

# De la **historia** del cemento

En los últimos siglos, el cemento Portland ha desempeñado un rol protagónico en la historia de los materiales de construcción.

**E. Vidaud**

**E**l cemento, (un aglomerante), al mezclarse con el agua se hidrata; iniciándose así complejas reacciones químicas que lo convierten en una pasta moldeable con buenas propiedades adherentes. Al fraguar en pocas horas y endurecer progresivamente, el cemento adquiere una consistencia pétreo. Este comportamiento, es sin duda, su principal atractivo y es el responsable de que se haya convertido en el conglomerante más económico y versátil empleado en la industria de la construcción moderna.

## Cementantes en la antigüedad

Milenaria como la propia historia de la humanidad, es también la historia del cemento. Desde que el hombre dejó de pernoctar en cavernas, cre-

ció su interés por limitar su espacio vital y mejorar sus condiciones de habitabilidad a través de los años. Es este hecho el que marca el inicio de las construcciones en la antigüedad desde la que se dejan ver vestigios del uso de los materiales

cementantes. Varias investigaciones actuales muestran, en territorio israelí y de la antigua Yugoslavia, hallazgos de restos de primitivas construcciones en la antigüedad (entre los años 7000 y 6000 a. C.) en que se utilizaron estos materiales.

**Fig. 1**



Las Pirámides de Gizeh en el antiguo Egipto, donde se utilizaron morteros basados en yeso y calizas disueltos en agua.

Fuente: [www.thetravelpixie.com/pyramids-of-giza-worth-the-visit/](http://www.thetravelpixie.com/pyramids-of-giza-worth-the-visit/)

**Fig. 2**



El Anfiteatro Flavio, mejor conocido como Coliseo Romano.  
Fuente: [www.arqhys.com/contenidos/romano-coliseo.html](http://www.arqhys.com/contenidos/romano-coliseo.html)

**Fig. 3**



Teatro de la ciudad de Pompeya.  
Fuente: [www.italia.it/es/ideas-de-viaje/lugares-unesco/pompeya-herculano-y-torre-annunziata.html](http://www.italia.it/es/ideas-de-viaje/lugares-unesco/pompeya-herculano-y-torre-annunziata.html)

Fig. 4



El vestigio arqueológico de Chichén Itzá, en la Península de Yucatán en México.

Fuente: [www.yucatan-holidays.com/es/los-5-mejores-sitios-arqueologicos-mayas/](http://www.yucatan-holidays.com/es/los-5-mejores-sitios-arqueologicos-mayas/)

Fig. 5



La zona arqueológica de El Tajín, cerca de la ciudad veracruzana de Papantla, México.

Fuente: <http://sobre-mexico.com/2010/09/20/el-tajin-historia-de-las-ruinas-de-veracruz/>

Con el transcurrir de los siglos y cuando el hombre optó por levantar edificaciones utilizando materiales arcillosos o pétreos, surgió la necesidad de obtener pastas o morteros que permitieran unir estos mampuestos para poder conformar estructuras estables. Inicialmente se emplearon pastas elaboradas con arcilla, yeso o cal; pero éstas se deterioraban rápidamente ante condiciones ambientales desfavorables.

Diversas soluciones fueron utilizadas a partir de la mezcla de agua con minerales triturados, para conseguir pastas que no se degradasen con facilidad. Es de esta manera como en el antiguo Egipto (alrededor del año 2,570 a. C.) se utilizaron pastas obtenidas con

mezclas de yesos y calizas disueltas en agua, para poder unir sólidamente sillares de piedra; como las que aún perduran entre los bloques calizos de la Gran Pirámide de Gizeh (Fig. 1). Los egipcios utilizaron este mortero para levantar sus prodigiosas construcciones, como es el caso también de las mezclas que se emplearon hacia el año 1950 a. C. en los muros de piedra del mural de Tebas.

Hacia el año 500 a. C., los griegos utilizaban en sus construcciones una mezcla de materiales provenientes de depósitos volcánicos, con caliza, agua y arena. Este mortero ofrecía entonces los mejores niveles de resistencia. Tiempo después, para el siglo II a. C., en la región de Puzzoli (cerca del

Vesubio), los romanos desarrollaron el llamado cemento romano o puzolánico a partir de la mezcla de caliza calcinada con finas arenas de origen volcánico o cenizas volcánicas (lo que hoy llamamos puzolana).

La puzolana contiene sílice y alúmina, que al combinarse químicamente con la cal da como resultado el cemento puzolánico; material que ha demostrado tener un gran desempeño, tanto respecto a su resistencia como a su durabilidad. Un par de ejemplos de construcciones en donde se empleó este material, son el Coliseo Romano edificado en el año 82 a. C. (Fig. 2), y el Teatro de Pompeya, edificado hacia el año 75 a. C. (Fig. 3).

