

# X MATERIALES DE CONSTRUCCION

POR

X EMILIO REINOSO LOPEZ

Las cales sirven para la confección de los *morteros*, en razón de la *plasticidad* que poseen en el momento de su empleo y luego de la resistencia que adquieren después. Esta doble propiedad es fundamental, esencial diremos, y el paso del estado de plasticidad al de solidez se designa en química con el nombre de "*fenómeno de la toma*".

Este fenómeno es muy lento con la cal ordinaria, es más rápido con cales especiales o con cementos. Podemos pues fabricar *morteros* cuya *toma* se haga en un tiempo determinado.

Estudiaremos primeramente las propiedades de las *materias* que entran en la confección de cales y cementos.

## a) Cales y Calcar.

Los cálcres que proporcionan las principales piedras de construcción y de ornamentación, son también las materias primas de las cales y de los cementos. Cualquiera que sea la forma, o mejor, su estado: mármoles, tiza, piedras de construcción, etc., los cálcres son rocas formadas de granos aglomerados de carbonato de calcio; es decir, constituidos por cal y gas carbónico.

Un calcar puro sometido al rojo en vaso cerrado funde y da por enfriamiento una masa cristalina cuya textura es la de los mármoles naturales; en vaso abierto la descomposición del carbonato principia cerca de los cuatrocientos cuarenta grados, y se

hace rápida al rojo blanco (novecientos grados) se desprende gas carbónico y el resultado es la cal viva u óxido de calcio anhidro. Los fragmentos de cal guardan la forma del calcar. La cal viva es amorfa, blanca si el calcar ha sido puro; es muy estable y casi infusible; vertiendo agua sobre un trozo de cal viva, aquélla es absorbida, después la masa se divide y por las fisuras producidas el vapor de agua se escapa indicando así la alta temperatura que ha requerido la descomposición del calcar, después la masa se hincha mientras el vapor se escapa en mayor cantidad y el resultado es la formación de una pasta más o menos plástica de cal apagada. La pulverización espontánea de la masa, se debe a la expansión de las partes internas que separan los granos de cal, desagregando así la masa. La cal apagada es pues el óxido de calcio hidratado. Es una base poderosa, tiene el aspecto de una tierra blanca de donde le viene el nombre de base alcalino terrea. La cal apagada no pierde su agua sino más allá de trescientos grados para dar la cal viva.

Una cierta cantidad de cal con una porción adecuada de agua dará una pasta de cal; si aumentamos la cantidad de agua tendremos una lechada de cal; por fin, si filtramos esta lechada tendremos un líquido incoloro transparente, es el agua de cal, muy de uso en medicina, contiene una proporción de un gramo tres décimos de cal por litro de agua.

La cal expuesta al aire se transforma lentamente en carbonato de calcio idéntico a la piedra calcar, origen de todos estos productos. La cal viva en razón de la humedad y del gas carbónico del aire da el mismo resultado, pero se reduce en polvo. La transformación de la cal apagada en carbonato debido a la acción del gas carbónico en el aire, es muy lenta, es como se ha dicho que se verifica el fenómeno de la *toma*, ésta es correlativa del endurecimiento de la masa. Se puede decir que se ha formado una piedra análoga a la natural, cuya forma y dimensión es la de la cavidad donde se ha colocado la cal apagada plástica; pero, la piedra artificial así formada sufre un *retracto* y se producen fisuras; y es así como se mezcla con la cal una materia inerte resistente tal como la arena cuyos granos dividen la masa activa y hacen nulo el retracto. La mezcla de cal, arena y agua es lo que se llama un *mortero*.

#### b) Cal y arcilla.

El calcar de origen siendo puro, la cal anhidra es también pura, es la cal grasa, llamada así en razón de la pasta untosa que da con el agua.

La presencia de algunos centésimos de arena, en forma de cuarzo o sílice en el calcar y de consiguiente en la cal no alteran de modo notable las propiedades de la cal, llamada por esta circunstancia, cal flaca, y no modifica la *toma* del mortero. Es diferente cuando la sílice en lugar de ser introducida en forma de cuarzo, entra en forma de arcilla. La arcilla está formada de granos de silicato de alúmina hidratado, tiene color de errumbre. La arcilla tiene por dos moléculas de sílice una molécula de alúmina y dos moléculas de agua.

