

perficie. Con esta operación se vuelven más densos y fuertes y más resistentes a la intemperización.

3.- Proceso seco.- La arcilla pulverizada con sólo 6 á 7 % de humedad se pasa a unas tolvas, de donde es alimentada a unos moldes de acero por medio de unos cargadores, se aplica una presión de 40 á 100 Kgs./cm<sup>2</sup>. y se levanta el fondo de los moldes para expulsar las piezas. Se emplea para piezas especiales, azulejos, etc. - Produce piezas más densas y resistentes, dando mejor acabado, ya que se marcan muy bien los contornos. Permite el uso de materiales no-plásticos.

d.- SECADO.- Después del moldeo los productos obtenidos son secados al aire o en secadores artificiales. En algunas fábricas, los secadores abiertos al aire, están provistos de techos bajos que pueden estar abiertos con tiempo apropiado o cerrados para calentar con vapor en tiempo malo. En los secadores artificiales el material es secado a temperatura de 120°C por medio de vapor de deshecho, gases de combustión de los hornos, de un hogar al final del secador ó por aire caliente, tardando la operación de uno á 3 días según el material, la temperatura y la clase de secador. Pueden ser de tipo intermitente y de túnel ó continuos, éstos últimos están unidos a los hornos de túnel, por lo que son más económicos.

e.- QUEMADO.- Abajo de 700°C se elimina el agua que queda retenida en los poros de 700°C a 900°C se produce la oxidación de la materia orgánica, azufre, etc. y finalmente se produce la vitrificación incipiente a temperaturas que varían de 900°C á 1,200°C --- (Ladrillos y Tejas) o aún más, según el tipo de arcilla y el acabado final que se quiera, solamente en algunos casos se eleva la temperatura hasta vitrificación viscosa. La operación se desarrolla en Hornos que varían de acuerdo con el material y otros factores. Regulándose la velocidad de calentamiento de acuerdo con la clase de material fabricado y la materia prima utilizada. No debe ser muy rápido, porque el material puede agrietarse, ni demasiado lento, porque entonces se puede formar una escoria en la superficie, sobre todo si la arcilla contiene álcalis ó en caso de usarse combustible con mucho azufre. El proceso de cocción se chequea por medio de termocoples para indicar la temperatura o vigilando el comportamiento de una serie de conos de arcilla colocados entre el material. Estos conos o pirámides, llamados de "Sege", funden a diferentes temperaturas, indicando lo que sucede dentro del horno y de una manera aproximada la temperatura.

f.- ENFRIAMIENTO.- Terminada la cocción, el material se somete a un proceso de enfriamiento antes de sacarlo del horno, porque un descenso demasiado brusco en la temperatura lo rompería o agrietaría. En los hornos continuos se expone al paso del aire que se va a usar en la combustión, enfriándose mientras éste se precalienta. Algunos ladrillos para pavimento requieren varios días de enfriamiento.

g.- VIDRIADO.- Muchos productos de arcilla se someten a un vidriado con el objeto de mejorar su apariencia, al mismo tiempo que se aumenta su impermeabilidad. Para esto se añaden óxidos de plomo, compuestos de vidrio o sal común (método muy antiguo) antes de quemarlos o al final del quemado. Los productos se depositan sobre la superficie, formando una película vítrea indestructible é impermeable que no se rompe ni agrieta con los cambios de temperatura, por

tener la misma contracción y expansión del producto. Esta película es mucho más delgada que la del esmaltado (Productos de doble cocción), más elástica y por lo tanto menos frágil.

#### TIPOS DE HORNOS EMPLEADOS EN LA COCCION.

GENERALIDADES.- Existe gran variedad de tipos, en general en todos ellos el calor es suministrado por gases calientes procedentes de un hogar separado o de un hogar interior, para combustibles sólidos o por medio de quemadores instalados en las paredes del horno. Pueden ser de dos tipos: Intermitentes y Continuos.