Fig. 6



Machu Picchu, construcción prehispánica ubicada a 2490 metros sobre el nivel del mar, en la vertiente oriental de la Cordillera Central, al sur de Perú.

Fuente: <http://famouswonders.com/machu-picchu/>

Fig. 7



Louis Joseph Vicat (1786-1861) fue un científico francés inventor del cemento artificial.

Fuente: <http://en.structurae.de/persons/data/index.cfm?id=d001051>

Por su parte, también en las culturas precolombinas se hizo presente el empleo de los materiales cementantes. En algunas ciudades y grandes estructuras como las construidas por los mayas (Fig. 4), aztecas (Fig. 5) e incas (Fig. 6), se utilizaron estas mezclas de aglomerantes primitivos fundamentalmente a base de cal y materiales puzolánicos.

Trabajos recientes de investigadores mexicanos dan cuenta que los constructores mayas y aztecas, al carecer de bancos de piedra cercanos, desarrollaron la construcción de gran parte de sus estructuras con ladrillos (comúnmente denominados tabiques) unidos con morteros de cal adicionados con materiales puzolánicos y otros minerales de considerable resistencia y dureza.

## Surgimiento del cemento Portland

A mediados del siglo XVIII, el reverendo inglés James Parker creó un cemento de manera accidental, al quemar unas piedras calizas. Este descubrimiento fue bautizado como

Fig. 8



Henry Louis Le Châtelier (1850-1936) fue promotor junto con Vicat, de los cementos sintéticos. Fuente: [www.heurema.com/POFQ-LeChatelier.htm](http://www.heurema.com/POFQ-LeChatelier.htm)

cemento romano porque entonces se pensaba que era el que se había utilizado en los tiempos de esta civilización, empezándose a utilizar en diversas obras en el Reino Unido.

Joseph Aspdin y James Parker patentaron el 21 de octubre de 1824 el primer Cemento Portland, obtenido a partir de caliza arcillosa y carbón; calcinados a alta temperatura. La denominación Portland responde a su color grisáceo, muy similar a la piedra de la isla de Portland del canal inglés. Más adelante, Isaac Johnson mejoró este proceso de producción aumentando la temperatura de calcinación, obteniendo en 1845 el prototipo del cemento moderno elaborado con base en una mezcla de caliza y arcilla calcinada

a altas temperaturas, hasta la formación del clinker<sup>(1)</sup>. Esta es la razón por la que hoy se conoce a Johnson como el padre moderno del cemento Portland.

Hacia finales del siglo XIX, algunos avances de la época propiciaron el empleo del cemento Portland para gran diversidad de aplicaciones. En este caso fue importante el desarrollo de la industrialización, la introducción de los hornos rotatorios para la calcinación, así como el molino tubular. De igual manera, a principios del siglo XX ya la industria del cemento experimentó un rápido crecimiento, debido además a los experimentos de los químicos franceses Vicat (Fig. 7), a Le Chatelier (Fig. 8), y del alemán Michaélis, quienes lograron producir un cemento de calidad homogénea. Todo lo anterior resume las principales condicionantes de la elaboración del cemento Portland en grandes cantidades; para la industria de la construcción de principios de siglo y años posteriores.

En nuestros días, y a pesar de todas las mejoras técnicas introducidas, el cemento Portland

Fig. 9



Hitos importantes en el surgimiento y desarrollo del cemento.

<sup>(1)</sup> El clinker o clinker Portland es el principal componente del cemento Portland, el cemento más común y, por tanto, del concreto. Se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1350 y 1450 °C. El clinker es el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Portland. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Hay 4 compuestos principales en el cemento Portland que suman el 90% o más del peso del cemento Portland. Se compone aproximadamente de: 40-60% de silicato tricálcico o alita (C<sub>3</sub>S), 20-30% silicato dicálcico o delita (C<sub>2</sub>S), 7-14% alu-minato tricálcico o felita (C<sub>3</sub>A) y 5-12% ferritoaluminato tetracálcico (C<sub>4</sub>AF). Fuente: Adaptado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Clinker\\_portland](http://es.wikipedia.org/wiki/Clinker_portland)

continúa siendo, en esencia, muy similar al primero que se patentó; aunque su impacto y prestaciones han mejorado significativamente. En la Fig. 9 presentamos un esquema donde están una serie de hitos importantes; tanto para México, como para Iberoamérica y el mundo, dentro del surgimiento y desarrollo del cemento como material de construcción.