Si se mezclan íntimamente polvos muy finos de cal y de arcilla y sometiendo el conjunto a la acción del calor, la arcilla pierde su agua de hidratación, y, principia a descomponerse cerca de los seiscientos grados de temperatura en sílice y alúmina. La alúmina obra al principio como fundente y facilita las acciones recíprocas de la sílice y de la cal que permite la formación de tres silicatos de cal: el monocálcico, dicálcico, tricálcico, siendo este último el más básico. Además se forman aluminatos de calcio: monoaluminato, dialuminato y trialuminato de calcio. Todos estos compuestos se forman en proporción variable según las cantidades relativas de cal o de arcilla. A la temperatura de novecientos grados, los silicatos y aluminatos tricálcicos dominan. El resultado del cocimiento es una masa que no tiene la blancura de la pura sino que es más o menos amarillenta; en presencia de agua, si hay un exceso de cal en libertad, la masa se pulveriza por sí misma; si no hay cal en libertad, se pulverizará la masa mecánicamente.

Bajo la acción del agua, el silicato tricálcico pierde dos moléculas de cal, que quedan en libertad, el resultado es un silicato de cal hidratado. El silicato bicálcico, da por una reacción semejante cal en libertad. Los tres aluminatos y en particular el aluminato tricálcico se hidratan. Estas sales hidratadas, se disuelven en el agua de preparación del mortero, y forman soluciones sobresaturadas que cristalizan en forma de agujas prismáticas de gran dimensión. La masa obtenida es una piedra muy dura que se puede utilizar también, después de su unión con la arena, formando así un *mortero*. Difiere sin embargo, por dos propiedades: Ha sido obtenido sin acción del aire, y, su endurecimiento resulta de las reacciones que el agua sola ha determinado; además, puede sufrir la acción del agua, inmediatamente después de su empleo y desde que el endurecimiento ha principiado. En efecto, de esta acción no resulta ni desagregación ni destrucción; esta diferencia es esencial, y permite dividir los morteros en *aereanos* y en morteros *hidráulicos*.

La cal que permite construir el mortero hidráulico se llama *cal hidráulica*, mientras que la primera grasa o flaca, se llama

cal *aereana*. Una cal hidráulica, contiene además de la cal ordinaria, silicato y aluminato de calcio, que son las materias hidraulizantes. Si al contrario el producto hidráulico no contiene cal en libertad, se llama *cemento*.

c) *Elementos de las cales y cementos.*

Los productos con los cuales se fabrican los morteros, no son puros; y los estudios sobre este punto son todavía incompletos; tenemos en presencia dos bases: la *cal* y la *magnesia*, muchas veces mezcladas en los cálcares naturales bajo la forma de carbonato, además, tres ácidos la sílice, alúmina y el óxido de hierro que se encuentran en la mayor parte de las arcillas. Los cálcares magnésicos no dan bajo la influencia del calor la cal viva y la magnesia viva. Dijimos que la cal viva es una base alcalina terrea que con el gas carbónico, la sílice, alúmina y el óxido de hierro un producto insoluble y que puede conservarse en las condiciones ya indicadas.

La magnesia cuando se encuentra en débiles proporciones en los morteros no influye en su consistencia de una manera *apreciable*.

Los ácidos que obran sobre las bases de los morteros son además del gas carbónico del *aire* la sílice, alúmina, y óxido de hierro (estos cuerpos indicados desempeñan el papel de ácidos, no porque en su molécula se encuentre el elemento que da lugar a que sean considerados como ácidos, a diferencia de las bases). La sílice inerte en forma de *cuartzo* obra cuando se la introduce en su misma forma, de *arcilla*, o bajo una forma particular encontrada en algunas *rocas naturales*, y, todavía, mal definida por ejemplo la *pusolana* y ciertos productos artificiales como las *escorias*; la arcilla cocida, las cenizas de hulla son productos que suministran las materias llamadas *pusolánicas*. El *trass* es una piedra pómez quebrada y pulverizada que proviene de ciertas acciones volcánicas. La *pusolana* es muy abundante cerca de Nápoles. Las *escorias* son silicatos complejos que sobrenadan en la fundición en el crisol de los *altos hornos* y que arrastran las impurezas contenidas en los minerales.