A.- HORNOS INTERMITENTES.- Son hornos de una sola cámara, en ellos la operación se desarrolla como su nombre lo indica de una manera intermitente, es decir, que se trabaja una sola carga hasta su terminación y se descargan para volverlos a cargar nuevamente, se dividen en hornos de tiro hacia abajo y de tiro hacia arriba, en los primeros los gases calientes circulan de abajo á arriba, son generalmente rectangulares, tienen la desventaja de que los productos inferiores pueden deformarse, por su mayor calentamiento y por el peso de las piezas que están arriba de ellos; comprenden los hornos provisionales ú hormigueros, usados para ladrillos ó tabiques que son acomodados de tal modo que ellos mismos forman el horno, cubriéndose el conjunto generalmente con tierra; en estos hornos solo los ladrillos intermedios quedan bien cocidos, ya que los inferiores quedan sobre quemados (ladrillos de arco) y los superiores crudos (ladrillos salmón). Los tipos hechos de paredes permanentes presentan menor pérdida de calor y mayor porcentaje de ladrillo de primera.

En los hornos de tiro hacia bajo los gases calientes circulan de arriba á abajo, siendo conducidos a una chimenea que puede servir para varios hornos; tienen una distribución y regulación del calor más uniforme y una menor pérdida de producto, debido a que el material que más se calienta y por lo tanto que se vuelve más suave, se halla en la parte superior. Pueden ser rectangulares ó circulares, éstos últimos son los más usados (Fig. 33). Son hornos de gran capacidad, con quemadores distribuidos alrededor y dirigidos hacia la bóveda esférica, de donde penetran a través de los ladrillos, a ranuras situadas en el piso que los conducen a la chimenea. Generalmente requieren de 6 á 9 días para cargarse, y otro tanto para descargarse.

B.- HORNOS CONTINUOS.- Son aquellos que producen material constantemente, por estar formados de varias cámaras que constituyen un conjunto cerrado, generalmente de forma oval ó abierto en forma de túnel. Todos los hornos continuos requieren un fuerte tiro, ya sea con una chimenea grande o mejor con tiro inducido, que es más constante y uniforme y dá mejor aprovechamiento del calor.

a.- Horno anular de Hoffman.- (Fig. 35). Cada cámara está provista de un quemador, de una puerta hacia el exterior que se cierra con ladrillos y se destruye en la descarga, de un conducto que conduce los gases a una chimenea por un conducto central y de dos comunicaciones: con la cámara anterior y con la siguiente. Las cámaras son cargadas, quemadas y descargadas de tal modo, que mientras unas están cargándose, las siguientes están sucesivamente en: precalentamiento, cocción, enfriamiento y descarga, volviendo a re

petirse el ciclo hasta completar el total de cámaras en operación o bien de dos en dos o de tres en tres, pudiendo hacerse varias -- combinaciones. Comúnmente los ladrillos se precalientan con los gases de deshecho y se enfrían con el aire que va a servir para la combustión, ahorrándose de este modo de 60 a 70% de combustible. No se ha extendido mucho su uso en América, por tener el defecto de escorificar los ladrillos, debido a los gases sulfurosos del combustible que se condensan sobre la superficie fría del ladrillo, para evitarlo debe de calentarse la cámara por algún medio.

b.- Hornos de Túnel.- Hornos Rectangulares, generalmente provistos de un ensanchamiento en la parte media o Zona de cocción, la parte anterior actúa como Precalentador y la posterior como Enfriador. El material se introduce en una serie de carros que se mueven lentamente a lo largo del horno hasta alcanzar la parte media en donde se someten a cocción, continuando luego por un tramo suficiente para enfriarse, hasta salir finalmente al otro extremo del túnel. El control de temperatura es excelente y el producto resulta uniformemente quemado. (Fig. 34). Esta clase de hornos son muy apropiados para materiales refractarios y productos de doble cocción, para estos últimos se usan hornos provistos de Mufla en la zona de cocción, para evitar contaminación con los gases.

