

# EL CONCRETO: En el **desafío** en el tiempo

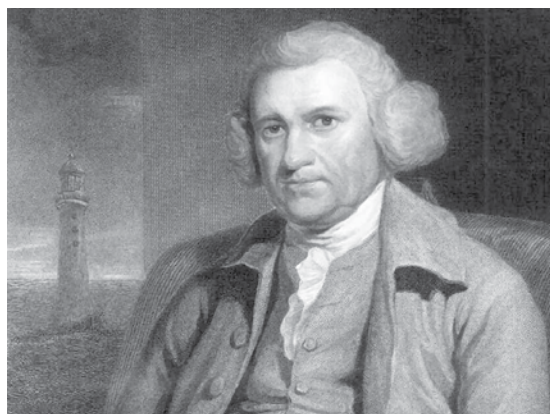
I. y E. Vidaud

Segunda parte

Continuamos con este breve repaso que da cuenta de cómo el concreto, de diferentes maneras, ha estado acompañado a muchas culturas a lo largo de la historia.

**E**n la Edad Media y en el Renacimiento, el empleo del concreto fue escaso y poco significativo; su uso quedó olvidado y muchos de los conocimientos hasta entonces acumulados, desaparecieron completamente. Algunas fuentes apuntan que sólo llegó a producirse un mortero muy débil, compuesto únicamente de cal y arena. Tiempo después, a princi-

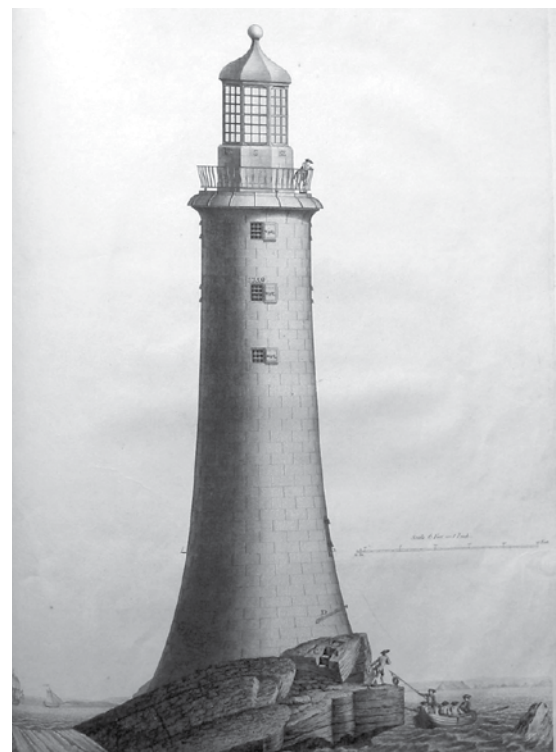
Fig. 1:



**John Smeaton (1724-1792), ingeniero del Reino Unido que se encargó de construir el faro de Eddystone.**

Fuente: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:John\\_Smeaton.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:John_Smeaton.jpg).

Fig. 2:



**Faro de Eddystone.**

Fuente: [www.stellabooks.com/articles/featuredbooks/eddystone.php](http://www.stellabooks.com/articles/featuredbooks/eddystone.php).

pios de la Edad Moderna se presentó una disminución considerable y generalizada en la calidad, y la crisis llegó al nivel de terminar con la fabricación y uso del cemento.

No fue hasta mediados del siglo XVIII que despertó nuevamente el interés por las investigaciones relacionadas con el cemento y el concreto. Es entonces que el ingeniero nacido en Leeds (Reino Unido), John Smeaton (Fig. 1) se encargó de erigir por tercera vez (en el año 1759) un faro en el acantilado de Eddystone, en la costa de Cornwall en Inglaterra. Los dos faros anteriores ahí construidos habían sido con madera,

en los años 1698 y 1705; el primero destruido por un incendio, y el segundo por un temporal. En este tercer faro, ubicado a 8 km de Plymouth, se emplearon piedras unidas con un mortero de cal calcinada para conformar una construcción monolítica y duradera. La tercera versión del Faro de Smeaton o de Eddystone (Fig. 2) debió soportar la constante acción de las olas y los vientos húmedos de la zona.

