

por por 6 á 10 horas a una presión de 10 á 15 atmósferas. Son productos ligeros, blanco grisáceos, a veces se hacen impermeables mezclándolos con productos bituminosos. Se emplean para obras marítimas. (Los ladrillos flotantes) pueden obtenerse moldeando en forma semejante o a mano mezclas de cal, arena y piedra pómez pulverizadas, se dejan fraguar y secar al aire por dos ó tres meses. Son de baja densidad, refractarios, aislantes al calor y al sonido, pueden aserrarse o clavarse como la madera, se fabrican también en forma de placas. Se usan para tabiques ligeros, revestimiento de muros, etc.)

B.- PRODUCTOS DE MAGNESIA.- La Magnesia se obtiene de la calcinación de la Magnesita o Carbonato de Magnesio, en hornos semejantes a los empleados para la cal. Si la temperatura no excede a la de calcinación, que es de 700-800°C, se obtiene la Magnesia Calcinada, de propiedades cementantes, mientras que si la temperatura se eleva a 1,400°C-2,000°C, se obtiene la Magnesia Quemada o de quemado-muerto, perdiendo sus propiedades aglomerantes. Modernamente se obtiene como producto secundario de la industria de las sales potásicas. Tiene también propiedades aislantes.

MAGNESIA CALCINADA.- Polvo blanco voluminoso (p.e. 3-3.2), de reacción menos alcalina que la cal y como ésta casi insoluble en el agua. Mezclada con agua forma una pasta que se endurece al cabo de doce horas, adquiriendo la dureza del cemento Portland. Se usa para comunicar a la magnesia de quemado muerto propiedades aglomerantes y para la obtención del Oxidocloruro de Magnesio.

MATERIALES DE OXICLORURO.- Productos obtenidos a partir del cemento de Oxidocloruro de Magnesio o Cemento Sorel, resultante de la reacción entre la Magnesia calcinada y el Cloruro de magnesio en solución saturada (20-22° Bé), con la adición en ocasiones de Sulfato de Magnesio, que forma oxisulfato. El cemento obtenido tiene la propiedad de aceptar gran cantidad de materiales de relleno, tales como arena, aserrín, harina de madera, polvo de corcho, asbesto, etc., conservando sus propiedades cementantes y dando productos de gran dureza, resistentes al agua y a la abrasión y susceptibles de adquirir bello pulimento. Mezclado con silicato de sodio da cementos a prueba de ácidos. (Se emplea para estuco y trabajos interiores, para obtención de piedras de esmeril, para proteger los pisos de concreto contra la abrasión, para pisos de hospitales y edificios públicos) etc. Pueden usarse por aplicación directa o en forma de placas vaciadas o prensadas, de las cuales hay gran variedad en el comercio con nombres diversos, siendo las principales las Xilitas, hechas con harina de madera, fáciles de labrar y pulir, dando aspecto de mármol. Casi todas son refractarias, aislantes al calor y al sonido, y resistentes a la humedad y al desgaste.

CEMENTOS HIDRAULICOS.

GENERALIDADES.- (Comprenden una serie de productos de composición algo variable y constitución compleja no muy bien conocida, que tienen la facultad de solidificarse y endurecerse bajo el agua (Fraguado), propiedad que se conoce como "Hidraulicidad", por la que algunos tienen gran importancia en construcciones hidráulicas. (En general se usan en construcciones comunes, por su gran resistencia a la intemperie y mecánica. Los más importantes son: Cementos Portland, Portland de escorias y Cemento de Escorias, de menor importancia son los Naturales, los de Alúmina y los Puzolánicos. Todos éstos tipos tienen dos variedades, la Normal y otra con Aire atrapado. De importancia secundaria son las Cales Hidráulicas y el Cemento Lafarge.)

COMPOSICION Y CONSTITUCION.- Aunque la composición es muy variable, todos constan de 3 óxidos principales a saber: Oxido de Calcio (CaO) ó Cal, Oxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) ó Sílice y Oxido de Aluminio ó de Alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Además pueden contener: óxido de fierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxido de magnesio y algunos sulfato de calcio. En los análisis de composición el fierro se incluye como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, junto con la Alúmina en un término llamado R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, la magnesia junto con la cal, y el sulfato como SO<sub>3</sub>. Estos óxidos componentes se agrupan formando compuestos diversos que se supone sean principalmente: Silicatos Dicálcico (2 CaO. SiO<sub>2</sub>) y Tricálcico (3 CaO. SiO<sub>2</sub>) y Aluminato tricálcico (3 CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), además el fierro puede existir en forma de ferrito-aluminato tetracálcico en ciertos cementos (4 CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), algunos tienen cal libre o sulfoaluminatos. (En el cuadro adjunto puede verse la composición aproximada de los diferentes tipos.