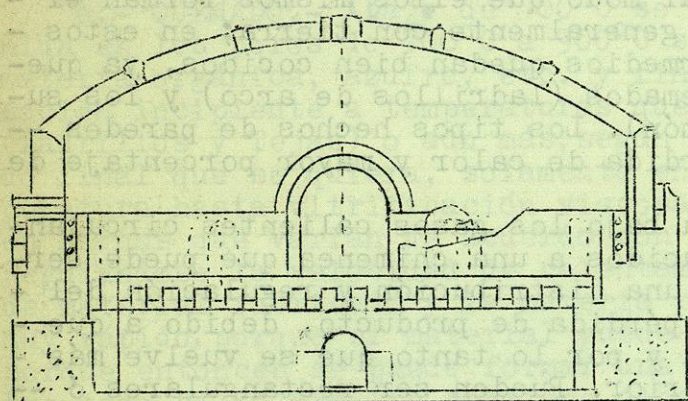


Fig. 33. Horno Circular

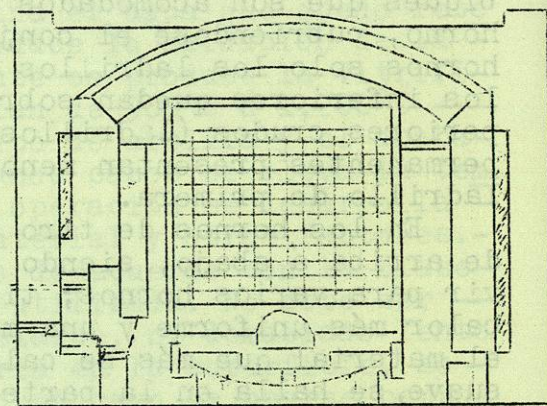


Fig. 34. Horno de Túnel

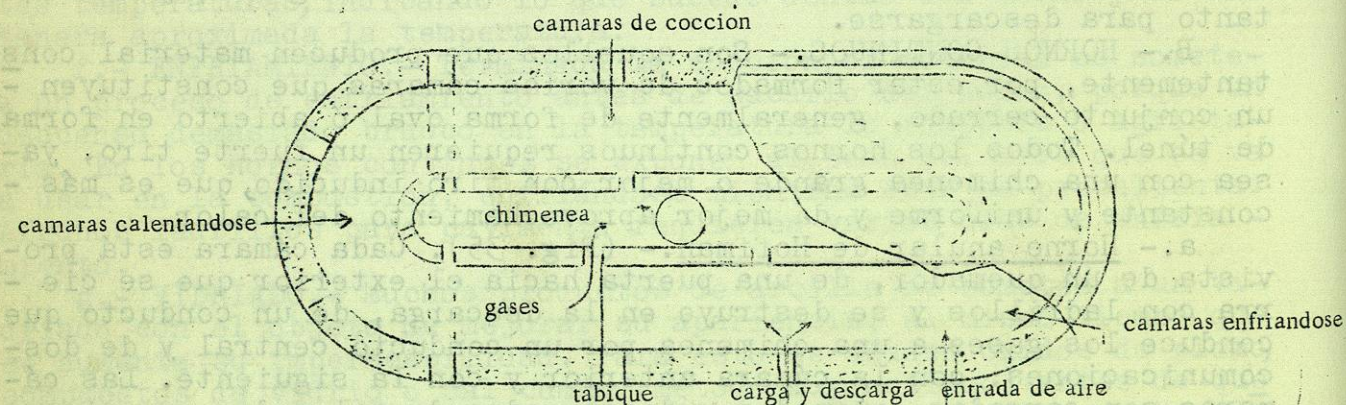


Fig. 35. Horno Anular de Hoffman

PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS DE ARCILLA.

COLOR DEL MATERIAL COCIDO.- Durante la cocción, los compuestos de arcilla sufren transformaciones que pueden algunas veces cambiar totalmente su color. Este cambio depende de la relación entre los óxidos de hierro y la alúmina y cal. Las arcillas de color rojizo o blanco lo conservan, también se obtienen éstos colores al quemar arcillas amarillas, grises, negras o verdosas. Las que tienen exceso de alúmina y cal (Rel: 15:1) tienden a dar productos blancos. Las arcillas calcáreas, frecuentemente de un color moreno, amarillo o gris (relación 10:1 ó menos) dan al principio color rojizo, que se vuelve crema o amarillo a medida que se acerca a la vitrificación y finalmente color verdoso al acercarse al estado viscoso. Las amarillas, pardas o rojas que contienen compuestos de fierro y muy poca caliza, dan productos de color rojo. El color varía también con la temperatura de quemado y con la atmósfera del horno. El quemado a bajas temperaturas no alcanza a producir el color normal, dando productos de color débil, mientras que las altas temperaturas producen color obscuro (sobrequemado).