En estas materias *pusolánicas* la sílice está en tal estado que permite su acción sobre la cal y se llama sílice hidraulizante. La alúmina y el óxido de hierro que provienen de las arcillas, durante el cocimiento de los cálcares desempeñan el papel de *fundente*, y, facilitan las reacciones después de la preparación con el agua.

Los aluminatos de cal son activos para la *toma* y son hidráulicos; mientras que, los compuestos de hierro y de cal no tienen esta propiedad.

d) *Clasificación de las cales y cementos.*

Las proporciones de estas diversas materias, pueden variar mucho en las cales y en los cementos y por eso en las propiedades de los morteros compuestos; son pues diferentes desde la cal grasa la más básica hasta el cemento más ácido. Todos estos productos pueden ser comprendidos bajo las tres denominaciones siguientes: primero, cales aereanas, segundo cales hidráulicas, tercero cementos.

En las dos últimas categorías, se debe distinguir los productos naturales fabricados por el cocimiento de las rocas naturales, de los productos artificiales fabricados por la *asociación* de mezclas de rocas naturales, o de mezclas de rocas naturales y de materias preparadas. Al punto de vista de los resultados, la diferencia no es notable, por ejemplo las calidades del cemento Portland natural o artificial casi son las mismas.

e) *Cales aereanas.*

Estas cales provienen de la calcinación de los cálcres naturales puros o casi puros. Tienen como tipo la que proviene del calcar puro, que, da el mármol blanco; es una cal muy grasa. Si contiene materias extrañas serán arcilla o arena no combinada; desde que la proporción de estas materias no sería apreciable, dijimos que las propiedades de la cal no sufren una inferioridad en la construcción de los edificios; la proporción de estas materias, mejor dicho, de arcilla es inferior al tres por ciento, entonces, la cal es flaca; pero, cuando la proporción de arena sube al veinte por ciento la cal, es muy flaca. Estas cales se endurecen por carbonatación al aire en tiempo muy dilatado; en el agua se desagregan.

f) *Cales hidráulicas.*

Se preparan por la calcinación de un calcar arcilloso natural o de una mezcla artificial de calcar y de arcilla. Tienen menos de un veinte por ciento de arcilla. El producto del cocimiento apagado, tiene silicato y aluminato de cal hidráulicos y de cal libre. Su textura es compacta: estas cales se endurecen en presencia del agua; diremos que en un tiempo que varía de dos días para una cal sumamente hidráulica y de veinte a treinta días para una cal débilmente hidráulica.

El producto obtenido no se disuelve en el agua. Una cal que tiene de veinte a veinticinco por ciento de arcilla es una

cal *límite*, o *cemento de toma lenta*, porque toda la cal que contiene está combinada con los elementos de la arcilla (sílice, alúmina); este límite está definido teóricamente por la *composición* del silicato tricálcico y del aluminato tricálcico; teniendo la proporción de tres moléculas de calcio por una molécula de *ácido* sea sílice, sea alúmina. En estos productos hay un poco de cal libre y cal combinada (hidraulizante).

Las diversas cales se clasifican por la rapidez de la *toma*, o por el *índice de hidraulicidad* del cual ya indicaremos.

### g) Cementos.

Se obtienen por la calcinación de los cálcres arcillosos naturales, o de mezclas de cal y de materias pusolánicas naturales o artificiales.

La proporción de arcilla en la roca o en la mezcla debe ser superior a un veintidós por ciento, el producto del cocimiento no se *apaga*: contiene silicato tricálcico y aluminato tricálcico hidraulizantes, y están mezclados a un silicato múltiple que ha efectuado el papel de fundente en el cocimiento, pero, no hay cal en libertad.

Todos estos cementos se solidifican en presencia del agua, en un tiempo que varía de algunos minutos, para los cementos de *toma rápida* hasta un día, luego para los cementos de toma lenta se requiere un tiempo más o menos dilatado.

Los cementos de *toma rápida* deben su propiedad a la presencia de una notable cantidad de aluminato tricálcico; los de *toma lenta* tienen menos.

En los cementos la cantidad de cal es tal que la relación bases sobre ácidos es igual o inferior a tres. Debe haber una cantidad de cal para que esté enteramente combinada: así también la suficiente cantidad para que siendo formado el silicato múltiple obtengamos un silicoaluminato de cal, que tiene el papel de fundente. La sílice y la alúmina pueden dar las sales tricálcicas correspondientes; la falta de cal, daría un silicato dicálcico el cual pulverizándose espontáneamente después del cocimiento proporcionaría un cemento muy mediano.