T I P O S D E C E M E N T O .

Componentes.	Cal Hidráulica.	Natural.	De Escoria.	Portland.	Portland de Escoria.	De Alúmina.
CaO+MgO %	75-85	46-48	45-55	64-70	61-66	36-47
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2-8	9-16	9-18	8-13	9-15	39-53
SiO <sub>2</sub> %	11-16	23-29	30-40	19-22	22-27	7-17

MANUFACTURA.- Se fabrican por quemado de mezclas adecuadas de materiales calcáreos, arcillosos, arcillo-calcáreos o bien mezclando cal viva con cenizas volcánicas ó escoria. La cocción puede desarrollarse en hornos de cuba o rotatorios y puede ser: hasta calcinación (Natural), hasta reblandecimiento o un principio de fusión (Portland) o hasta fusión completa (De Alúmina). También pueden emplearse mezclas de componentes previamente fabricados, por ej: el Cemento Portland Escoria emplea un componente reblandecido (Portland) y otro fundido (Escoria). Durante la cocción se pierde el agua de hidrata-

ción o de cristalización, junto con el agua de absorción residual, los carbonatos se disocian a una temperatura de 800°C. ( $MgCO_3$ ) ó 900°C. ( $CaCO_3$ ), desprendiendo anhídrido carbónico y dando los óxidos correspondientes ( $CaO$  y  $MgO$ ). A 1,000°C la arcilla se descompone formando aluminatos, ferritos de aluminio hidratados y con algo de silicatos dicálcicos y tricálcicos. Cuando la temperatura se prolonga a 1,200°C-1,300°C, se forma el silicato tricálcico, empezando a los 1,260°C. Los componentes son previamente molidos en molinos de bolas, con o sin trituración previa en quebradoras de quijada o de cono. El producto obtenido de la cocción ó Clinker se somete a un proceso de aereación y después a un molido final, con o sin la adición de otros componentes (Sulfato de Calcio), finalmente se enfría y se envasa. Cuando se trata de mezclas, la manufactura consiste simplemente en el molido de las materias primas a la fineza requerida y el mezclado en las proporciones adecuadas. Las variedades con aire atrapado se fabrican mezclándole al cemento -- agentes apropiados que permitan la introducción de aire (durante el mezclado) en el concreto preparado. La cantidad de aire introducido no debe ser menor de 15%, ni mayor de 21%. La A. S. T. M. permite el empleo de los siguientes productos: Resina Vinsol, Darex AEA, N-Tair y Airalón. La primera consiste de la fracción de alquitrán de pino insoluble en petróleo, se neutraliza con Sosa cáustica para convertirlo en resinato de sodio, antes de la adición. El N-Tair es también un resinato de sodio de la Brea obtenida de trozos de madera de pino tratados con Nafta. El Darex AEA, es una sal trietanolamina de un Hidrocarburo Sulfonado. El Airalón es una mezcla de ácidos grasos y aromáticos, derivados del proceso de manufactura del papel y neutralizados para hacer jabones solubles en agua.

PROPIEDADES.- Dependen de la proporción relativa en que se encuentran los tres constituyentes principales. (cuadro No. 4). La propiedad más importante es el Fraguado o endurecimiento debido a la hidratación paulatina de los componentes anhidros, desprendiendo cierta cantidad de calor. El tiempo de fraguado varía según la composición, el grado de calcinación, la fineza, la cantidad de agua y la temperatura. La velocidad de fraguado puede controlarse en un cemento dado, por la adición de sustancias retardadoras o aceleradoras. En la práctica se consideran dos pasos: El Fraguado inicial y el Fraguado final, determinados por la resistencia a la penetración de una aguja en los aparatos de Vicat y de Gilmore. Después del fraguado final continúa el endurecimiento, aumentando poco a poco la resistencia y presentando máximos a las 24 horas (Aluminatos cálcicos), a los 7 días (Silicatos tricálcicos) y a los 28 días. El Silicato dicálcico se hidroliza muy lentamente y solo tiene influencia en la resistencia y dureza del cemento después de los 30 días, hasta un año. Cada tipo de cemento requiere una cierta proporción de agua para producir una pasta de Consistencia Normal, es decir, que se pueda manejar sin agrietarse. El calor desprendido en el fraguado es de gran importancia, porque controla la expansión de los morteros y concretos. La resistencia a la tensión se determina preparando unas briquetas en forma de 8, con una mezcla de una parte de cemento y 3 de arena sílice de cierta granulación y la cantidad de agua necesaria. Para la resistencia a la compresión se preparan cubos de 2" con 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena. La resistencia a la compresión aumenta con el tiempo, debiendo probarse a las 24 hrs., a los 7 días y a los 28 días. La fi-

