

**CONSTRUCCION**



APUNTE  
41

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



603783

G.- 603783

**G- 603783**

**PRINCIPALES MATERIALES  
FABRICADOS  
Y SU EMPLEO EN  
LA CONSTRUCCION**

APUNTES  
PARA EL CURSO DE CONSTRUCCION I

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

PRINCIPALES MATERIALES FABRICADOS  
Y SU EMPLEO EN LA CONSTRUCCION,  
*son apuntes tomados directamente  
de la tesis profesional del pasante  
Ernesto Bernal, bajo la direc-  
ción del Ing. Jorge H. de Alba -  
Castañeda.*



**G!** 603783

# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CAL, YESOS Y PUZOLANAS</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>ASFALTO</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>MATERIALES METALICOS</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>PRODUCTOS CERAMICOS</b>	<b>125</b>
<b>7</b>	<b>PINTURAS</b>	<b>151</b>

CAJA  
41

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



603783

G.- 603783

# **INTRODUCCION**

---

*La constante preocupación del Departamento de Construcción por mantener actualizados los apuntes que edita, originó la elaboración de este trabajo, el cual tiene como objetivo - principal el orientar en el estudio de los materiales fabricados, a los estudiantes que cursan la asignatura Construcción I en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, razón por que se ha - tomado como base el programa vigente de dicha materia.*

*Todo ingeniero civil dedicado al campo de la construcción tiene la imperiosa necesidad de conocer los materiales - que requiere una obra. Este conocimiento deberá abarcar desde los diferentes productos y sus correspondientes propiedades y aplicaciones, hasta los factores que pueden alterar los precios en el mercado. Sin embargo, ésta labor es más difícil cada día, en primer lugar, por la gran variedad de productos que continuamente salen a la venta, y en segundo lugar, por ciertos factores que modifican día con día los precios de los materiales.*

Deliberadamente no se efectuó ninguna investigación sobre los precios de adquisición de los materiales, ya que ocasionaría que este trabajo perdiese actualidad en un lapso muy breve. Las experiencias que el Departamento de Construcción ha tenido con otros apuntes, así lo demuestran.

Para una mejor comprensión de los conceptos que se exponen, se ha ilustrado profusamente este trabajo. La mayoría de las fotografías que se presentan fueron tomadas por el autor, en el desarrollo de las prácticas escolares.

El mejoramiento de estos apuntes será posible en la medida en que maestros y alumnos lo enriquezcan con sus comentarios y sugerencias.

# CEMENTO

---

Hasta principios del siglo XVIII, el término cemento se utilizaba para nombrar a todas las sustancias con propiedades cementantes ó aglutinantes.

El inicio de la época del cemento actual, es a partir de 1756 año en el cual J. Smeaton utiliza la magra calcinada de cal para la reconstrucción del Faro de Eddingstone en Inglaterra.

Cuarenta años después, J. Parker patentó su cemento - Romano, el cual obtuvo calcinando módulos de caliza arcillosa.

Pero el tipo de cemento más utilizado en la actualidad, es el cemento Portland. Fue descubierto en 1824 por el maestro de obras inglés Joseph Aspdin.

En ese entonces, su obtención era a partir de una mezcla de cal y arcilla, la que después de cocida, se reducía -

a polvo el producto resultante.

El nombre de Portland se debe al parecido existente entre el color del cemento ya fraguado, con ciertas canteras de la isla Portland, Inglaterra.

Una breve reseña histórica de la producción industrializada del cemento, es la que se presenta a continuación:

1825 En Inglaterra se fabrica cemento en forma industrializada. Esta primera producción en el mundo, se debe a James Frost.

1855 Fundación de las primeras plantas de cemento en Bélgica y Alemania.

1875 Instalación de la primera planta de cemento en Estados Unidos.

1906 Se establece la primera fábrica de cemento en México.

1910 En este año son ya 3 las fábricas de cemento que existen en México: La Hidalgo, La Cruz Azul y La Tolteca.

1980 El desarrollo del país ha sido tan vertiginoso, que actualmente funcionan 28 plantas productoras, de las cuales 25 funcionan como sociedades anónimas y 3 como sociedades cooperativas.

La distribución que de estas plantas se ha hecho en el territorio nacional, ha sido tan acertada, que ningún punto de la República se encuentra alejado más de 400 km de alguna planta productora de cemento.

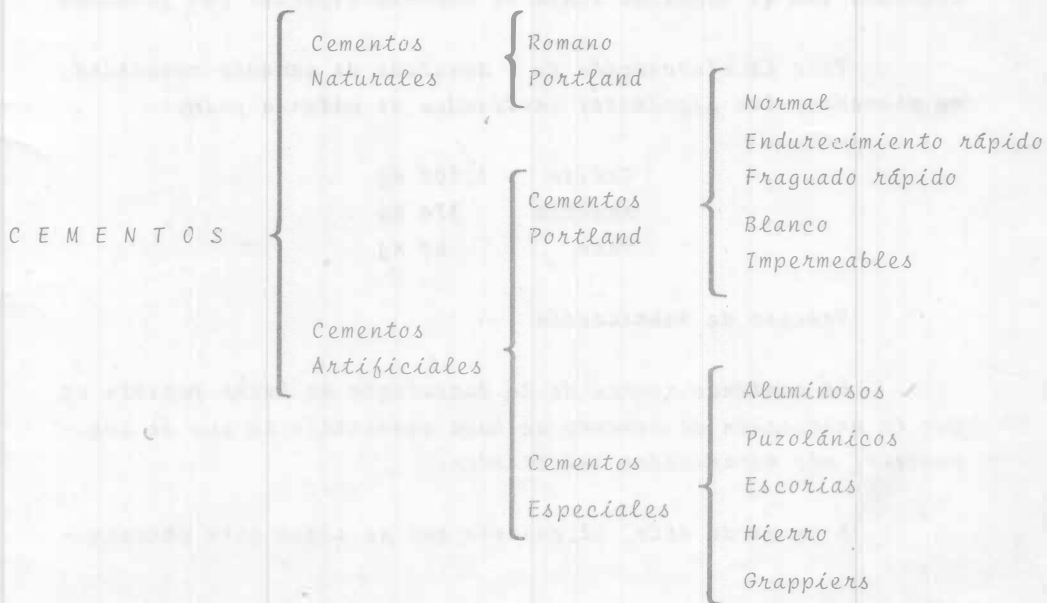
## DEFINICION

En las especificaciones del A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) encontramos una definición del Cemento Portland Artificial, la cual es universalmente aceptada:

"Cemento Portland Artificial es el producto obtenido - por molienda fina de clinker producido por calcinación hasta la temperatura de fusión incipiente, de una mezcla íntima, rigurosa y homogénea de materiales arcillosos y calcáreos, sin adición posterior a la calcinación excepto yeso calcinado ó no y en cantidad no mayor que el 3%"

## CLASIFICACION

Carlos Goni Lacorte, en su curso de Química Industrial proporciona la siguiente clasificación:



# FABRICACION

## MATERIAS PRIMAS

Las principales Materias Primas que se requieren para la elaboración de un Cemento Portland son tres:

- 1.- Materiales Calcáreos (Caliza o marga)
- 2.- Materiales Arcillosos (Barro o pizarra)
- 3.- Yeso

Los materiales calcáreos proporcionan cal, los arcillosos: sílice, alúmina y óxidos de hierro, por último el yeso será el responsable del tiempo de fraguado.

Para el caso de cementos especiales, habrá necesidad de dosificar materiales como: Material silicoso, cuarzo, arena, cenizas, escorias de alto horno, etc. Estos materiales y las cantidades a dosificar, dependerán primordialmente de las propiedades que se requiera tenga el cemento especial por fabricar.

Pero la elaboración de 1 tonelada de cemento requerirá, en promedio, las siguientes cantidades de materia prima:

Caliza	1,200 Kg
Arcilla	370 Kg
Yeso	60 Kg

## Proceso de Fabricación

El continuo avance de la tecnología ha hecho posible el que la producción de cemento se haya convertido en uno de los procesos más mecanizados que existen.

A pesar de esto, el proceso que se sigue para obtener -

cemento consta de más de 80 complejas y costosas operaciones.

El cemento Portland puede fabricarse mediante 2 procesos:

- a.- Proceso por vía seca
- b.- Proceso por vía húmeda

a.- En el proceso por vía seca se tienen, a grandes rasgos, las siguientes etapas:

EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIAL.- El objeto de esta operación, es suministrar las materias primas necesarias para la fabricación del cemento: Calizas, arcillas y yeso.

TRITURACION.- El producto que se obtuvo en los bancos de material, en forma separada, es sometido inicialmente a un proceso de trituración primario, de donde obtenemos tamaños máximos de 15 cm, los cuales al ser sometidos a un proceso de trituración secundaria, proporcionarán tamaños del material de 4 cm como máximo.

ELIMINACION DE LA HUMEDAD.- Nuevamente en forma individual cada uno de los materiales a emplear en la fabricación del cemento son introducidos en secadores, los cuales eliminarán la humedad contenida en dichos materiales.

DOSIFICACION.- Una vez que los materiales están secos, con el uso de bandas transportadoras son llevados a básculas automáticas. Estas regularán la proporción de cada uno de los materiales a emplear.

La supervisión de los encargados del laboratorio deberá ser bastante rígida, puesto que de esta operación depende el tipo de cemento a producir.



MEZCLADO Y MOLIENDA.- Los materiales, dosificados previamente, pasan a un molino de crudos, en donde al mismo tiempo de estarse mezclando son reducidos hasta convertirse en polvo.

ALMACENAMIENTO EN SILOS.- Bombeado mediante un dispositivo neumático, el polvo obtenido en la etapa anterior pasa a ser almacenado en silos, en donde esperará el siguiente paso de su fabricación:

CALCINACION.- Efectuado en hornos especiales de forma cilíndrica, forrados de tabique refractario, lo cual le permite soportar las temperaturas necesarias para este proceso, y que son hasta de  $1,400^{\circ}\text{C}$ .

El producto de esta calcinación, de forma aproximadamente esférica y con dimensiones de 1 a 5 cm de diámetro, se le designa con el nombre de CLINKER.

ENFRIAMIENTO DEL CLINKER.- A la salida de los hornos se encuentran cilindros de acero inclinados, donde el clinker se enfría al contacto con el aire, es entonces donde la temperatura desciende a menos de  $100^{\circ}\text{C}$ .

ALMACENAMIENTO DEL CLINKER.- Por medio de un transportador, el clinker es enviado a patios de almacenamiento o a silos, los cuales tienen la misma función.