Este gran ingeniero del siglo XVIII había descubierto hacia 1756 que al combinar la cal viva con otros materiales, daba como resultado un compuesto extremadamente resistente. Cabe decir que a Smeaton le debemos el redescubrimiento del cemento hidráulico a través de repetidos ensayos de la mezcla de cal viva con otros materiales, en agua dulce y salada. Para la construcción del faro, Smeaton asentó piedras, unas sobre otras. Para la cimentación (apoyada sobre el resistente granito de la zona) y las juntas, utilizó una mezcla de cal viva, arcilla, arena y escoria de hierro triturada. Es así como logró construir con estos materiales la primera estructura de concreto que se conoce desde la antigua Roma la cual fue concluida en 1759 y aunque hacia 1876 parte de su estructura se había debilitado, su cimentación perdura hasta nuestros días.

En años posteriores fueron desarrollados varios tipos de cementos hidráulicos; con ello se mejoraron los morteros en calidad cobrando auge el empleo del concreto en las construcciones. El reverendo James Parker descubrió un nuevo cemento al quemar piedras calizas; este material fue usado en la construcción de varias obras del Reino Unido de entonces; fue patentado en 1796 como cemento de Parker o cemento Romano, pues se pensaba que era el mismo utilizado en la Roma antigua.

## Otros importantes personajes

También se refiere en la literatura que el francés Louis Vicat (Fig. 3), entre 1812 y 1813 creó cal hidráulica artificial a partir de la mezcla sintética calcinada de piedra caliza y arcilla. Por su parte, en 1818 Maurice St. Leger patentó el llamado cemento hidráulico y James Frost, en Inglaterra, en 1822, preparó la cal hidráulica artificial a la cual denominó cemento Británico.

Los avances definidos y otros descubrimientos fueron patentados y utilizados en las construcciones de inicios del siglo XIX, hasta el descubrimiento de Joseth Aspdin y James Parker, quienes en 1824 patentaron un nuevo cemento hidráulico artificial. El primer cemento Portland, denominado de esta manera por su color gris verdoso oscuro, similar al de la piedra de la isla de Portland. Fue fabricado por la combustión conjunta de

Fig. 3:



Luis Vicat (1786-1861), con estudios en la Ecole des Pont et Chaussées y quien fuera el creador de la llamada Aguja de Vicat, fue un investigador de la "hidraulicidad" de los productos resultantes de la cocción de ciertos calcáreos. Sus estudios fueron un importante impulso en la determinación del principio de la fabricación de los cementos artificiales.

Fuente: [www.vizille-vicat.com/en/The-company/Vicat-Group](http://www.vizille-vicat.com/en/The-company/Vicat-Group).

caliza y carbón. Fuentes de la época refieren que solo se mencionaban los ingredientes básicos, sin nombrar detalles del complejo proceso de fabricación, que en sus inicios limitó un tanto su uso.

La primera fábrica de cemento fue instalada en Wakefield, Inglaterra. Funcionó entre 1826 y 1828.

Fig. 4:



Fábrica de armas de Wakerfild, edificada en 1830, que hoy resulta una de las pocas edificaciones que se construyeron con el cemento Portland original.

Fuente: [www.industrialhistory.yas.org.uk/content/news080.html](http://www.industrialhistory.yas.org.uk/content/news080.html).

Fig. 5:



**El concreto usado en la construcción del Canal de Erie en el estado de Nueva York, constituye el primer concreto moderno utilizado en el continente americano.**

Fuente: [www.eriecanal.org/images/west-1/Medina-1905.jpg](http://www.eriecanal.org/images/west-1/Medina-1905.jpg).

Fig. 6:



**El ingeniero Eugene Freyssinet (1879-1962), pionero del concreto presforzado.**

Fuente: [www.efreyssinet-association.com/homme/index.php](http://www.efreyssinet-association.com/homme/index.php).