... (Montrey) ...  
 ... 141 ...  
 ... se expresa comúnmente por el % de cemento que pasa por malla 200, puede expresarse también en función de la superficie específica en  $cm^2/gr.$  de cemento. La resistencia a la compresión aumenta con el grado de fineza, de tal modo que cementos de baja resistencia, como los de escoria natural, etc., deberán molerse a una mayor fineza. La gravedad específica es de gran importancia para el diseño y control de las mezclas de concreto. Otra propiedad de importancia es la llamada resistencia al sulfato, usada sobre todo para el cemento Portland, que consiste en medir la expansión de barras de mortero conteniendo 7% de  $SO_3$  por peso, de una parte de cemento y 2.75 partes de arena, en un término de 13 días, tiene importancia en el comportamiento del material a la intemperie.

TIPOS DE CEMENTOS HIDRAULICOS.

A.- CAL HIDRAULICA.- Se obtiene por la calcinación de calizas arcillosas que contienen suficiente sílice para dar al producto la capacidad de endurecerse bajo el agua, es decir, que formen en parte los constituyentes de los cementos. Al mismo tiempo debe de tener suficiente cal libre para que frague por la adición de agua. Tiene un bajo contenido de alúmina y un fraguado lento, el inicial en más de 2 hrs. y el final en casi 48 hrs. Su resistencia es de 12 Kgs/cm<sup>2</sup> en 7 días y más de 24 Kgs/cm<sup>2</sup> en 28 días. Fineza de 90% mínimo en malla 200. (Se usa algunas veces en arquitectura para una segunda capa de estuco y para morteros y concretos, sobre todo en Francia y Sur de Europa. Se asemeja en propiedades al cemento natural.

B.- CEMENTO LAFARGE.- Cemento obtenido por la pulverización fina de las partículas gruesas que quedan como residuo en la hidratación de la cal, residuo formado por 58 á 60% de cal, 26 á 30% de Sílice, 2.6 á 4.5% de Alúmina y otras impurezas. Su densidad es de 2.6 (más bajo que cualquier cemento), fraguado inicial de 4 horas y final de 10 horas, es decir, que fragua lentamente, fineza 95 á 99.4% en malla 100. Su mortero 1:2 presenta un 60% de la resistencia del de cemento Portland. (Se emplea para trabajos de Estuco y en colocación de mármoles y otras piedras ornamentales que podrían ser manchadas por el cemento Portland ordinario.

C.- CEMENTO NATURAL.- Se obtiene por calcinación y pulverización fina de calizas arcillosas naturales conteniendo de 13 á 35% de arcilla y de composición sumamente variable, pudiendo dar un cemento con 1 á 20% de  $MgO$ , 2 á 20% de alúmina y 1 á 19% de óxido de fierro. Se consideran dos tipos, el normal o tipo N y el de aire atrapado ó tipo NA. La cocción se efectúa a 1,300°C, generalmente en hornos verticales de alimentación mezclada, semejantes a los de cal; pero pueden hacerse en hornos rotatorios. El clinker obtenido debe ser finamente molido, para que un 85% pase en malla 200, con un mínimo de superficie específica de 5,500  $cm^2/gr.$  Presentan gran variación en propiedades por la gran variedad de materias primas que pueden ser usadas. En general su color es amarillo o café, su densidad 2.8 á 3, su resistencia a la tensión es solo la mitad de la del Portland y la de compresión 1/3 (34 Kgs/cm<sup>2</sup> en 7 días y 68 en 28 días), fragua más rápidamente que aquel y desprende menor cantidad de calor. El tiempo de fraguado no debe ser menor de 30 m y no mayor de 6 hrs. El tipo NA tiene propiedades semejantes, se le agrega 2% de cloruro de cal-