ADICION DE YESO.- Nuevamente con la ayuda de básculas automáticas se le agrega yeso al clinker.

MOLIENDA.- La mezcla de clinker y yeso es conducida hasta el molino de cemento donde el material es transformado en polvo impalpable. Con esta etapa finaliza la elaboración del cemento.

ALMACENAMIENTO Y ENVASADO.- Con la ayuda de un dispositivo neumático, el cemento es almacenado en silos.

El cemento almacenado en los silos, es bombeado hasta las máquinas envasadoras, donde en forma automática se efectúa el llenado de sacos con un contenido de 50 kg. cada uno.

Es importante señalar que existe otra presentación comercial del cemento: a granel. La distribución del cemento a granel se efectúa en transportes especiales con el consiguiente ahorro de las bolsas de papel.

Proceso Húmedo.

b.- Este segundo proceso de elaboración del cemento, difiere en muy pocos pasos con respecto del proceso antes señalado.

La característica principal de este proceso, consiste en que en lugar de triturar la arcilla, ésta pasa a un molino de rastrillos en donde se desmenuza el material, simultáneamente se le adiciona agua hasta formar una lechada muy fluida (formada en un 65% por agua).

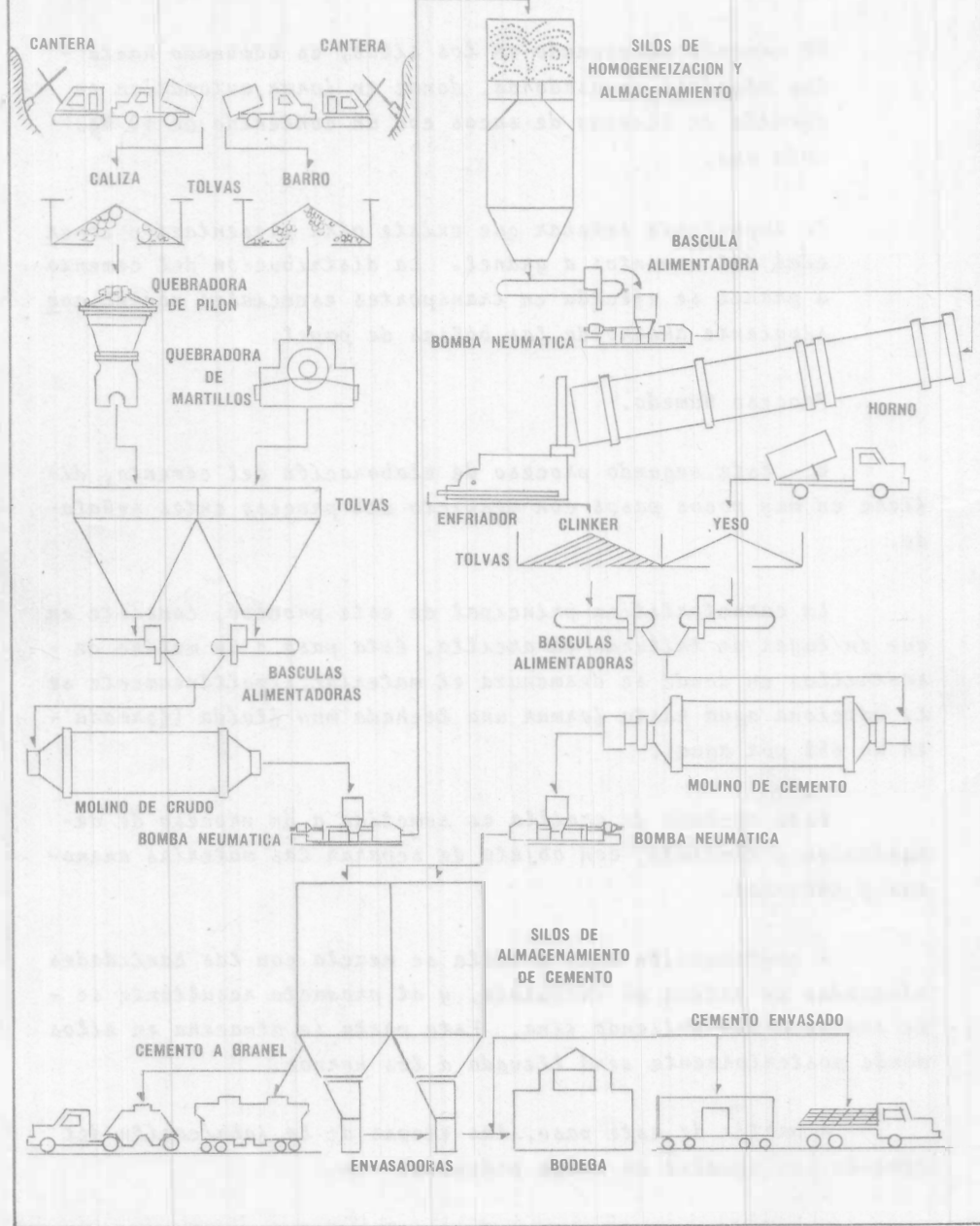
Esta lechada de arcilla es sometida a un proceso de decantación y tamizado, con objeto de separar las materias arenosas y extrañas.

A continuación esta arcilla se mezcla con las cantidades adecuadas de caliza ya triturada, y al producto resultante se le somete a una molienda fina. Esta pasta se almacena en silos donde posteriormente será llevada a los hornos.

A partir de este paso, las etapas de la fabricación del cemento son iguales en ambos procesos.

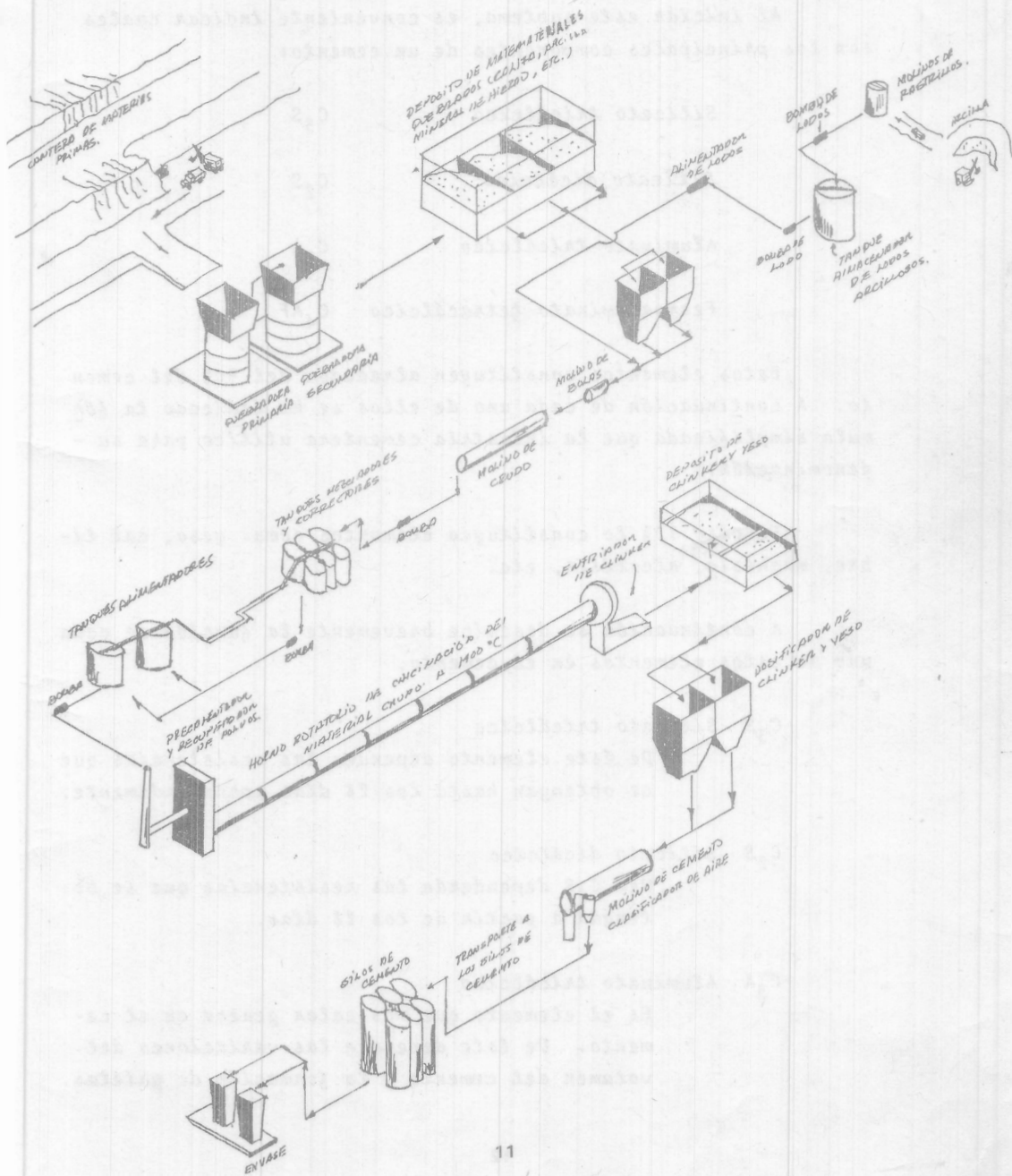
# DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACION DE CEMENTO

## SISTEMA SECO



# FABRICACION DEL CEMENTO PORTLAND

## PROCESO HUMEDO



## PROPIEDADES QUIMICAS

Al iniciar este subtema, es conveniente indicar cuales son los principales componentes de un cemento:

Silicato tricálcico	$C_3S$
Silicato dicálcico	$C_2S$
Aluminato tricálcico	$C_3A$
Ferroaluminato tetracálcico	$C_4AF$

Estos elementos constituyen alrededor del 90% del cemento. A continuación de cada uno de ellos se ha indicado la fórmula simplificada que la industria cementera utiliza para su denominación.

El otro 10% lo constituyen elementos como: yeso, cal libre, magnesio, alcalisis, etc.

A continuación se describe brevemente la función de cada uno de estos elementos en el cemento.

$C_3S$  Silicato tricálcico

De éste elemento dependen las resistencias que se obtengan hasta los 28 días aproximadamente.

$C_2S$  Silicato dicálcico

Del  $C_2S$  dependerán las resistencias que se obtengan a partir de los 28 días.

$C_3A$  Aluminato tricálcico

Es el elemento que más calor genera en el cemento. De éste dependen las variaciones del volumen del cemento y la formación de grietas.

Este elemento es el más vulnerable al ataque de los sulfatos.