Los cementos de *toma lenta*, teniendo la proporción de sílice justa y necesaria para la formación del silicato tricálcico deben ser cocidos hasta un *principio* de vitrificación; y, su textura es cristalina; son entonces, constituídos por cristales de silicato y aluminato tricálcicos, en el intervalo de los cuales llena una masa amorfa de color obscuro, formada por el silicato triple de aluminio calcio y hierro.

Los cementos de toma rápida preparados con rocas muy arcillosas, tienen una cantidad de cal menor, y, deben ser sometidos a un cocimiento menos energético, porque la formación del silicato tricálcico es más fácil; su textura es compacta y no cristalina; tienen en bastante cantidad alúmina.

*Para resumir:* la clasificación de los materiales hidráulicos indica que la velocidad de la *toma* es variable con la disminución de la cal y con el aumento correlativo de la sílice y de la alúmina.

En orden, estos materiales de construcción, es principiando por la más básica: *cal aereana* (*grasa* o *flaca*; cal hidráulica; cal eminentemente hidráulica, o, cemento de toma lenta; cemento de toma rápida; escorias de alto horno).

#### *h) Cemento Romano.*

Portland. — El mencionado cemento romano es de toma rápida; data desde 1796; fue conocido al principio con el nombre de "*cemento acuático*", después, de "*cemento inglés*". Se prepara en su origen con arcillas encontradas bajo la tiza existente sobre los bordes del Támesis. El cemento llamado Portland es así denominado en razón de su semejanza, color y dureza con el cálcar que se emplea en las construcciones de Portland. Fue preparado por primera vez en 1824; es un cemento de toma lenta.

Los cementos se dividen en dos clases: primera los de *toma rápida* que comprenden los cementos romanos naturales y los rápidos artificiales; segunda, los cementos de *toma lenta* que comprende el Portland natural y el artificial, luego sigue en el orden el Portland de escorias.

#### *i) Materias primas.*

Estas que se emplean en la fabricación de cales y cementos, luego después de la confección de los morteros son los cálcres puros o arcillosos, las arcillas, arenas y dijarros añadiéndose, desde luego, las materias pusolánicas.

Los cálcres naturales por sus variedades más puras son la materia prima de las cales aereanas. Durante mucho tiempo estas cales eran únicamente conocidas; pero, se tenía conocimiento que algunas cales eran no comunes y presentaban propiedades especiales ignorándose su causa.

Los trabajos de Vicat demostraron que bien se puede obtener o preparar cales hidráulicas por medio de una mezcla de cal

grasa y de arcilla; y también, por la combinación de cálcarea arcillosos. De los trabajos de este ilustre científico resultan las industrias de las cales hidráulicas artificiales y la de las cales hidráulicas naturales, siendo estas últimas las más prósperas. Para fabricar estas cales se utilizan los bancos calcáreos del *cretaseo* en general, también los del jurácico (algunas fábricas emplean la tiza pura, creta pura y la arcilla plástica).

Los cálcarea siendo rocas naturales, no tienen una composición definida, es decir, que no responden a una fórmula química, por ejemplo la del agua, del ácido clorhídrico, etc. Con todo debemos encontrar en los cálcarea las proporciones de los componentes (cal, óxido de hierro, alúmina, óxido de magnesio, etc.)

Los trozos de calcar que entran al horno deben ser de tamaño uniforme; los pequeños trozos comprimiéndose en el horno disminuye el *tiro de la chimenea*. Las arenas empleadas en la confección de los morteros son por lo general, arenas de ríos, tienen una forma redonda o angulosa; estas arenas pudiendo ser calcáreas o arcillosas deben ser sometidas a una acción del agua, a fin de separar la parte arcillosa. La arena se clasifica en: pequeños guijarros, arena gruesa, arena mediana y arena fina o de las dunas. Los guijarros empleados en la confección de los morteros pueden ser los espontáneamente naturales o piedras resquebrajadas; su composición química y tamaño influye sobre la resistencia de la masa formada; se debe someter a la acción del agua estos materiales a fin de que sean arrastradas las materias térreas que contengan.

NOTA. — El presente trabajo está dedicado a los señores estudiantes de tercer año de Ingeniería, prometiendo el suscrito continuar la publicación en los subsiguientes números de los ANALES.