Fig. 7:



**Megaconstrucciones con CAD: Las Torres Petronas, ubicadas en Kuala Lumpur.**

Fuente: [www.lasescapadas.com/fondos/fondo/torres-petronas-8211-kuala-lumpur.php](http://www.lasescapadas.com/fondos/fondo/torres-petronas-8211-kuala-lumpur.php)

Hoy se conserva de esa época la fábrica de armas de Wakefield, cercana a la primera y a la desaparecida fábrica de cemento, cuya fachada fue construida con cemento Portland (Fig. 4).

Asimismo, el primer concreto moderno producido en el continente americano se utilizó en Estados Unidos para la construcción del Canal de Erie (Fig. 5), construido entre 1817 y 1825. El canal se extiende en el estado de Nueva York, desde Albany, sobre el río Hudson hasta Búfalo, con una longitud de aproximadamente 580 km. En este caso se empleó el cemento elaborado a partir de la denominada cal hidráulica, que se encontraba en los condados de Madison, Cayuga y Onondaga en Nueva York.

Hacia 1845, el proceso de producción de cemento fue mejorado por Isaac Johnson, quien consiguió con éxito fabricarlo a partir de la quema de una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del llamado Clinker. Con mayor precisión y detalle que Aspdin, Johnson descubrió que se necesitaba de la máxima temperatura posible (según los métodos existentes en esa época) para el proceso de calcinación.

A partir de entonces y soportado en los resultados de Johnson, se generalizó la fabricación del cemento Portland a otras partes de Europa. De igual manera, la industrialización y la introducción de hornos rotatorios y otras tecnologías novedosas a fines del siglo XIX y principios del XX, propiciaron la extensión del uso del cemento Portland para todo tipo de aplicaciones en la industria del concreto. Cabe decir que la principal característica estructural del concreto es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión; fundamentalmente por sus características pétreas. En cambio, este revolucionario material no tiene un buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos como pueden ser: tensión, torsión, flexión y cortante; razón por la que se refuerza con barras de acero, que sí resisten adecuada-

mente estos esfuerzos. Este nuevo material, es el que hoy se conoce como: concreto u hormigón reforzado.

## Llega el concreto reforzado

La invención del concreto reforzado se le atribuye al jardinero parisiense Joseph Monier hacia 1861. Monier fabricó una maceta de mortero de cemento reforzado con un enrejado de alambre, cuya patente le fue concedida en 1867. Otras fuentes igualmente reconocen otros hitos en el origen de este material.

Pueden mencionarse el trabajo del constructor inglés William Wilkinson, quien solicitó en 1854 la patente de un sistema que incluía armaduras de hierro para la mejora de la construcción de viviendas, almacenes y otros edificios resistentes al fuego. También es importante el hito del francés François Hennebique quien ideó un sistema de concreto reforzado, patentado en 1892, el cual utilizó en la construcción de una fábrica de hilados en Tourcoing, Lille, en 1895. Según un texto publicado en Inglaterra en 1904, en ese momento existían en el mundo 43 sistemas patentados de diseño y construcción en concreto reforzado, de los cuales 32 eran europeos.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, un nuevo material cubrió grandes expectativas de la ingeniería a nivel mundial: el concreto presforzado. La idea original de este material surgió realmente a finales de la segunda mitad del siglo XIX, aproximadamente en 1888 con el concepto de precompresión de Doehring. Esta idea desafortunadamente fue abandonada a principios del siglo XX, al descuidar las calidades de los materiales componentes: concreto y acero. De ahí que no fue hasta 1928 cuando el ingeniero francés Eugene Freyssinet (Fig. 6) retomó el fundamento original del concreto presforzado justificando la necesidad de su uso a partir del empleo de materiales de alta calidad.

Según el propio Freyssinet, pretensar una construcción es: "crear en ella artificialmente, con anterioridad a la aplicación de las cargas exteriores o simultáneamente con ellas, unos esfuerzos permanentes tales que superpuestos a los esfuerzos debido a cargas exteriores, los esfuerzos totales resultantes permanezcan en todos los puntos y para todas la hipótesis consideradas de cargas exteriores, comprendidas entre los esfuerzos límites que el material puede soportar indefinidamente".