$C_4AF$  Ferroaluminato tetracálcico  
Ayuda a acelerar la hidratación en el concreto.

$SO_4Ca$  Yeso  
Regula la acción química entre el cemento y el agua y controla el tiempo de fraguado.

Considerando que los elementos antes indicados son los principales componentes del cemento, he creído conveniente no profundizar más en las propiedades de los demás elementos del cemento, ya que sale de los propósitos de este trabajo.

## PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas del cemento influirán en forma definitiva en la correcta utilización que de este producto se haga en los diversos procesos constructivos en los cuales sea empleado.

Algunas de estas propiedades son: la finura, la sanidad, el tiempo de fraguado, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tensión, el calor de hidratación y el falso -- fraguado.

A continuación se describe cada una de estas propiedades en forma breve.

### Finura

La finura del cemento interviene en forma determinante en la resistencia.

Conviene señalar que a mayor finura, la velocidad de hidratación del cemento se incrementará y en consecuencia la resistencia inicial será mayor además de que el calor se generará más rápidamente.

Las dimensiones de una partícula de cemento oscilan entre 7 y 60 micras.

Al emplear un cemento cuya finura este comprendida entre los límites antes señalados, obtenemos las siguientes ventajas: incremento de las resistencias mecánicas a corta edad, mayor -- impermeabilidad y mejor resistencia al congelamiento y deshielo

Por otro lado, el uso de cementos "gruesos" traerá como consecuencias: menores resistencias mecánicas y exceso de exudación o sangrado.

#### Sanidad

Sanidad es la propiedad que tiene una pasta de cemento fraguado a permanecer con un volumen constante.

Estas variaciones al volumen son atribuidas a diversos compuestos, pero principalmente se presentan cuando existe cal libre después del fraguado inicial. Esta cal, al absorber -- agua, aumenta en forma notoria el volumen de la pasta.

En ocasiones los cambios volumétricos se presentan meses después de elaborada la mezcla, por lo que las pruebas que existen para determinar la sanidad de un cemento aceleran el tiempo de fraguado.

#### Fraguado Falso

Este fenómeno se presenta pocos minutos después de que el cemento ha hecho contacto con el agua. Consiste en el endurecimiento casi inmediato, es decir antes del tiempo normal de fraguado, de la mezcla.

La causa del fraguado falso se origina cuando se deshidrata el yeso contenido en el cemento. Esta deshidratación ocurre en los molinos donde el clinker y el yeso se muelen conjuntamente para obtener el cemento.

Al presentarse el fraguado falso, es recomendable dejar reposar la mezcla durante 5 minutos y remezclar nuevamente por espacio de 3 minutos.

El fraguado falso afecta al concreto con los siguientes efectos:

- 1.- Se requerirá más agua en la mezcla.
- 2.- Consecuentemente la resistencia disminuirá.
- 3.- La cohesión entre agregados o entre el acero de refuerzo y el concreto se reducirá.
- 4.- Existirá mayor tendencia al agrietamiento.
- 5.- Se presentarán características de inclusión de aire equivocadas.

#### Calor de Hidratación

Al contacto del cemento con el agua, se forma una mezcla, que con el tiempo irá endureciendo, pasando de un estado plástico a un estado sólido. La transición entre estos 2 estados se le conoce con el nombre de fraguado.

Al iniciarse el fraguado del cemento, éste irá adquiriendo resistencia mecánica.

El fraguado del cemento se efectúa por una reacción química que se da entre los elementos componentes del cemento y el agua. Esta reacción recibe el nombre de hidratación.

La hidratación produce una cantidad considerable de calor, al cual se le denomina calor de hidratación.

El calor de hidratación es de fundamental importancia para los técnicos en cemento, ya que este es proporcional al volumen de concreto colocado. Sobre este particular, conviene señalar que en grandes masas de concreto, la hidratación puede -- alcanzar altísimas temperaturas; los efectos se traducirán en -



serios agrietamientos de la estructura debidos a contracciones térmicas.

Por otro lado, el calor de hidratación es benéfico cuando se utiliza concreto en climas fríos.

#### Tiempo de Fraguado

Considerando que fraguado es el proceso mediante el cual una pasta de cemento pasa del estado fluido al estado sólido, - este proceso ha sido dividido en 2 etapas para su correcto estudio:

Fraguado inicial.- considerado desde el momento en que el agua entra en contacto con el cemento, hasta que la aguja del aparato llamado de Vicat penetra 5 mm. en la mezcla.

Fraguado final.- Para poder determinar cuando ocurre esta etapa, es necesario recurrir a una aguja de sección cuadrada de 1 mm, con un cono metálico ahuecado de manera que tenga una arista cortante de 5 mm. de diámetro y colocado 0.5 mm arriba del extremo de la aguja. Al poner estos implementos en contacto con la pasta, la aguja dejará una marca, no así el filo cortante del cono.

TIPO I  
CEMENTO PORTLAND COMÚN  
CARACTERÍSTICAS

## CEMENTOS FABRICADOS EN MEXICO

### CARACTERÍSTICAS Y USOS

*La industria cementera mexicana produce los siguientes tipos de cemento Portland:*

TIPO I. Común o Normal

TIPO II. Modificado

TIPO III. Resistencia Rápida

TIPO IV. De Bajo Calor de Hidratación

TIPO V. De Alta Resistencia a los Sulfatos

Blanco

Portland-Puzolana

Portland-Escoria de Alto Horno

Cemento de Albañilería

# TIPO I CEMENTO PORTLAND COMUN

## CARACTERISTICAS

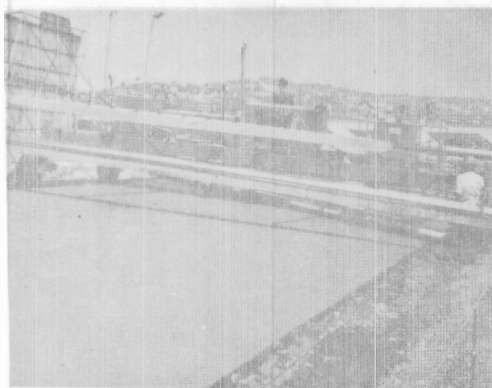
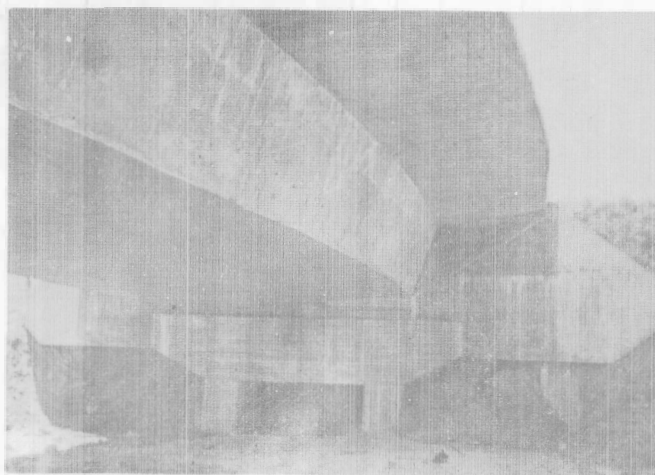
*Tal como su nombre lo indica, su empleo es el más generalizado. Adquiere altas resistencias mecánicas, pero simultáneamente genera mucho calor de hidratación; esta segunda característica lo hace inadecuado para trabajos donde se requiere la colocación de concreto en masa.*

## USOS

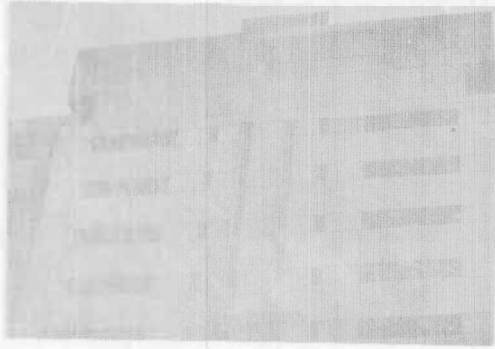
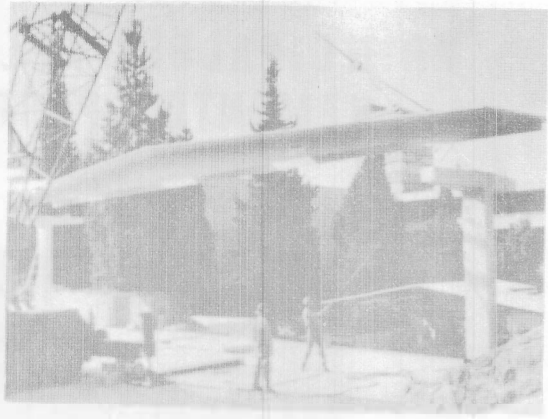
*Las principales aplicaciones de este cemento son en : obras de vialidad como puentes, pavimentos hidráulicos, guarderías y banquetas, obras de edificación a base de concreto reforzado o de elementos prefabricados, también en obras especiales tales como tanques, etc.*

*Deberá tenerse un especial cuidado en no emplear este tipo de cemento en construcciones que estén sujetas al ataque de suelos o al ataque de aguas sulfatadas, también es importante reafirmar lo que ya indicamos: evitar el empleo de este cemento cuando se tenga la necesidad de colocar concreto en masa.*

# PRINCIPALES APLICACIONES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



CASTONES - BEL  
LAND - TYP



# TIPO II CEMENTO PORTLAND MODIFICADO

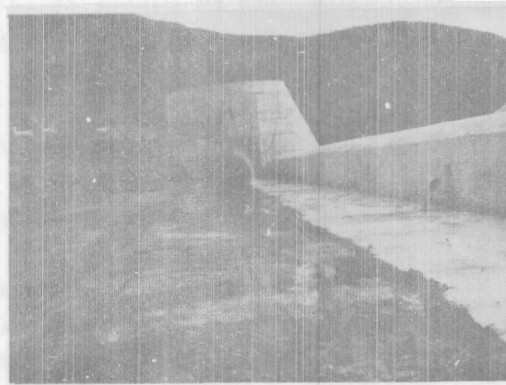
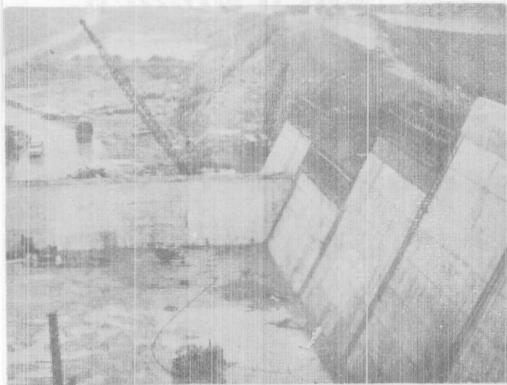
## CARACTERISTICAS

*Su resistencia es similar a la del cemento Portland común, con las ventajas de que genera menos calor de hidratación y es más resistente al ataque de los sulfatos.*

*En relación a la cantidad de calor que genera, podemos considerar que el cemento Portland tipo II es un cemento intermedio entre tipos I y IV.*

## U S O S

*Las características antes indicadas lo hacen adecuado para su utilización en obras hidráulicas. Ha sido utilizado con éxito en presas de concreto. Otras aplicaciones las encontramos en muelles, contra fuertes de gran espesor, muros de contención y en general donde se requiere colar grandes masas de concreto y reducir la temperatura producida por el calor de hidratación.*



# TIPO III CEMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTENCIA

## CARACTERISTICAS

*La resistencia que este tipo de cemento adquiere a los 7 días, es comparable a la resistencia que adquiere un cemento Portland común a los 28 días.*

*Esta resistencia rápida trae como consecuencia mayor generación de calor en un menor tiempo, que comparándolo por ejemplo con el cemento tipo I. Tampoco resiste al ataque de sulfatos.*

## USOS

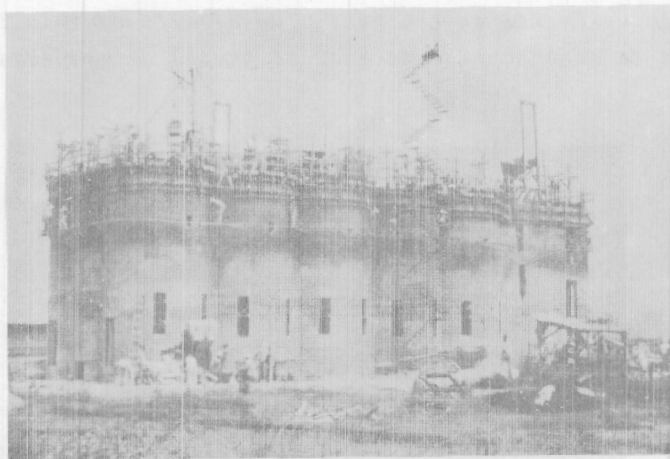
*Este tipo de cemento ha encontrado en obras de edificación su más frecuente aplicación, ya que reporta la ventaja de poder descimbrar mucho antes que en el caso de emplear un concreto a base de cemento Portland normal, con el consiguiente ahorro de dinero en la utilización de cimbras y otros beneficios logrados gracias al mayor avance de obra que se obtiene usando el cemento Portland tipo III.*

*También se emplea en climas fríos, donde se pretende reducir el período de tiempo de protección contra bajas temperaturas.*

*La finura de éste cemento es mayor que en cualquiera de los otros tipos de cemento, lo cual permite recomendarlo para inyecciones de lechada en suelos.*

*Por último, conviene indicar que su utilización no deberá efectuarse en donde se requieran colados en masa, por el contrario, deberá emplearse en estructuras que permitan una rápida disipación del calor.*

# PRINCIPALES APLICACIONES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO III





# TIPO IV CEMENTO PORTLAND DE BAJO CALOR DE HIDRATACION

## CARACTERISTICAS

*Su resistencia mecánica es igual, a edades avanzadas -- (6-12 meses), a la de los otros cementos. Sin embargo a edades tempranas el desarrollo de la resistencia mecánica es lento.*

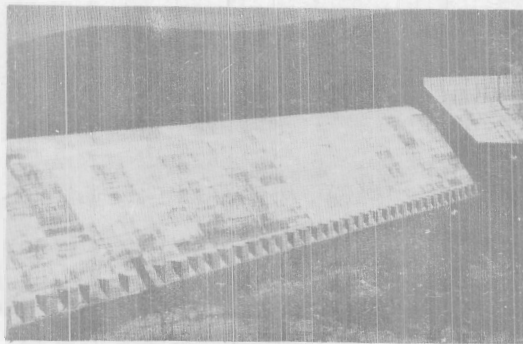
*Como principal característica podemos indicar que el calor generado durante la hidratación es menor y se efectúa, también, a menor velocidad que en los otros cementos.*

*Los cambios bruscos de temperatura originan agrietamientos. Con el empleo del cemento tipo IV se reduce notablemente este efecto.*

*La resistencia que tiene a los sulfatos es brusca.*

## U S O S

*Este cemento tiene como principal aplicación el colado de grandes volúmenes de concreto. Un ejemplo de esto lo encontramos en la construcción de grandes presas de gravedad.*



# TIPO V CEMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTENCIA A LOS SULFATOS

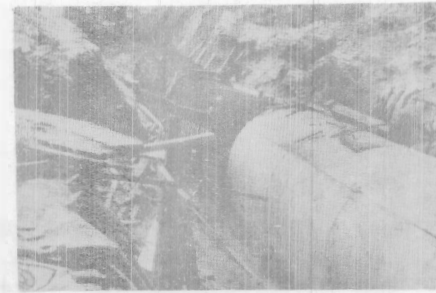
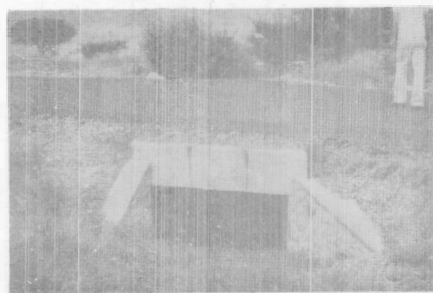
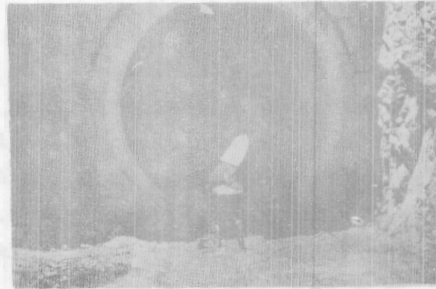
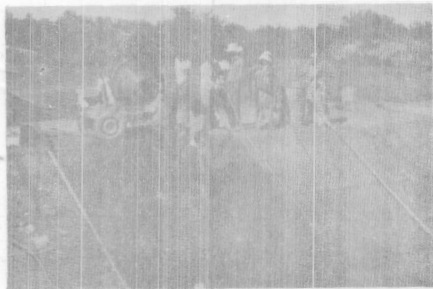
## CARACTERISTICAS

Refiriéndonos a su resistencia mecánica, a edades tempranas el desarrollo de ésta es lenta, pero a edades avanzadas puede ser igual o superior a la de los otros cementos. Además genera poco calor de hidratación.

## USOS

Sus características lo hacen adecuado para el revestimiento de canales, sifones, alcantarillas, túneles, etc.

Generalizando, conviene utilizarlo en construcciones -- que estén en contacto permanente con suelos y aguas con un alto contenido de sulfatos, ya que el uso de otro tipo de cemento ocasionaría serios deterioros a la obra.



# CEMENTO PORTLAND BLANCO

## CARACTERISTICAS

El bajo contenido de óxido férrico (menor a un 0.5%), -- origina su color blanco. Posee las mismas cualidades que los demás cementos Portland. En cuanto a su fabricación, el procedimiento que se sigue es similar al de cualquier cemento Portland, con algunos cuidados especiales que deben tenerse durante su fabricación, las calizas empleadas no deberán contener -- óxido férrico; se utilizará caolín\* en lugar de arcilla.

Tradicionalmente los fornos y las bolas de los molinos de crudo y acabado son de acero, pero en ocasiones, y para la fabricación del cemento blanco, éstas se elaboran de cuarzo, - con el fin de evitar contaminaciones con rebabas de fierro que afectarían el color del cemento blanco.

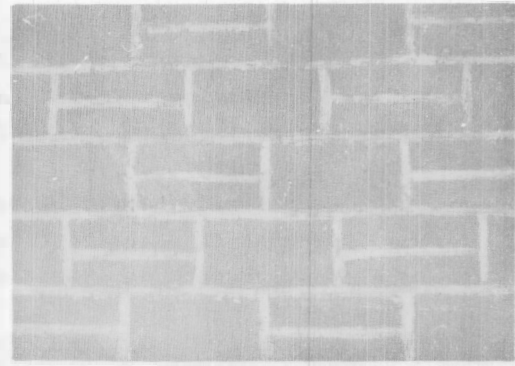
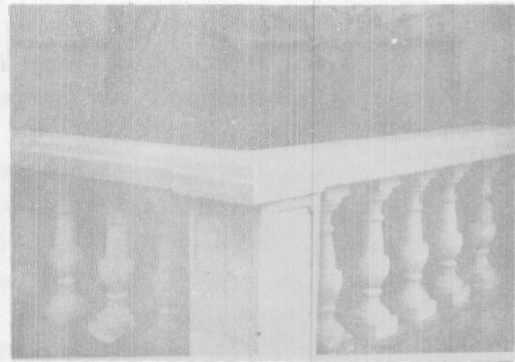
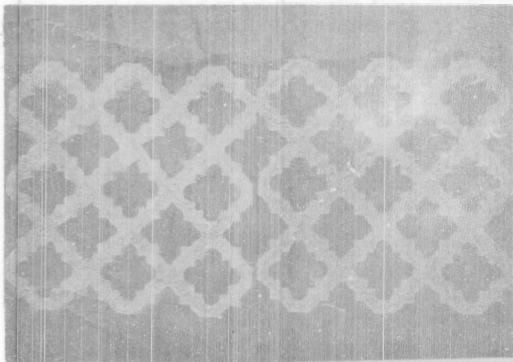
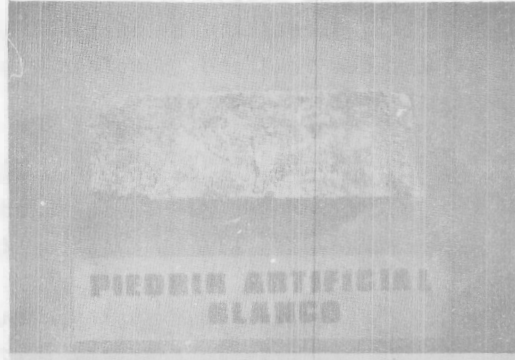
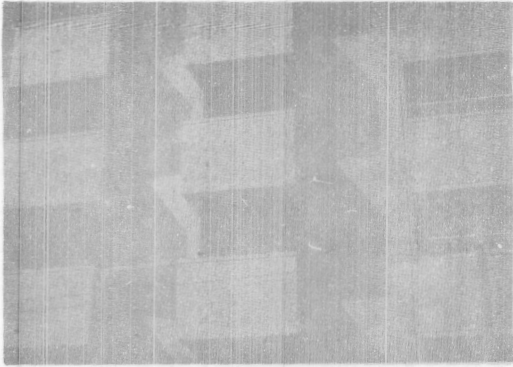
## USOS

Indiscutiblemente, la máxima ventaja de este cemento es su color.