DURABILIDAD.- Aunque no es una verdadera propiedad, la durabilidad es una de las características de mayor interés para el Ingeniero, depende de la porosidad de la absorción y naturalmente de la composición química y del grado de quemado, que tienen influencia en ellas. Los productos vitrificados tienen la menor absorción y por lo tanto mayor durabilidad, mientras que los materiales de bajo quemado, que son más porosos, tienen la más alta absorción y por lo tanto menor durabilidad. Son atacados por los mismos agentes que las rocas, aunque son menos atacados por el fuego y presentan mayor durabilidad que éstas. El grado de quemado puede apreciarse por el color. El agua absorbida por un material puede congelarse sufriendo una expansión que puede causar roturas o desintegración sea de una sola vez o por su acción combinada con la descongelación. También es perjudicial la porosidad en ciertos usos en que pueden absorberse sustancias químicas, por ejemplo en los tubos para drenaje.

Para ciertos usos, otro factor que regula la durabilidad es la resistencia al desgaste o abrasión, por ejemplo en ladrillos para pavimentos y algunos refractarios.

La absorción varía mucho para los distintos materiales, pero en general el % de agua absorbida por inmersión en agua durante 48 horas ó hirviendo con agua por 5 horas es de : 0.6 a 2% para los ladrillos prensados o para fachadas, de 1 a 3% en ladrillos para pavimentos, y para materiales comunes sin vidrear y productos de terracota varía de 10 a 15%. La durabilidad disminuye por la presencia de ciertos defectos (Laminaciones, rajaduras, etc.).

RESISTENCIA MECANICA.- Depende principalmente de la composición química, del grado de quemado y desde luego de la porosidad. Según muchos autores, la principal indicación de la calidad del ladrillo la da la resistencia a la flexión, la cual incluye el comportamiento del material bajo tensión y compresión por medio del módulo de ruptura. La resistencia de una pared de ladrillo es solo una fracción de la que tiene el material en sí, debido al efecto de debilitamiento del mortero, por esta razón, la resistencia a la

compresión sólo sirve como base de comparación entre los diversos productos, varía según se tomen los ladrillos de canto o de llano, pero en general es alrededor de 280 Kgs./cm<sup>2</sup>. para el ladrillo de construcción y bloques de terracota, de 560 para el ladrillo prensado, de 700 para el ladrillo de pavimento y de 200 para la terracota arquitectónica.

El módulo de ruptura de los ladrillos comunes y de los bloques de terracota varía de 35 á 70 Kgs./cm<sup>2</sup> y de 40 á 80 Kgs./cm<sup>2</sup> para los ladrillos de pavimentos.

La dureza de los productos de arcilla aumenta con el grado de quemado y depende también del material usado. En general, a vitrificación incipiente, no deben ser rayados por la navaja, mostrando dureza de 6 á 7.

**DEFECTOS.**- Los productos de arcilla pueden presentar varios defectos tales como, eflorescencias, reventadas, distorsión de forma etc., que disminuyen su resistencia y su importancia comercial por su mala apariencia. Estos defectos pueden ser debidos a la composición química inapropiada de la arcilla, por la presencia de ciertas impurezas perjudiciales, al mezclado o moldeo mal efectuado, o bien al secado y quemado impropio. La presencia de trozos de cal mayores de 3 mm. que no fueron hidratados durante la fabricación, producen ampollas. El aire aprisionado en forma de burbujas cerca de la superficie, se expande durante el calentamiento, produciendo también ampollas. Algunas veces, por el mezclado incompleto o el moldeo inapropiado, quedan bolsas de aire en el interior de las piezas. También pueden producirse laminaciones, que son deslizamientos entre las secciones delgadas y las gruesas, por diferencias en la velocidad de extrusión entre unas y otras, se manifiestan también como reventadas en los bloques huecos de construcción (barro blocks), crean en las piezas planos de debilitamiento, indeseables en muchos tipos de construcción, sobre todo en regiones frías, ya que bajan la resistencia a la congelación.

Las rajaduras o reventadas se deben a secado inapropiado o enfriamiento demasiado brusco, además de ser perjudiciales para la resistencia, permiten la penetración de las fuerzas de desintegración, disminuyendo la durabilidad, así por ejemplo, las reventadas no deben tolerarse en la superficie interior de los tubos y en la exterior no deben de ser mayores de 1/8" del diámetro del tubo.

Cuando el material está apropiadamente quemado y sin rajaduras debe emitir un sonido metálico cuando se le golpea.

El quemado mal efectuado puede producir materiales sobrequemados o de arco, de gran dureza, pero generalmente deformados, por lo que resultan inapropiados para partes visibles, o bien los materiales crudos o poco cocidos resultan suaves y poco resistentes.

A menudo aparece en los productos almacenados o en las paredes de ladrillo, una capa blancuzca llamada Eflorescencia, que consiste principalmente de sulfatos de magnesio, sodio o potasio y a veces de calcio, hierro y aluminio, que afloran a la superficie con la humedad y se cristalizan al secarse, produciendo un efecto desintegrador sobre el material, además, muchas de estas sales son higroscópicas, absorbiendo humedad de la atmósfera y humedeciendo las paredes y el producto. Estas sales pueden provenir de la materia pri-

ma, del agua empleada para el amasado o de la oxidación de ciertos compuestos durante la cocción. Para evitar este defecto deberán usarse materias primas y aguas libres de estas impurezas, lavar las arcillas o agregar soluciones de Sales de Bario para hacerlas insolubles, o una vez producidas, secar bien la pared, remover la costra y aplicar cubiertas protectoras a prueba de agua.

#### TIPOS DE PRODUCTOS DE ARCILLA.

(CLASIFICACION.- Pueden clasificarse atendiendo a diferentes bases: Según su forma y aplicación pueden ser: A.- Ladrillos, B.- Terracotas, C.- Bloques huecos ó Barroblocks, D.- Tubos, E.- Tejas y además formas especiales).

Según el método de moldeo pueden ser: De pasta suave, De pasta rígida, Prensados en seco y Reprensados.

Según la materia prima empleada, pueden ser: De arcilla refractaria o de Caolín, como los ladrillos refractarios (Cap. XI), las terracotas, las porcelanas y los azulejos. De arcillas pizarrosas, como los ladrillos de pavimento y algunos bloques huecos y De arcilla común o superficial, tales como ladrillos, tejas, barroblocks, etc.

Según el grado de quemado pueden ser: Sobrequemados o de arco, de gran dureza, generalmente combados, inapropiados para ser usados en partes visibles, sirven para cimientos y rellenos. De quemado suave, poco resistentes por no haber sido suficientemente quemados, los ladrillos de arcilla de este tipo se conocen como Ladrillos Salmón y pueden usarse para relleno. De quemado rojo o bién quemados, materiales normales de color rojizo o rojo encendido, apropiados para ladrillos, barroblocks y ciertos tipos de tejas y losetas. Vitrificados, materiales que han sido cocidos mezclando a la arcilla óxidos de fierro, Magnesio, Calcio, etc., para darles Fusión vítrea a la temperatura de quemado, dando una superficie dura é impermeable, son apropiados para tubos de drenaje y ladrillos para pavimentos.

Se describirán los tipos de acuerdo con la primera clasificación, que se considera la de mayor importancia, ya que puede incluir las otras denominaciones.

A.- **LADRILLOS.**- Bloques de arcilla común superficial (Rojos) o de arcilla pizarrosa (Amarillos), obtenidos por el proceso de pasta rígida a temperaturas de 900°C a 1,200°C., pueden ser:

a.- Ladrillo ordinario.- Es de forma Paralelepípedica, fabricado sin ningún intento de regular el color, la textura o la forma, a menudo con manchas o partes brillantes, debido a un exceso de calentamiento. Aunque sus dimensiones varían en los diferentes países, en nuestro país se han adoptado las dimensiones de 20 X 9½ X 6 cms, con un peso de 1.8 Kgs. densidad de 1.440 á 1.600. Comprende dos variedades principales: El Ladrillo rojo, cocido a alta temperatura, compacto, de superficie semilisa y gran resistencia y el Ladrillo amarillo, de resistencia menor, de color amarillento, mucho más poroso que el anterior. Es frecuente también que se les clasifique por grados, cada uno con determinadas características, según la A.S.T.M. en grados A, B y C, con resistencia a la compre-