Mediante un detallado estudio de ubicación del acero de presfuerzo en la sección transversal, es posible garantizar que toda la sección se encuentre solicitada a esfuerzos de compresión o en su defecto, a esfuerzos de tensión muy limitados. En general, la técnica del presfuerzo se lleva a cabo tensando aceros de alta resistencia; para que así se induzcan esfuerzos de compresión en toda la sección de concreto.

Si bien es cierto que el uso del concreto cuenta con excepcionales características que permiten su empleo masivo y provechoso en las construcciones; también lo es el hecho de que cada día han ido aumentando las exigencias de prestaciones en estas estructuras, hecho que ha obligado a un mejoramiento no sólo en sus materiales componentes, sino también en su proceso tecnológico.

Mucho ha evolucionado hasta nuestros días la tecnología del concreto; sin embargo, fundamentalmente hacia fines de la segunda mitad del siglo XX es que se produce un vertiginoso desarrollo con los concretos especiales. Los Concretos de Alto Desempeño (CAD) o High Performance Concrete (HPC, por sus siglas en inglés) constituyen uno de los principales argumentos de la evolución de la tecnología del concreto. Son conocidos sus valores mejorados de resistencia, así como de durabilidad; propiedades que los ubican en la mejor alternativa para la construcción de estructuras con requerimientos especiales, tanto desde el punto de vista estructural como ambiental.

No pocos especialistas consideran que los CAD son aquellos que satisfacen ciertos criterios propuestos que logran superar las limitaciones de los concretos convencionales, y que adicionalmente presentan mejor comportamiento tanto en estado fresco, como endurecido, cumpliendo con requisitos especiales de desempeño y uniformidad. Existen en la actualidad una gran gama de CAD; entre los que figuran: de alta trabajabilidad, de contracción compensada, de baja permeabilidad, ligeros, autocompactables, de alta resistencia inicial (y final), entre otros.

Con esta síntesis del desarrollo histórico del concreto, hemos podido valorar que su empleo es



**Megaconstrucciones con CAD: Torre "Burj Dubai".**

Fuente: <http://hdwallpaperslist.com/burj-dubai-iphone-wallpapers>.

habitual en obras de arquitectura e ingeniería, tales como edificios, puentes, presas, puertos, canales, túneles, y muchas otras. De hecho, en aquellas cuya estructura principal es de acero, se utiliza el concreto en la cimentación. Íconos estructurales del mundo en el siglo XXI poseen estructuras de concreto y acero, como es el caso de las Torres Petronas en Kuala Lumpur, en Malasia (Fig. 7) y el Burj Dubai de la ciudad de Dubai (Fig. 8).

Los mayores adelantos en la ciencia del comportamiento del concreto y los avances tecnológicos, posibilitan cada día la construcción de rascacielos más altos, puentes con mayores claros, colosales presas, así como obras de ingeniería de las más diversas. El reto está lanzado, las estadísticas afirman que ningún material de construcción ha sido usado en tales cantidades y en un futuro, al menos cercano, no parece existir otro material de construcción que pueda competir con él, ni en lo que respecta a sus ventajas, ni en lo que respecta a sus volúmenes de uso, con costos suficientemente accesibles. **C**

#### Referencias:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Concrete>. Concrete. Agosto/2012. Department of Civil Engineering at the University of Memphis. [http://www.ce.memphis.edu/1101/notes/concrete/section\\_2\\_history.html](http://www.ce.memphis.edu/1101/notes/concrete/section_2_history.html).  
 "History of concrete building construction".  
 Hein M., <https://fp.auburn.edu/heinmic/ConcreteHistory/Pages/timeline.htm>. "Historical timeline of concrete", Auburn University Department of Building Science.  
 Kanare H.; Milevski I.; Khalaily H.; Getzov N.; Nasvik J., "How old is concrete?", en *Concrete Construction*, enero de 2009.