## El cemento Portland en la actualidad.

El cemento Portland actual se obtiene al calcinar mezclas de calizas y arcillas; preparadas artificialmente a una temperatura de aproximadamente 1.500 °C. El producto resultante que es el denominado clinker, se muele añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado; que suele ser piedra de yeso natural.

Se presenta en la literatura especializada que la composición química media aproximada de un cemento Portland está formada por un porcentaje oscilante entre 61 y 67% de óxido de calcio (CaO), entre 19 y 23% de óxido de silíceo (SiO<sub>2</sub>), entre 2.5 y 6% de óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), entre 0 y 6% de óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y entre 1.5 y 4.5% de otros compuestos químicos minoritarios. Los cuatro primeros componentes (el primero básico y los otros tres ácidos) son los principales; sin embargo, no se encuentran libres, sino combinados formando los silicatos, aluminatos y ferritoaluminatos definidos anteriormente.

## Otros cementos

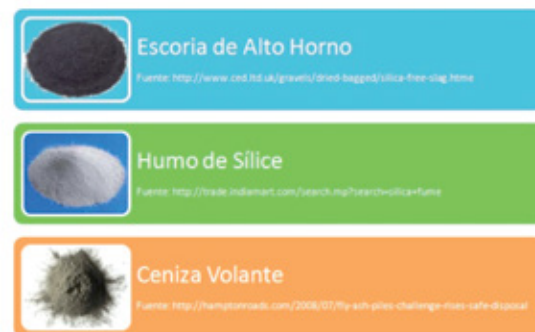
Pueden referirse también otros tipos de cementos, tales son los casos de los cementos Portland con adiciones activas, los cementos especiales, los siderúrgicos, los puzolánicos y los aluminosos.

Los cementos Portland con adiciones activas son aquellos que además de los componentes principales del clinker y de la piedra de yeso, contienen también algunas adiciones minerales, tales como la escoria siderúrgica (Fig. 10a), humo de sílice (Fig. 10b), puzolana natural, ceniza volante (Fig. 10c), entre otras.

Los cementos especiales (de alta resistencia inicial, resistentes a los sulfatos, de bajo calor de hidratación, cementos blancos) suelen ser cementos Portland especiales, solo que en estos se limitan o fortalecen alguno de los cuatro componentes básicos del clinker. En el caso del cemento siderúrgico, se refiere a que se obtiene por molturación conjunta de clinker de Portland con un regulador de fraguado, (yeso natural en proporciones oscilantes entre 5 y 7%); en proporción de entre 15 y 65%, con ceniza de carbón proveniente de las centrales termoeléctricas, o con escoria de fundiciones, en proporción oscilante entre 35 y 85%. Los cementos siderúrgicos forman parte de la familia de los llamados cementos fríos. En estos casos, la escoria se obtiene enfriando bruscamente en agua la espuma fundida, procedente de procesos siderúrgicos. En este enfriamiento la escoria se vitrifica y se vuelve activa hidráulicamente por su contenido en cal combinada, fraguando por sí misma y endureciendo lentamente; por lo que para acelerar el endurecimiento, se añade el clinker de Portland.

Los cementos puzolánicos resultan de una mezcla de clinker de Portland, y el mismo regulador de fraguado referido anteriormente, en proporción oscilante entre 45 y 85%, con puzolana en proporción

Fig. 10(a/b/c):



Algunas adiciones minerales activas al cemento.

que varía entre 15 y 55%. La puzolana natural tiene origen volcánico, y contiene sílice y alúmina que al combinarse químicamente con la cal en presencia de agua, da como resultado el denominado cemento puzolánico (el mismo que en su tiempo obtenían los antiguos romanos). Por su parte, la puzolana artificial tiene propiedades análogas y se encuentra en las cenizas volantes, la tierra de diatomeas o las arcillas activas.

Por último, los cementos aluminosos se obtienen por fusión de caliza y bauxita, y su constituyente principal es el aluminato monocálcico. En el crudo de un cemento aluminoso, si bien esta presente la calcita, las arcillas desaparecen a favor de las bauxitas; lo que aporta al compuesto un alto contenido de óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Son cementos a los que no se le añade yeso en su proceso de fabricación y por tanto no contiene sulfatos. Poseen un endurecimiento muy rápido que les permite adquirir la resistencia necesaria en pocas horas; razón que justifica su mayor empleo en la fabricación de elementos prefabricados de concreto. **c**

### Referencias:

Machado López R., "Carbonatación vs. aluminosis", en *Kimia ibérica*, www.kimiaiberica.es, Valencia, España. Ramírez de Alba H.; Vera Noguez R.; Mejía López M., "Materiales cementantes y concretos en las antiguas culturas americanas", *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 14-1, pp 67-74, ISSN: 1665-529-X.

Fig. 8:

---

