sin embargo, las que imprimen carácter á la época: las fábricas de enorme masa, aunque con distinta aplicación y de diferente modo constituidas, se conocen desde tiempos remotísimos. No nos admiran tanto esas moles destinadas á desaiar los embates de los más rudos temporales del Océano, como las obras esbeltas, ligerísimas, con calados de anchas mallas, que ora salvan, á alturas vertiginosas, ríos caudalosos y profundos abis-

mos, dando paso á los pesados trenes que arrastra la potente locomotora; ya cubren, sin apoyos intermedios, vastas galerías capaces de contener un museo completo de las innumerables máquinas que dan vida á la moderna industria; ya se elevan al espacio, empequeñeciendo á los antiguos colosos, pirámides, obeliscos y flechas de góticas catedrales; ora, artísticamente combinadas, forman delicadas labores policromas, nuevo elemento decorativo que utiliza y utilizará cada vez más el arquitecto. El hierro dulce y colado, y sobre todo el acero, son los materiales que dan sello especial á nuestras construcciones; y se comprende que así sea, porque, á la par que reúnen los requisitos indispensables de solidez, rapidez en su empleo y economía, lo mismo se prestan á utilizarlos en la ejecución de grandes puentes, viaductos y armaduras, que en los edificios corrientes y en las acabadas líneas de la ornamentación. Verdaderos prodigios técnicos se han realizado con el hierro y el acero: los puentes de Glasgow, San Luis y el Brooklyn en los Estados Unidos, y en especial el ya citado del Forth en Escocia; el viaducto de Garabit, cuyo tramo central tiene 122 metros de cota y lo sostiene un arco parabólico de 165 metros de cuerda; la notable galería de máquinas en la última Exposición Universal de París, con sus armaduras ojivales de 115 metros de vano; la torre de Eiffel, cuya cúspide domina el vasto territorio que se descubre desde una altura de 300 metros; muchos otros ejemplos que pudiera presentar, demuestran bien á las claras los problemas que la Química y la Mecánica han llegado á resolver. No estoy, sin embargo, conforme con el parecer del docto Van Drunen, profesor de la Universidad de Bru-

selas, que cree se ha realizado ya con los materiales metálicos la fusión de la ciencia y del arte, merced á los esfuerzos de ingenieros y arquitectos en el certamen parisiense: quizá influya en mi modo de ver, como indica el ilustre catedrático, el que, acostumbrada la vista á la disposición y proporciones de los monumentos antiguos y medioevales, no se ha educado aún nuestro gusto, y admirando, como es debido, las grandes construcciones modernas, no experimentamos al contemplarlas la emoción que siente el ánimo ante la belleza artística: confieso paladinamente que ni los puentes atrevidos, ni las vastas galerías cubiertas, ni los adornos metálicos me causan impresión parecida á la que me producen tantos y tantos severos puentes de fábrica, elegantes pórticos, templos de todas edades, y el más insignificante alicatado de nuestra incomparable Alhambra. A mi juicio, la generación actual ha hecho mucho, muchísimo; ha ganado grandes batallas á la materia, consiguiendo éxito completo en el terreno científico, y ha reunido todos los elementos necesarios para que un genio poderoso, otro Miguel Angel, que aún no ha aparecido, pero aparecerá sin duda, los aproveche é inaugure una era arquitectónica, que no será ciertamente de *Renacimiento*, sino de *creación artística* de las construcciones metálicas.

Como quiera que la Química es la base de la Metalurgia y de los procedimientos siderúrgicos, no hay para qué encarecer el papel importantísimo que desempeña en la preparación y trabajo de los nuevos materiales, y en los estudios que con tanta perseverancia se prosiguen sobre su esencia y constitución. Para no hacer demasiado largo

este discurso, nada diré de los hierros dulces y colados, limitándome á someras consideraciones sobre el acero. A pesar de tanto como se ha discutido el asunto, ó más bien á causa de esto mismo, es difícil precisar lo que por *acero* se entiende: á fuerza de querer investigar la constitución de la molécula y las modificaciones que sufre durante el trabajo—tropezando con el atraso en que hoy se encuentra todavía la Física molecular, y por consiguiente, los cálculos de resistencia,—se han expuesto multitud de teorías, fundamentadas en hipótesis más ó menos ingeniosas, y se han preparado muchos metales de composición diversa, de cualidades heterogéneas, todos ellos llamados *aceros*, y que no tienen más que un carácter general, el de hierros, que adquieren por el temple mayor elasticidad y dureza. Aunque de las varias clasificaciones propuestas, y entre ellas la de la Comisión de Metalurgia en la Exposición de Filadelfia, ninguna ha llegado á tomar carta de naturaleza, se impone un acuerdo, que permita diferenciar en el lenguaje el acero del sutil muelle de un reloj, del de la fuerte barra de un ferrocarril ó de la viga de un puente, y del que se funde en grandes masas para piezas de artillería y blindar embarcaciones.

(Se continuará.)

Rogamos á nuestros compañeros que no hayan recibido el Escalafón del Cuerpo tengan la bondad de manifestárnoslo á la mayor brevedad.

SECCIÓN OFICIAL

MINISTERIO DE ULTRAMAR

REAL ORDEN

S. M. el Rey (Q. D. G.), y en su nombre la Reina Regente del Reino, de conformidad en lo esencial con el parecer de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, ha tenido á bien disponer:

1.º Que los alumnos que hayan terminado sus estudios en la Escuela especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y servido en la clase de Aspirante á Ingeniero los dos años que determina el art. 9.º del Real decreto de 19 de Julio de 1892, pueden ser considerados como Ingenieros segundos de la Península y ser destinados por lo tanto á Ultramar con el destino correspondientes.

2.º Que por igual razón deben ser considerados tales Ingenieros los que en calidad de Aspirantes ó de Ayudantes hayan cumplido en Ultramar los dos años de servicio á que se refiere el precitado art. 9.º del Real decreto de 19 de Julio de 1892.

3.º Que si un Ingeniero está sirviendo en Ultramar una plaza de una categoría de un grado superior, porque no la solicitare ninguno de la Península al anunciarse la provisión de la misma, y adquiriese luego en la Península dicha categoría puede ascenderse en Ultramar á la clase inmediatamente superior, cubriéndose así la plaza, con su propia clase y categoría, por el Ingeniero que la estuviese sirviendo.

4.º Que para el ingreso en el escalafón general del Cuerpo y en el servicio de las obras públicas de los Ingenieros de Caminos que regresen de Ultramar á la Península, se observarán estrictamente las reglas dictadas por este Ministerio en 20 de Mayo de 1873.»

Lo que S. M. el Rey (Q. D. G.), y en su nombre la Reina Regente del Reino, se ha servido disponer que se transmita á V. E. para su conocimiento, y que conviniendo al propio tiempo dictar algunas aclaraciones y modificaciones á las reglas adicionales establecidas en la Real orden de 14 de Septiembre de 1879, respecto á la manera de proveer las plazas vacantes que de Ingenieros y Ayudantes de Obras públicas existan en Ultramar, se ordene lo siguiente: