

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

684-22 ARIDOS LIGEROS Y HORMIGONES AIREADOS

J. M. Tobio.

S i n o p s i s

Extractamos en las páginas que siguen algunas notas recientes sobre la fabricación de áridos ligeros para hormigón, a base de pizarras y escorias esponjadas, vermiculita, etc. También se indican, creemos que por vez primera en idioma español, algunas particularidades relativas a la fabricación del material ligero de origen sueco conocido por "Ytong".

Las pizarras, esquistos y escorias de alto horno constituyen, como es sabido, un buen material de partida para la fabricación de áridos ligeros para hormigón. El proceso de manufactura es, en todos los casos, similar. Consiste en el calentamiento de trozos del material a expandir para que, el desprendimiento de gases, provoque el esponjamiento de la masa y con ello la disminución de su peso específico aparente.

Expansión de pizarras.

Cuando se trata de montar una instalación destinada a la expansión de pizarras, hay que tener en cuenta diversos factores de orden práctico. Entre ellos son de considerar: proximidad de la fábrica a la cantera de crudo; localización estratégica de la planta en las cercanías de los mercados consumidores pues, como es notorio, estos materiales son de precio bajo y los gastos de transporte pueden llegar a tener una importancia considerable;

facilidades de transporte (a poder ser ferrocarril o vía marítima); disponibilidad de combustible a bajo costo.

Los factores técnicos incluyen: Aptitud de la pizarra - para expansionarse térmicamente con facilidad; resistencias mecánicas adecuadas del árido ligero obtenido; elección cuidadosa de la instalación; montaje de los instrumentos necesarios en bien de la uniformidad del producto fabricado; riguroso control de laboratorio.

La expansión de pizarras por medio del calor es muy sencilla. Una vez bien lezalizado el criadero de pizarras separadas las capas de ganga que pueden existir, el crudo se extrae de la cantera por los medios más adecuados a la calidad y disposición del yacimiento. Una primera selección, por medio de cribas del crudo extraído de la mina, separa los trozos de tamaño superior a 10 cm. de los más pequeños. Aquellos pasan al triturador primario. Los "finos" y el crudo procedente del triturador primario van a una instalación de trituración en la que se reducen a trozos de tamaño no superior a 7,5 cm. preferiblemente 5,0 cm. Este material se guarda en silos cuya capacidad no debe ser inferior a la necesaria para una jornada de 24 horas.

Para la expansión pueden elegirse diversos sistemas de hornos. Recientemente se ha comprobado que el de mejor rendimiento es el horno rotativo de unas dimensiones aproximadas á 2,5 x 37 m. aunque es factible, si bien menos económico, trabajar con unidades más pequeñas. La inclinación de estos hornos debe ser de un 4% aproximadamente y su velocidad de giro de 1 á 1,5 r. p. m. Habrá de procurarse que la zona de precalentamiento de la pizarra ocupe la mayor longitud del horno y que la expansión propiamente dicha comience a unos tres ó cuatro metros del extremo de salida del mismo.

A la salida de los hornos se disponen sendos enfriadores, también rotativos, que pueden consistir en unidades de 1,5 x 15 - metros, girando a razón de 3 r.p.m. Este tipo de enfriador se adapta especialmente al modelo de horno antes citado. Un tercio, aproximadamente de la longitud del enfriador debe ir revestido con ladrillos refractarios. También es conveniente disponer en el interior del mismo unas barras o chapas que tienden a incrementar el recorrido del aire de enfriamiento y con ello descender la temperatura del material de salida. Esta debe ser de aproximadamente 52°C. La zona caliente o zona de expansión del horno se mantiene a 1.038 - 1.120°C. La temperatura del material a la salida del horno es de algo menos de 1.038°C y la de los gases de 483°C. Estos últimos pasan después a los ciclones colectores de polvos y a los enfriadores (a base de agua pulverizada) antes de ser expelidos a la atmósfera.

Respecto al sistema de alimentación de los hornos destinados a la expansión de pizarras, no pueden darse normas generales. Es posible utilizar los medios comunes en la alimentación de los hornos cementeros si bien el empleo de mecheros de aceite o gas natural o de gasogeno supone una notable mejora, tal como se ha comprobado en diversas instalaciones norteamericanas del tipo más reciente.

El extremo del mismo enfriador, que posee orificios de unos 5 cm. hace de criba clasificadora. Así se separan a la salida del mismo dos fracciones de pizarra expansionada, una de trozos inferiores a 5 cm. y otra de tamaño superior. Esta última pasa a unos trituradores de rodillos. A la salida de éstos, ambas fracciones se unen y van a los silos. A la salida de los mismos se disponen unas cintas transportadoras que llevan el material a los tri-

turadores giratorios de los que sale en trozos de tamaño medio - aproximado a 9-10 mm.

Aunque la granulometría del árido ligero dependerá de las exigencias del mercado, puede indicarse como árido tipo, de aplicación general, aquel que, poseyendo un peso específico aparente de 881 Kg/m^3 . responda más o menos a la siguiente granulometría:

Granulometría

% que pasa por tamiz de 3/8	100,0
% que pasa por tamiz nº 4	77,0
% que pasa por tamiz nº 8	53,3
% que pasa por tamiz nº 16.	34,3
% que pasa por tamiz nº 30.	19,7
% que pasa por tamiz nº 50.	10,4
% que pasa por tamiz nº 100	5,0

No es posible indicar que aparatos de control habrán de ser instalados en unos hornos destinados a la expansión de pizzas. El tipo de éstos, disponibilidades económicas y otras circunstancias condicionan el número y clase de aparatos a utilizar. Son, no obstante, casi imprescindibles, registros (a poder ser gráficos) de temperaturas en los extremos de entrada y salida del horno, así como en la zona de expansión; temperatura de entrada de los gases a los colectores de polvos y algún medio de controlar semiautomáticamente la alimentación de crudo. Los servomecanismos sincronizadores de la alimentación del horno (combustible) y otros aparatos de control que pueden instalarse en el circuito de alimentación de crudo, transportadores elevadores y silos, deben ser considerados ya como refinamientos.

Un horno como el indicado en esta nota, de 2,5 x 37 metros, puede alcanzar una producción diaria de 230 m³.

Aridos ligeros a partir de escorias.

La expansión de escorias de alto horno con vistas a la fabricación de áridos ligeros para hormigón es tanto o más sencilla que la expansión de pizarras. Como la escoria no contiene gases ocluidos, tal como ocurre en pizarras o esquistos, o líquidos que pueden convertirse en vapor por la acción del calor, la expansión de la escoria habrá de realizarse por intermedio del vapor de agua.

Existen numerosos sistemas para realizar la expansión de las escorias de alto horno, desde las simples fosas hasta la moderna batidora de tipo Brosius. Las batidoras Brosius constituyen uno de los tipos más recientes de expansionador de escorias. Consisten en un simple recipiente de fundición de 2,5 m. de diámetro por 1,8 a 2,0 m. de altura, provisto de unas paletas agitadoras. La batidora o granuladora se coloca lo más cerca posible de la fuente de escoria fundida, que puede ser un alto horno, y recibe ésta juntamente con unos chorros de agua que inciden sobre la misma. Se necesita media tonelada de agua, aproximadamente, por tonelada de escoria. Por supuesto que el agua, al entrar en contacto con la escoria fundida se convierte inmediatamente en vapor a 100° que enfría a ésta hasta menos de 1.093°C.

La expansión tiene lugar con una serie de pequeñas explosiones, formándose numerosas burbujas en el interior de la masa plástica de la escoria. El peso específico de la escoria fundida es de 2,65 mientras que la densidad aparente del producto expandido oscila entre 1,0 y 1,4. La velocidad de rotación del agitador contenido en el Brosius es de unas 200 r.p.m.

A la salida del granulador, la escoria cae sobre una cinta transportadora (resistente al calor) de unos 27 m. de largo, sobre la cual la escoria se enfría y temple. Esta etapa de enfriamiento lento parece que es imprescindible para las buenas propiedades mecánicas del árido. Al final de este transportador hay una machadora de mandíbulas que vierte sobre otro transportador análogo al primero. Cuando la escoria sale del Brosius se encuentra a una temperatura de 648°C y al abandonar la última cinta transportadora-enfriadora, se halla a solamente 204°C. El material frío pasa a los silos que alimentan a la instalación de trituración de la cual no es preciso hablar (ver párrafo referente a pizarras expansionadas).

Dada la alta temperatura reinante en el interior de las batidoras, las paletas agitadoras de las mismas deben cambiarse cada semana o diez días de trabajo aproximadamente. Un granulador Brosius de las dimensiones indicadas anteriormente puede alcanzar una producción horaria de 58 m³.

Materiales ligeros a base de vermiculita

La vermiculita, juntamente con la piedra pómez (véase: - PERFECCIONAMIENTOS EUROPEOS EN LA FABRICACION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION, en este mismo número de Ultimos Avances), constituye uno de los áridos más adecuados para la fabricación de materiales ligeros de construcción. En fecha reciente se ha celebrado en Tucson - (Estados Unidos) la Reunión Anual del Instituto de la Vermiculita de Chicago, en la que han participado representantes norteamericanos, canadienses y hawaianos.

La vermiculita, quizá el árido más ligero de todos, se presta a ser aglomerado con cemento y yeso dando lugar a la fabri-

cación de bloques, paneles y demás unidades prefabricadas. Recientemente se ha puesto a la venta en California un tipo de paneles formados por un alma de hormigón de vermiculita entre dos capas muy finas de mortero de portland. Con este artificio se obvia uno de los inconvenientes más notables de los hormigones de vermiculita cual es su escasa resistencia mecánica. El espesor del núcleo de hormigón de vermiculita viene condicionado por la capacidad de aislamiento térmico que se quiere proporcionar a los paneles. Con elementos de este tipo se han llegado a construir casas de hasta 8 plantas, con un considerable ahorro de mano de obra y materiales.

Los hormigones de vermiculita pueden ser aplicados por medio de bombas o cañones para hormigón, lo cual presenta notables ventajas en la construcción de pisos y aplicación de revestimientos.

Los morteros ligeros vermiculita-yeso se prestan también para la fabricación de elementos constructivos de bajo peso. Hace muy poco tiempo se han realizado estudios comparativos de construcción de un edificio de tres plantas, tipo oficinas, en tres versiones: una de ellas consistía en armaduras ligeras de acero con mortero de yeso-vermiculita; la segunda poseía una armadura más resistente protegida con hormigón de cemento y la tercera era simplemente una construcción en hormigón armado ordinario. Se ha podido comprobar que la edificación de yeso-vermiculita costaba 24.000 dólares menos que la de acero protegida con hormigón y más de 10.000 dólares menos que la de hormigón armado. Puede calcularse un ahorro unitario, para edificios de tres plantas, de unos 40 dólares por m² de edificación.

Tal es el interés despertado en Norteamérica por los materiales a base de vermiculita que numerosos centros y empresas -

particulares han emprendido una serie de investigaciones en diversos sentidos. Se trata de redactar especificaciones para los hormigones y morteros de vermiculita, yeso-vermiculita, paneles mixtos, y otros elementos de construcción; investigar las propiedades acústicas de los aislamientos vermiculíticos, resistencia al fuego, propiedades expansivas de los hormigones de vermiculita y otros extremos de interés.

Fabricación y empleos del "Ytong".

Como hemos visto en párrafos anteriores, la técnica americana ha sido ampliamente desarrollada en el sentido de obtener materiales ligeros de construcción utilizando áridos de bajo peso específico y, como aglomerantes, cemento o yeso ordinarios. Las razones de esta preferencia hay que buscarlas, en primer lugar, en la abundancia natural de estos áridos ligeros -pómez y vermiculita, principalmente- y, en segundo término, en la alta mecanización del país que permite la instalación de grandes plantas destinadas a la expansión de pizarras, esquistos y escorias.

La "escuela europea", sin embargo, y en especial la sueca, ha conseguido pleno éxito desde otro punto de vista completamente diferente. Aquí, el aligeramiento del hormigón o mortero se logra por introducción de aire en la masa por vía exclusivamente química. No hay más que indicar que, en Suecia, del 70 al 80% de las nuevas edificaciones se han construido con materiales Ytong o Siporex, bien conocidos por nuestros lectores. Alemania, Dinamarca y otras naciones europeas, están adoptando la técnica sueca y en muchos países se están montando ya plantas para la fabricación de Ytong o Siporex, con arreglo a las patentes originales suecas.

El Ytong fué inventado por el Dr. Alex Eriksson y se fabrica a partir de dos materiales relativamente abundantes: la pizarra y la piedra caliza. La manufactura se lleva a cabo mezclando - en proporciones convenientes pizarras cocidas ricas en sílice y cal viva procedente de la caliza. La pizarra no es la única fuente de sílice pues, según el Sr. Ahlstedt, de la casa Ytong, es posible obtener materiales semejantes empleando arena ordinaria, cenizas de carbón, cenizas volantes, cascotes de ladrillo, escorias de alto horno, pómez y materiales similares.

La cal, imprescindible para el proceso, puede ser cocida separadamente como en las caleras ordinarias o juntamente con la pizarra, si las temperaturas de cocción de ambos materiales son análogas, cosa que ha de determinarse por ensayos de laboratorio. No es preciso emplear cal de alta calidad, razón por la cual puede aprovecharse cualquier caliza no dolomítica.

La economía del proceso depende mucho del tipo de primeras materias que se empleen. Así, en Suecia, utilizando pizarras bituminosas que se cuecen juntas con determinada cantidad de caliza, la economía del proceso térmico es muy buena calculándose, - grosso modo, que solamente se gasta un 25% del combustible que se requiere para la fabricación de cemento portland.

Una instalación para la fabricación de Ytong es relativamente costosa pero no mucho más que una buena fábrica de ladrillos. En cuanto al entretenimiento, la producción de Ytong requiere solamente 2 horas-hombre por metro cúbico de material obtenido, incluyendo todos los gastos: extracción en canteras, preparación de crudos, fabricación y carga en muelle. Actualmente, se ha llegado a rebajar esta cifra hasta 0,6 horas-hombre por m³.

El proceso de fabricación de este interesante material puede seguirse esquemáticamente en el grabado de la fig. 7. (1) y (2) son las canteras de caliza y pizarra respectivamente. El material arrancado pasa al triturador grosero (3) y de aquí el elevador (4) lo conduce al horno de sinterización (5). Hay que advertir que cuando el crudo pasa a (5) ya vá mezclado en la proporción conveniente pizarra/caliza para que el "clinker" producido posea la composición adecuada en pizarra cocida-cal viva. Esta operación de cocción-sinterización es la clave del proceso, y puede realizarse, según se consigna en la literatura, en hornos o lechos de sinterización.

A la salida de (5) el material cocido vá a un triturador primario (6) y de aquí a los silos (7). Estos alimentan a unos molinos de tubo (8) similares en un todo a los empleados en la industria cementera. El grado de mezclado de los ingredientes y la finura del material pulverizado se controlan cuidadosamente por ser esenciales para el proceso. Después de la molienda se lleva a cabo una homogeneización ulterior por medio de agitación mecánica o neumática. Un elevador conduce el material a los silos de harina (9) de los que sale para entrar en la mezcladora (11), la cual está provista de dispositivos de pesada. En la mezcladora se añade la cantidad requerida de agua, procedente del reservorio (10), así como el polvo de aluminio, u otro agente de espuma, juntamente con ciertos productos químicos. Se lleva a cabo una mezcla muy íntima de todos los ingredientes, obteniéndose una papilla muy fluida que pasa a los moldes (12) en los que hincha y pre-fragua. Pasado un cierto tiempo, los bloques pasan a la máquina cortadora (13) en la que son seccionados a las dimensiones pre fijadas. La fig. 8 da una idea de la disposición de los moldes, y en la fig. 9 pueden verse algunos aspectos de la descarga de los

moldes, después del tratamiento con vapor. Este tratamiento es la otra parte fundamental del proceso de fabricación y se lleva a cabo en los autoclaves (14), una vista de los cuales se incluye en la fig. 10, en la que puede apreciarse, a la izquierda, el mecanismo de carga a los mismos. La carga de los autoclaves se hace, como puede verse en (14) por medio de vagonetas. El curado en los autoclaves se hace empleando vapor saturado a una presión aproximada de 10 Kg/cm^2 , procedente de la planta generadora de vapor (19). Este curado con vapor a alta presión acelera el fraguado de la masa y, después de un tiempo relativamente corto, el material está listo para ser transportado al almacén (15), esquema de la fig. 7, y de éste a las vagonetas especiales (16) y al departamento de cargas sobre camiones (17) y a los muelles ferroviarios (18). Aparte del aceleramiento del fraguado, el curado en vapor saturado endurece el material en un grado muy notable siendo, en suma, indispensable para la consecución de buenos resultados. La fig. 11 muestra una vista general de la planta principal que la International Ytong Co., posee en Suecia.

Veamos ahora algunas de las características del Ytong. Los bloques de Ytong normal se fabrican con una densidad de $0,65$ (en estado seco) y se utilizan principalmente para muros, tanto interiores como exteriores, y para obras de albañilería donde las cargas, en general, no exceden de 6 Kg/cm^2 . Hay otro tipo de Ytong de densidad $0,50$ que se emplea en lugares donde las cargas no son superiores a 3 Kg/cm^2 . Para tabiquería en general, y para paneles aislantes suele utilizarse el mencionado tipo de $0,65$.

Los aislamientos se construyen con un tercer tipo de Ytong, el de $0,4$ de densidad, fabricados en placas aptas para aislar construcciones monolíticas de hormigón o ladrillo, suelos, te

chos, etc. Para dinteles de puertas y ventanas se fabrican viguetas de Ytong, capaces de resistir cargas de 600 a 1.800 Kg/metro lineal según el tipo de armadura que se emplee. Estas armaduras, a las que se presta muy bien el Ytong, pueden ser barras de acero o almas de hormigón normal que se colocan en los moldes antes de verter la papilla de Ytong.

Para cubiertas, se fabrican losetas armadas de Ytong de densidad 0,5, aunque pueden obtenerse otros tipos de densidad superior para cubiertas altamente resistentes. Dada la porosidad del Ytong, pudiera pensarse en que existirían algunos problemas de corrosión de armaduras. Hay que advertir, a este respecto, que las armaduras metálicas empleadas en el Ytong van especialmente tratadas según un proceso anticorrosivo.

Con materiales Ytong puede decirse que se construyen en Suecia toda clase de edificios, incluso casas de apartamentos de hasta 8 plantas. Esto da idea de la versatilidad de este nuevo material ligero, aislante y relativamente resistente, en cuya fabricación no intervienen más que la caliza, la pizarra, una pequeña cantidad de ingredientes químicos y una cantidad de energía térmica muy inferior a la empleada en la fabricación del cemento ordinario.

Las gráficas indicadas en las figs. 12, 13, 14 y 15, corresponden a diversas propiedades del Ytong. La fig. 12 indica la variación del coeficiente total de transmisión del calor para bloques de Ytong, en función de la densidad. La gráfica A corresponde a bloques de Ytong para muros exteriores, la B a estructuras monolíticas de hormigón aisladas con losetas de Ytong y la C al propio Ytong en estado seco.

La fig. 13 muestra la retracción del hormigón de Ytong de densidad 0,65 en función de la humedad relativa del material, con respecto al estado seco (al aire). Las gráficas de la fig. 14 muestran la variación de la resistencia a la compresión del Ytong en relación con la densidad aparente, para humedades de 0,5 y 10% en volumen. Finalmente, las dos curvas mostradas en la fig. 15 se refieren a la absorción de humedad de dos tipos de Ytong, de densidades 0,73 y 0,60, en función de la humedad relativa del aire ambiente.

- - -

Hemos querido dar a nuestros lectores, en las páginas que anteceden, una información, que no quiere ser exhaustiva ni mucho menos, sobre ciertos materiales ligeros de construcción, de uso bastante corriente en Europa y América que, por las razones que sean, van ganando terreno en el campo de la construcción. Para ampliación de detalles puede consultarse la siguiente Bibliografía reciente, de la que se han extraído la mayor parte de los datos y figuras de este artículo:

- (1) - Andoregg.- Rock Products, 74 y 133, Mayo, 1952.
- (2) - D. Minsk.- Rock Products, 90, Mayo, 1952.
- (3) - Anónimo.- Pit and Quarry, 90, Junio, 1952.
- (4) - Collins y otros.- Pit and Quarry, 113, Junio, 1952.
- (5) - Anónimo.- Rock Products, 101, Junio, 1952.
- (6) - Eric Ahlstedt.- Rock Products, 106, Junio, 1952.
- (7) - Emery y otros.- Rock Products, 142, Junio, 1952.

- - -

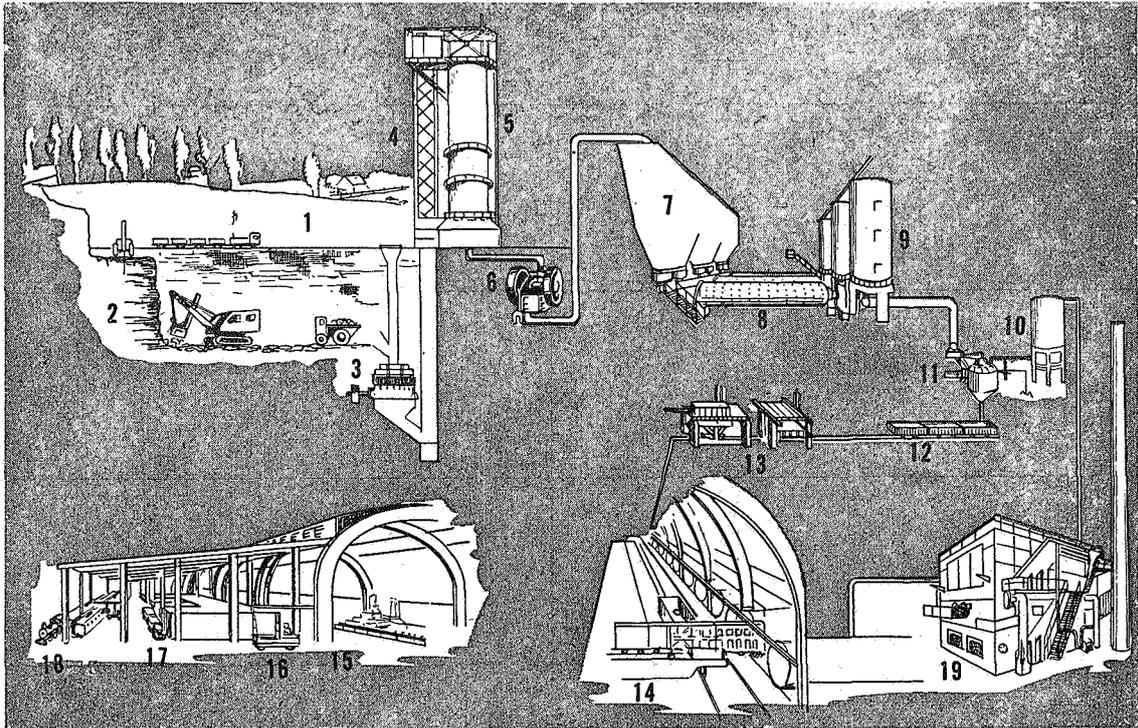


Fig. 7.

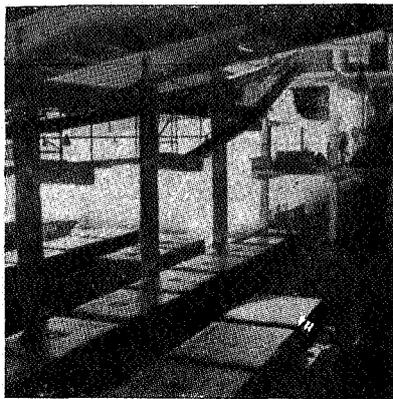


Fig. 8.

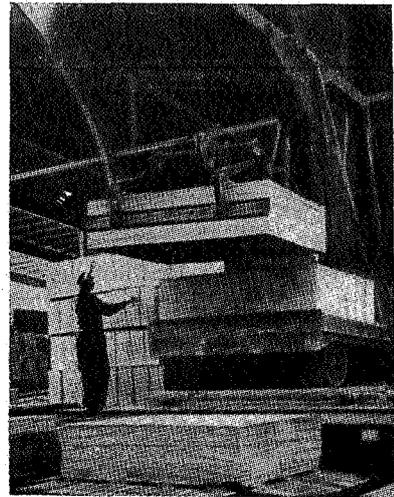


Fig. 9.

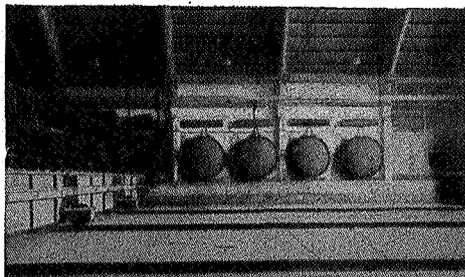


Fig. 10.



Fig. 11.

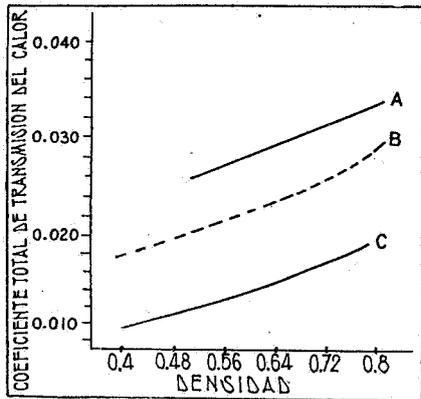


Fig. 12.

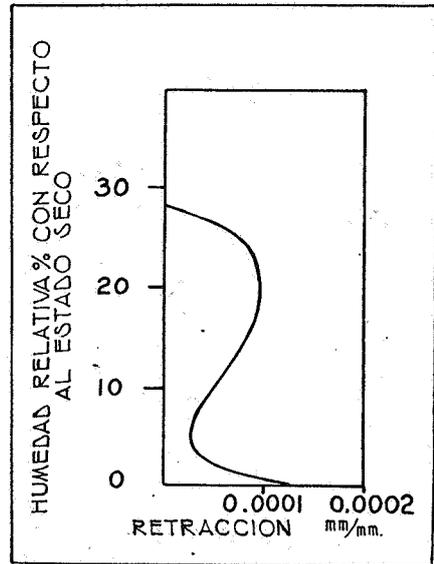


Fig. 13.

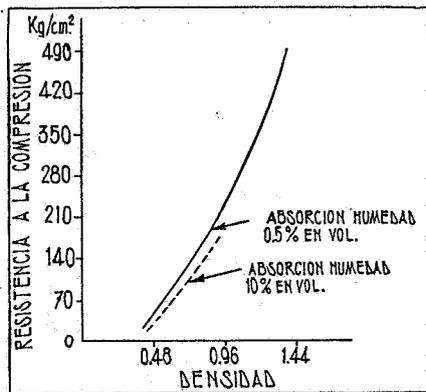


Fig. 14.

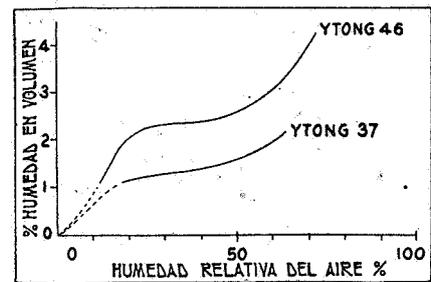


Fig. 15.