Sus aplicaciones están condicionadas a elementos constructivos de acabado aparente, algunos ejemplos de la utilización del cemento blanco los tenemos en: fachadas prefabricadas para edificios, elaboración de piedras artificiales, mosaicos, terrazos, estucos, pisos, junteo de revestimientos, base para la fabricación de pintura, etc.

\*Caolín.- material blanco cuyos componentes son sílice, óxido de aluminio y óxido férrico en mínima proporción.

# PRINCIPALES APLICACIONES DEL CEMENTO PORTLAND BLANCO



## CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO CARACTERISTICAS

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana: el cemento Portland puzolánico es el resultado de la molienda simultánea de clinker Portland, puzolana y yeso, puzolana constituye del 15% al 30% de la mezcla total.

La hidratación de un cemento Portland puzolánico, libera un silicato de calcio hidratado, de relativa baja solubilidad, que proporciona mayores resistencias mecánicas.

Algunas puzolanas naturales que se emplean en la fabricación del cemento Portland-Puzolana, son: cenizas volcánicas, pomez, tierra de diatomeas, pizarras, esquistos, etc. pero -- también pueden ser utilizados ciertos subproductos industriales como cenizas volantes, determinados tipos de escoria o algunos materiales activados por calentamiento.

Los concretos elaborados a base de cementos Portland-Puzolana son más fáciles de trabajar, reducen la segregación y el sangrado, tienen una alta resistencia a agentes agresivos como sulfatos de sodio y magnesio y también a aguas ligeramente ácidas o de bajo pH, desprenden menor calor de hidratación que -- con cemento Portland tipo V, consecuentemente los agrietamientos por contracción térmica son menores; reducen la permeabilidad.

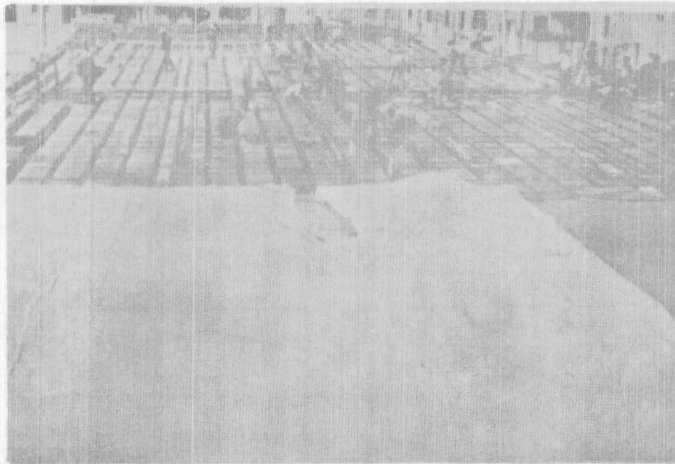
Su resistencia a la tensión es similar, a edades tempranas, a la de un cemento Portland normal. A mayor edad, esta resistencia es superior a la del cemento Portland normal.

Refiriéndonos a la resistencia a la compresión, a edades tempranas es inferior en el cemento Portland-Puzolánico, pero a edades avanzadas supera a la alcanzada por un cemento Portland-común.

En igualdad de circunstancias de proporcionamiento, la densidad de un concreto con cemento puzolánico es menor que la de un concreto elaborado con cemento Portland (2.9 vs 3.1) Esta característica reditúa un beneficio económico adicional, ya que un concreto puzolánico rinde de un 3% al 7% más que un concreto convencional.

## USOS

Es recomendable su utilización en climas cálidos, ya que las temperaturas elevadas favorecen las características del cemento puzolánico. Para emplearlo a temperaturas inferiores a 10°C deberán tomarse precauciones especiales.



# CEMENTO DE ESCORIAS

En este grupo de cementos, existen 3 tipos, diferenciados cada uno por la característica de la escoria y del aglomerante utilizado.

La fabricación de este cemento requiere de la mezcla en frío de los siguientes elementos previamente pulverizados; escoria ácida, cal (hidratada o hidráulica) y un sulfato que actuará como acelerador del proceso de fraguado.

Debido a las escorias, el fraguado en el aire de un concreto elaborado a base de cemento de escorias es lentísimo, en medios sumergidos o semihúmedos es donde mayor resistencia alcanza. Durante su hidratación desprende poco calor, pero además es muy sensible a las bajas temperaturas, ya que estas retardan su fraguado y disminuyen su resistencia.

## USOS

Se recomienda su utilización en colados donde se requieran grandes volúmenes de concreto.



## **CEMENTOS PORTLAND SIDERURGICOS**

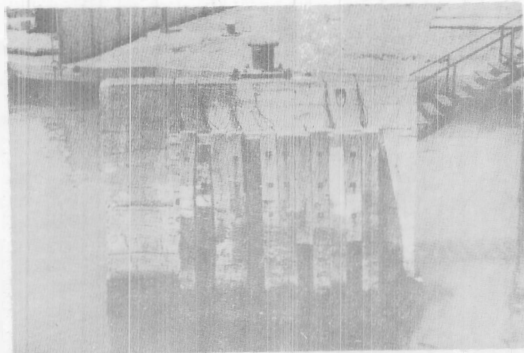
### **CARACTERISTICAS**

*El proceso que se sigue para la elaboración de este tipo de cemento es igual al de un cemento Portland normal, con la salvedad de que en lugar de requerir de arcilla o pizarra, se utilizan escorias.*

*La rapidez o lentitud en el fraguado, dependerán de la cantidad de sulfatos que se le agregen a este tipo de cemento.*

### **USOS**

*Al tener resistencias similares a las de un cemento Portland, puede emplearse en condiciones iguales a éste. Pero las experiencias que se han logrado, indican que posee una resistencia muy especial al agua de mar.*





# CEMENTOS PORTLAND DE ALTOS HORNOS

## CARACTERISTICAS

La obtención de este cemento requiere de la molienda -- conjunta de clinker Portland, escoria granulada de alto horno y yeso. Las escorias constituyen de un 30% a un 70% del volumen -- total del cemento.

Para enfriar el clinker Portland, es suficiente el aire a la salida del horno rotativo, en cambio las escorias de alto -- horno requieren de chorros de agua o tanques con agua para poder enfriarlas.

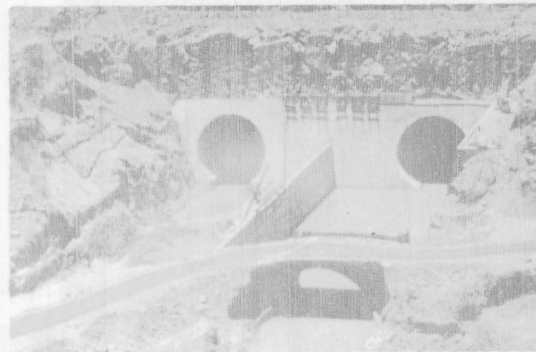
La molienda de los elementos antes citados deberá efec-- tuarse con todos los componentes ya fríos.

Debido a que las escorias son muy frágiles, este tipo -- de cemento resulta por lo general de una finura mayor que la de los cementos Portland.

## USOS

Sus propiedades lo hacen más resistente al ataque de las -- aguas agresivas.

El bajo calor de hidratación que desprende durante su -- fraguado, lo hace ideal para obras hidráulicas, pero por sus -- características puede ser empleado en cualquier tipo de estruc-- tura.



## **CEMENTO DE ALBAÑILERIA**

### **CARACTERISTICAS**

*La obtención de este cemento se logra por la molienda conjunta de clinker, caliza, y yeso, a veces cierto tipo de materiales puzolánicos y en algunas ocasiones la adición de algún agente inclusor de aire.*

*Este cemento, debidamente mezclado con arena fina y -- agua produce un mortero plástico y cohesivo. Su tiempo de fraguado es menor y se logran mayores resistencias que con un mortero elaborado con cualquier otro tipo de cemento.*

*Otras propiedades que posee este tipo de cemento hidráulico son: menores cambios volumétricos, mayor poder de retención del agua y gran trabajabilidad.*

### **USOS**

*La velocidad en la ejecución de cualquier construcción, ha sido preocupación constante de los Ingenieros y Arquitectos encargados de las obras.*

*El uso adecuado del cemento de albañilería en trabajos de mamposterías, muros de tabique o block, recubrimientos en muros con piedras naturales o artificiales, todo tipo de aplados y firmes, etc. ha contribuido en gran forma a lograr un objetivo, con los consiguientes beneficios económicos que de él se derivan.*

## EL CEMENTO Y SUS APLICACIONES

"HAY UN POLVO GRIS, LIGERO, IMPALPABLE CASI, QUE POR SUS MAGICOS RESULTADOS BIEN PUEDE SER LA BASE DE UN MODERNO CUENTO DE MARAVILLAS"

Con la constante evolución de la tecnología constructiva, se han encontrado aplicaciones casi ilimitadas del cemento. En la actualidad existen centros de investigación dedicadas, por entero, al estudio de este material, abriendo -- nuevos horizontes para futuras aplicaciones.

El cemento proporciona una ayuda invaluable para la Industria de la Construcción ya que interviene en la fabricación o elaboración de productos tales como: piedras artificiales, tubería para conducción de agua potable, drenajes, revestimientos en obras de edificación, tabiques, blocks, ladrillos, losas, etc.

Pero, sin duda alguna, la aplicación del cemento que con más frecuencia observamos se encuentra en el concreto.

A continuación se presenta una síntesis de algunas de las principales aplicaciones en donde el cemento tiene un papel fundamental.

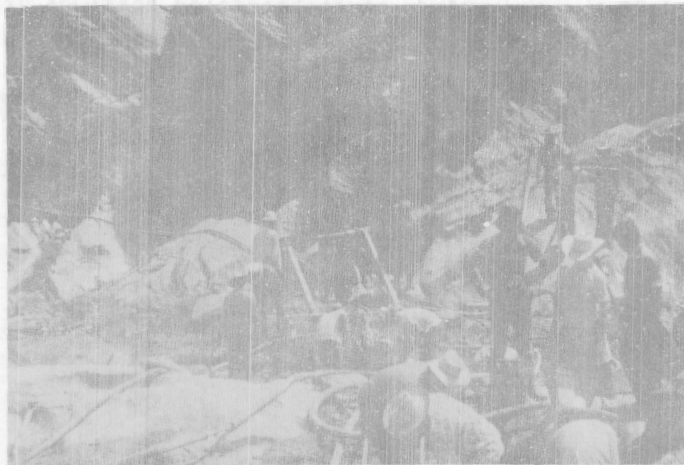
## LECHADAS

Con este nombre se designa a la solución formada exclusivamente con cemento y agua.

Cuando es necesario desplantar una construcción - - (trátase de una presa o de un conjunto habitacional) sobre un terreno a base de rocas calizas o dolomitas, por ejemplo hay gran probabilidad de que existan grietas en esos terrenos.

Esas grietas deberán ser inyectadas con una lechada a base de cemento para impermeabilizar las zonas de cimentación.

Cabe aclarar que previo a esta operación deberá comprobarse la permeabilidad del suelo para permitir el paso de la lechada.

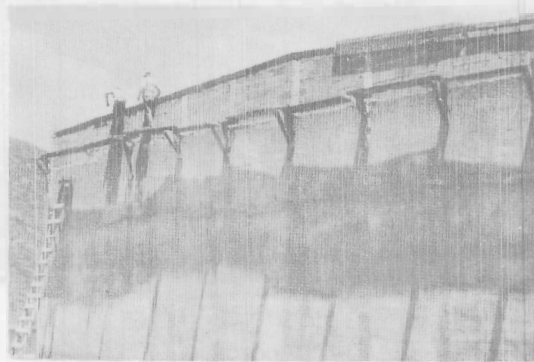


## MORTEROS

Constituídos por una mezcla de cemento, arena y agua. - Las resistencias que lleguen a alcanzar con respecto a otros aglomerantes, son superiores (De  $40 \text{ kg/cm}^2$  a  $200 \text{ kg/cm}^2$  dependiendo de la cantidad de agua incluida). Su resistencia a la tensión es del orden del 15% de la alcanzada a la compresión. Otras características que conviene señalar, son: adherencia a la piedra, gran trabajabilidad, fraguado rápido, impermeabilidad, gran capacidad para retener el agua, módulo de elasticidad de  $10,000$  a  $50,000 \text{ kg/cm}^2$  y peso volumétrico de  $2,100 \text{ kg/m}^3$ .

Es importante indicar la diferencia existente entre los términos "mortero simple" y "mortero bastardo". En el primer caso, la pasta está formada exclusivamente por cemento, arena y agua, mientras que los morteros bastardos requieren la adición de cal hidratada en polvo o en pasta. El resultado que se obtiene con la utilización de un mortero bastardo, es el que la pasta es más suave y plástica, por lo tanto, se puede manejar con más facilidad.

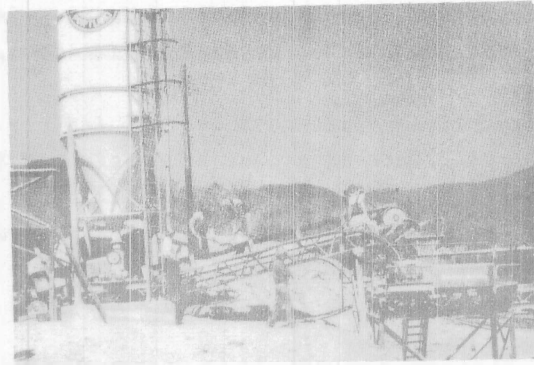
Los morteros se emplean generalmente en obras de albañilería para ligar piezas para pavimentos, recubrimientos en muros, impermeabilización de azoteas (a base de lechadas) etc.



## SUELO CEMENTO

*La mezcla adecuada de cemento y suelo, resolvió un -- problema de ingeniería, en el cual la incógnita era cómo lograr la estabilización de un suelo en forma económica y eficaz?*

*Al dosificar cemento (8% - 22%) a casi cualquier tipo de suelo (78% - 92%), éste adquiere las propiedades de cohesión y resistencia, las cuales en un principio carecía.*



## ASBESTO CEMENTO

El asbesto cemento también es conocido con el nombre de amianto cemento, es un material formado por fibras de amianto - conglomeradas con cemento portland de alta resistencia.

La utilización de este material data de 1905 en Italia, donde los ingenieros Mazza, Magnani y Rocca desarrollaron la tecnología adecuada para la fabricación de tuberías para la conducción de aguas. En 1924 se instala en México la primera fábrica de productos de asbesto cemento.

Este material ha encontrado aplicaciones principalmente en cubiertas, muros, tuberías y depósitos para agua.

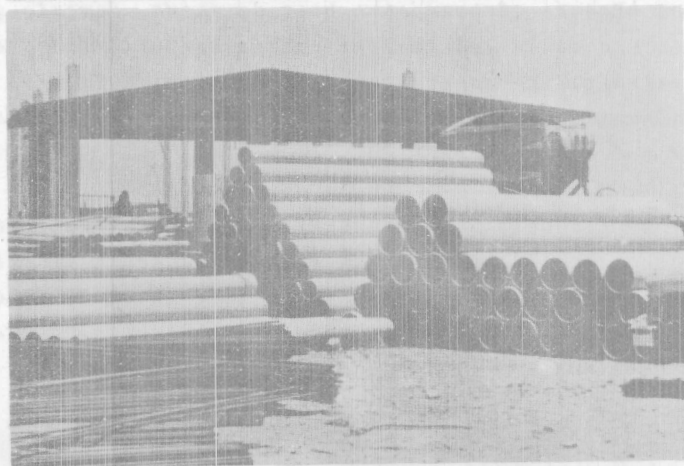
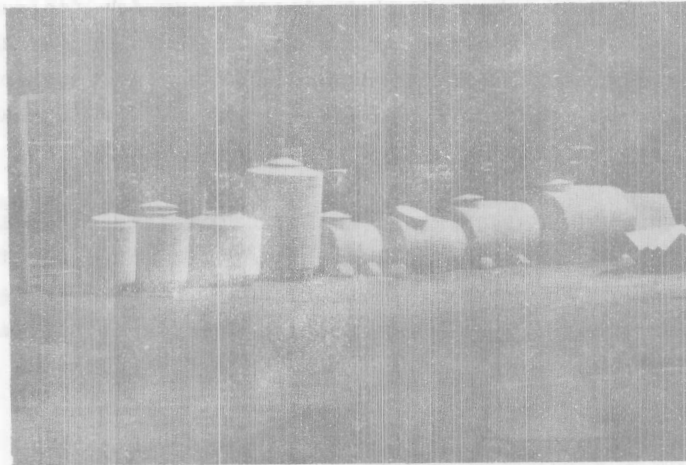
Como principales propiedades podemos indicar las siguientes: altamente resistente al ataque de gases, vapores, ácidos y condiciones climatológicas rigurosas, es aislante e incombustible, grandes resistencias mecánicas, poco peso, imputrescible, - gran trabajabilidad ya que se puede cortar, cerrar taladrar, - clavar, etc., para efectos estéticos, su masa puede ser coloreada y su superficie pintada.

Para la conducción de aguas potables y residuarias, se ha preferido el uso de tubería de asbesto cemento con respecto a tuberías metálicas, principalmente por cuatro ventajas que -- posee el asbesto cemento:

- a) La gran resistencia que tiene en terrenos agresivos con exceso de alcalinidad o acidez. Este tipo de terrenos causan - corrosión exterior a las tuberías de metal.
- b) Al presentarse el fenómeno de la electrólisis, el agua se descompone en sus elementos, esto causa oxidación en las tuberías metálicas en cambio en las tuberías de asbesto cemento no ocurre la oxidación.

- c) En las tuberías de asbesto cemento no se presenta la -  
destrucción interna o tuberculización.
- d) Las tuberías de asbesto cemento pesan el 50% aproxima-  
damente en relación a las tuberías de hierro fundido.

Los principales productos comerciales a base de asbes-  
to cemento que se fabrican en México, son: placas o láminas  
(planas y onduladas) recubrimientos para muros, tinacos para  
agua potable, fosas sépticas, tuberías para abastecimiento y  
distribución de agua, casas pequeñas cuyos muros y cubiertas  
son a base de láminas ondulares, etc.





## MUROS, PAREDES Y TECHOS

La construcción de muros podrá efectuarse empleando diferentes materiales, nos ocuparemos ahora del material -- comúnmente conocido como tabicón.

Sus componentes son arena, agua y cemento, las dimensiones que llegan a tener variarán de acuerdo a los moldes que se empleen para su fabricación; esta puede ser por medios sumamente sencillos, hasta llegar a la utilización de máquinas complejas que garanticen una producción continua.

Al analizar las propiedades que los materiales a base de arena, agua y cemento tienen, (llámense blocks, celosías o tabicones), observamos que son más ligeros que los tabiques -- recocidos, su costo es menor, y sus resistencias mecánicas -- también son menores, al tener una superficie porosa, absorben gran cantidad de agua por lo que es conveniente aplicar un -- aplanado a los muros construidos con estas piezas.

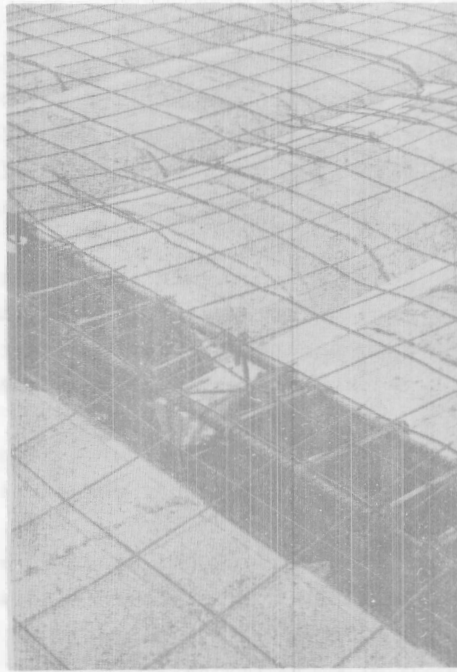
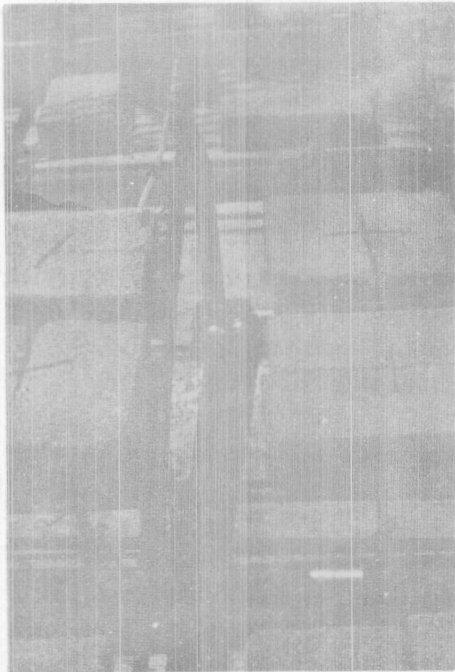
Otro producto elaborado con estos materiales es el -- llamado celosías, con el se forman muros para delimitar áreas donde el paso de la luz es imprescindible. La gran variedad de diseños y dibujos hacen imposible su reproducción en este trabajo, sin embargo se incluyen algunas aplicaciones de estas piezas.

Los bloques elaborados a base de arena, cemento y -- agua tienen una doble aplicación: pueden ser utilizados como elemento principal en la construcción de muros o también para la construcción de losas en donde su función es aligerar el peso de una losa de concreto.

El empleo de estos bloques (llamados casetones) en -- losas de concreto es cada vez más frecuente, sobre todo en donde se requieren áreas libres sin la interferencia de columnas intermedias. Un ejemplo clásico lo tenemos en edificios para oficinas.

Otro tipo de bloque empleado en losas, lo tenemos -- en el sistema constructivo denominado vigueta y bovedilla.

# ALGUNAS PIEZAS ELABORADAS CON ARENA AGUA Y CEMENTO



## RECUBRIMIENTOS

Una de las múltiples aplicaciones que el cemento tiene, es en la elaboración de piedras artificiales, bien sea para pisos o para recubrimientos en muros, aunque en ocasiones también es factible emplearlo en la construcción de balaustros, figuras decorativas, etc.

Un caso particular de fabricación de recubrimientos, lo tenemos en la elaboración de mármoles artificiales.

Los resultados que se obtienen, son en realidad una muy buena imitación de los mármoles naturales.

Su fabricación requiere de morteros de cemento normal o blanco con arena fina (de preferencia arena de mármol). Los efectos decorativos que se desee obtener, dependerán de colorantes, trozos de mármol, nácar o piedras especiales.

Los granitos artificiales constituyen otra variedad de piedras artificiales, a pesar de que con este nombre de granito artificial se designa a toda piedra artificial elaborada a base de mortero de cemento blanco y arena de mármol y cuya superficie es lisa, pulida y brillante.

El cemento interviene también en la elaboración de recubrimientos para pisos llamados mosaicos. La forma y el tamaño originan productos conocidos con los nombres de: mosaicos, tacos, losetas, zoclos, vaquetas, esquinas y remates.

La aplicación de estos productos la encontramos principalmente en baños y cocinas.

La aplicación del cemento en la industria de la construcción y en general en la vida cotidiana, es casi ilimitada.

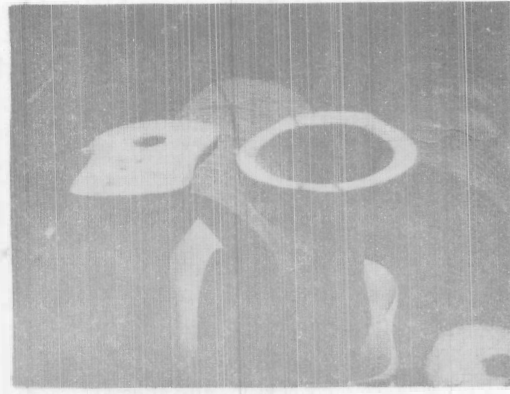
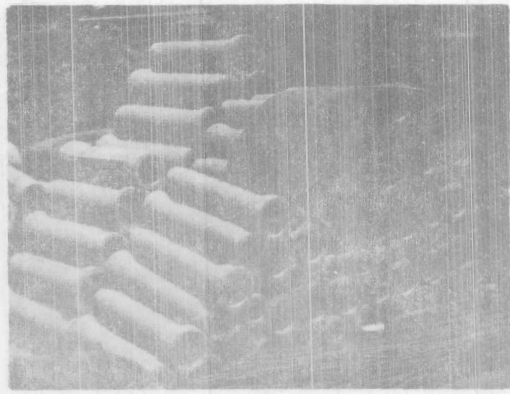
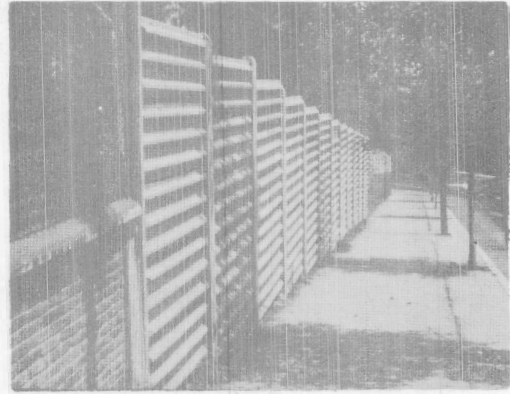
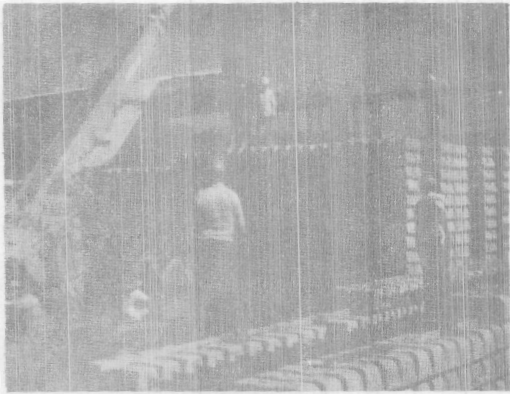
# APLICACIONES VARIAS

A manera de resumen, se presenta el siguiente cuadro -- sinóptico\* que muestra los principales productos, en los cuales el cemento interviene como materia aglutinante.

AGLÓMERADOS DE CEMENTO	MUROS, PAREDES Y TECHOS	{	Tabique pesado
			Tabique ligero
	RECUBRIMIENTOS IMITACION PIEDRAS NATURALES	{	Mármol
			Granito
	PAVIMENTOS	{	Mosaicos
			Terrazo
			Concreto
	LAMBRINES	{	de pasta
			de grano
	CUBIERTAS	{	De morteros
Tejas			
de mortero			
VARIOS	{	de asbesto cemento	
		Láminas de asbesto cemento	
		Piezas especiales	
VARIOS	{	Tubos	
		de concreto	
		de asbesto cemento	
		Postes	
VARIOS	{	Placas para cercas	
		Bloques para murallas y escolleras	
		Piezas decorativas	
		{	cornizas
			capiteles
			florones
			etc.

\*Tratado de Construcción M.A. Saad Tomo I pp 417

# OTRAS APLICACIONES DEL CEMENTO

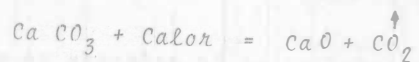


# CAL, YESOS Y PUZOLANAS

---

## CAL

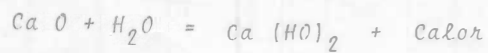
La cal proviene de la calcinación de una piedra caliza - pura, a temperaturas entre  $880^{\circ}$  y  $900^{\circ}\text{C}$ . Durante este proceso se lleva a cabo la siguiente reacción química:



Al producto de esta reacción, se le conoce con el nombre de cal viva.

## PROPIEDADES

La cal endurece lentamente en el aire, llegando a adquirir elevadas resistencias, sobre todo en morteros para construcción. Sólido, de color blanco, su peso específico varía entre 3.08 y 3.3, al mezclarse con agua desprende una gran cantidad de calor:



Durante el fraguado de cualquier pasta a base cal, ésta disminuye de volumen; si a lo anterior agregamos los esfuerzos de compresión que transmiten piedras o tabiques a esa pasta en estado plástico, la mayor parte de las ocasiones se forman grietas en la pasta ya fraguada.

Diversas pruebas de laboratorio, han señalado las siguientes resistencias para morteros de cal :

Resistencia a la compresión	1 - 10 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tensión	0.5-2 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	3.000 kg/cm <sup>2</sup>
Peso volumétrico	1.950 kg/m <sup>3</sup>

En general, este tipo de mezclas es muy trabajable aunque con un fraguado lento, pero con buena retención de agua.

Sin embargo, una de las principales propiedades de la cal es su índice hidráulico. Es importante conocer el índice hidráulico de las calces, ya que con este podemos determinar los tiempos de fraguado de la cal.

El índice hidráulico es la relación en peso entre el sílice más la alúmina y la suma de la cal y la magnesia:

$$I = \frac{\text{Si O}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3}{\text{CaO} + \text{Mg O}}$$

La relación inversa es el módulo de hidraulicidad:

$$M = \frac{\text{Ca O} + \text{mg O}}{\text{Si O}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3}$$

En la tabla que se presenta a continuación, se pueden relacionar los valores relativos del índice de hidraulicidad contra los tiempos aproximados de fraguado:

Naturaleza de los productos	Índice hidrúulico	Porcentaje de arcilla en la caliza	Tiempo de Fraguado
Cal grasa o magra	0.00-0.10	0.0-5.3	Fragua solo en aire
Cal débilmente hidrúulica	0.10-0.16	5.3-8.2	16-30 días
Cal medianamente hidrúulica	0.16-0.31	8.2-14.8	10-15 días
Cal propiamente hidrúulica	0.31-0.42	14.8-19.1	5-9 días
Cal eminentemente hidrúulica	0.42-0.50	19.1-21.8	2-4 días
Cal límite o cemento lento	0.50-0.65	21.8-26.7	1-12 horas
Cemento rápido	0.65-1.20	26.7-40	5-15 minutos

## CLASIFICACION

Las cales se pueden clasificar principalmente bajo 2 criterios: el primero de ellos, que se muestra en la tabla anterior, se basa en el valor obtenido con su índice hidrúulico; para el segundo criterio de clasificación se toma en cuenta el contenido de arcilla y magnesia que tenga la cal, tendremos entonces: cal grasa, cal magra y cal hidrúulica.

Cal grasa.- Su contenido de arcilla no excede al 5% y el de magnesia es inferior al 3%.

Como características principales de la cal grasa tenemos: al apagarse da una pasta fina, cohesiva, untuosa y blanca, su volumen tiende a aumentar y en sitios húmedos o que no esten en contacto con el aire permanece indefinidamente blanda.



*Cal Magra,* - Procede de piedras calizas, cuyo porcentaje de arcilla es menor al 5%, pero además su contenido de magnesia es superior al 10%. Cuando se le agrega agua, forma una pasta de color gris que es poco cohesiva. La pasta formada con este tipo de cal, una vez fraguada, es soluble en agua. Por estas características no se debe emplear cal magra en trabajos para construcción.

*Cal Hidráulica* - Las piedras calizas que se requieren para la elaboración de una cal hidráulica, deberán contener más de un 5% de arcilla. Además de poseer las mismas propiedades de la cal grasa, la cal hidráulica puede fraguar en sitios húmedos y debajo del agua.

*Cal de Magnesia* - El proceso de fabricación de las cales de magnesia requiere de piedras calizas con un alto contenido de magnesia (10% - 25%).

Cuando el contenido de magnesia excede del 25%, a la cal resultante se le da el nombre de cal dolomítica o cal de alta magnesia.

Al comparar algunas propiedades de las cales grasa y de las cales de magnesia, las primeras se obtienen con mayor facilidad y tienen un rendimiento superior, pues mientras la cal grasa aumenta hasta 3 1/2 veces su volumen, la cal de magnesia únicamente logra duplicar su volumen.

La plasticidad de la cal grasa es superior a la de la cal de magnesia, sin embargo el fraguado más rápido y las más altas resistencias mecánicas son logradas por la cal de magnesia.

## OBTENCION

Los procesos que se siguen para la obtención de la cal, no difieren mucho de los que se emplean para el yeso: extracción, trituración, calcinación, apagado, molienda, almacenamiento y envasado.

Dependiendo de la calidad y tipo del producto que se quiere obtener, el proceso antes descrito podrá sufrir ligeras variaciones.

**EXTRACCION.**- Con el fin de abatir los costos de producción, el sistema empleado en la explotación de los bancos de piedra caliza es el llamado a cielo abierto.

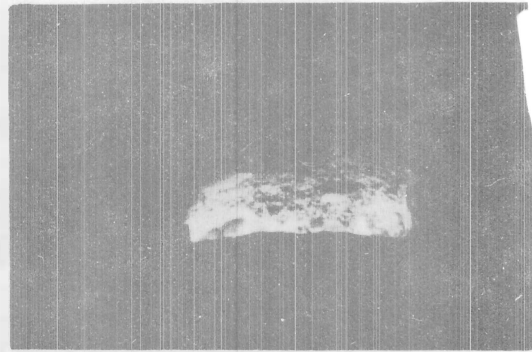
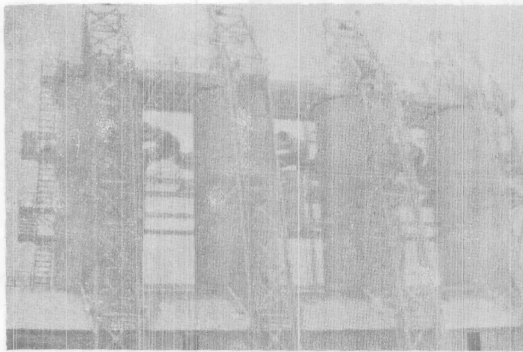


*TRITURACION.- Con equipo convencional de trituración, se logra reducir la piedra caliza a tamaños cómodos de manejar.*



*CALCINACION.- El principal objetivo durante esta operación, es lograr mantener una temperatura superior a los 900°C - para así expulsar el anhídrido carbónico contenido en las calizas.*

*Al producto final resultante de esta operación, se le conoce con el nombre de cal viva.*



*APAGADO.- Durante esta etapa se hidrata la cal mediante la adición de agua. Es de suma importancia el que todas las -- partículas de cal viva sean eliminadas, pues de lo contrario los incrementos volumétricos que sufrirá la cal viva al emplearse -- en una construcción, provocarán problemas en los sitios donde -- haya sido empleada.*

Algunos procedimientos empleados para el apagado de la cal son:

Apagado espontáneo al aire

Apagado por aspersion

Apagado por inmersión

Apagado por función

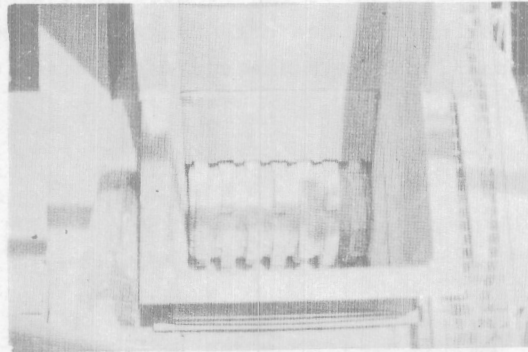
Apagado en autoclaves

Para este proceso de hidratación, una cal rica en calcio, requerirá aproximadamente de 75 lt. de agua para apagar 100 kg de cal, mientras que una cal con alto contenido de magnesia empleará 50 lt. de agua para la misma cantidad de cal durante este proceso.



*MOLIENDA.- Para que el producto sea de partículas más finas, se emplean dos tipos de molinos: de bolas y de martillos. El segundo de estos es el que se emplea actualmente con más frecuencia, pues con su uso los gastos de molienda resultan menores.*

*Con separadores tipo ciclón (corrientes de aire), los materiales más finos son separados de los que no lograron una molienda adecuada sometiéndolos entonces a un nuevo proceso de molienda.*



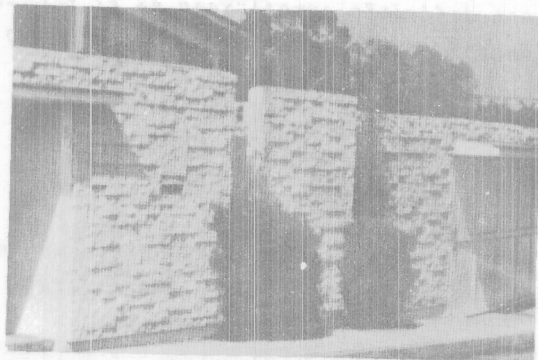
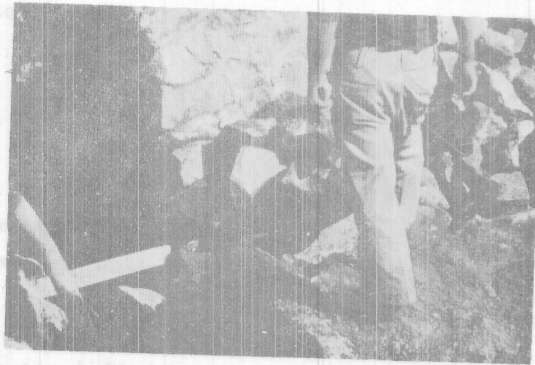
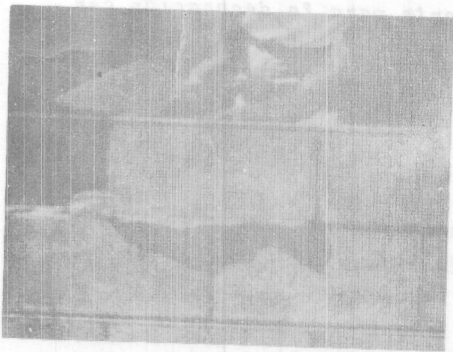
*ALMACENADO Y ENVASADO.- Durante esta última etapa, el material es transportado a silos verticales, dotados de un mecanismo especial para el envasado automático, el que se hace en bolsas de papel con 25 kg o con 40 kg cada uno.*



## APLICACIONES

El principal uso de la cal como material de construcción se encuentra en la elaboración de morteros, los que se emplean para ligar piedras naturales y artificiales. Otra aplicación de la cal es la manufactura de piedras artificiales.

Los morteros de cal se encuentran en desventaja con respecto a los morteros de cemento principalmente por lo que se refiere a resistencias mecánicas obtenidas y tiempos de fraguado. Sin embargo los morteros de cal se emplean en elementos constructivos en los cuales la resistencia no sea un factor determinante. Al ser la cal un material más barato que el cemento, se pueden economizar recursos económicos empleando morteros de cal.



# YESO

## INTRODUCCION

*El empleo del yeso como material de construcción, se remonta a las culturas más antiguas. Las investigaciones que se han efectuado en construcciones realizadas hace ocho o diez mil años por los asirios, fenicios, egipcios, hebreos y árabes, así lo demuestran.*

*En épocas menos lejanas, los griegos emplearon el yeso - como material aglomerante y como elemento de decoración, también los romanos lo utilizaron, principalmente para la decoración con estuco.*

## DEFINICION

*En primer lugar, conviene señalar que el nombre de yeso se aplica a un mineral cuyo componente principal es el sulfato cálcico.*

*Ahora bien, refiriéndonos al yeso como material de construcción, podemos definirlo como: "Yeso es el producto resultante de la deshidratación parcial o total del algez o piedra de yeso".*

## ORIGEN

*El sulfato cálcico, también conocido como roca yesosa o yeso cocido, se encuentra en la corteza terrestre.*

Los yacimientos más grandes de yeso se localizan en terrenos sedimentarios por evaporización de los lagos y mares. La mayor parte de las ocasiones se presenta asociado con capas de sal gema.

En estado natural, el yeso contiene impurezas como carbonato de cal, arcilla, betún óxido ferroso, sílice, caliza, etc. las cuales pueden alterar el color del yeso por lo que se recomienda eliminarlas para así obtener un producto fino. En casos excepcionales podrá tolerarse la presencia de pequeñas cantidades de arcilla, arena y carbonato de cal para la elaboración del yeso empleado en la construcción.

Las piedras de yeso extraídas de la naturaleza se presentan bajo diversas formas y aspectos, de acuerdo a su estructura mineralógica podremos encontrar las siguientes variedades:

a) Yeso fibroso.- es muy puro, tiene lustre sedoso y se encuentra cristalizado en masa confusa. Por sus características es considerado como un magnífico yeso para mezclas, empleada por los escultores, aunque también se emplea para obtener la escayola.

b) Yeso espejuelo.- es un sulfato cálcico hidratado que se presenta en cristales planos y transversales. Por su densidad de 2.3, se emplea principalmente en la elaboración del yeso cocido y en la preparación de estucos y modelado.

c) Yeso en flecha.- la estructura interna de este tipo de yeso se encuentra formada por cristales en forma de punta de lanzas. Con este tipo de yeso se obtienen los mejores resultados en el vaciado de objetos finos o de gran delicadeza.

d) Yeso sacarino .- las principales características de su



estructura son: grano fino, color blanco gran compacidad, blando, semitransparente y brillante. Es el yeso que más alta calidad tiene, y por su facilidad para el labrado fino y la pulimentación, se emplea en decoración y escultura, aunque también en la elaboración de losetas para recubrimiento de pisos y fachadas.

El yeso sacarino también recibe el nombre de alabastro.

el Yeso calizo. Considerado como la piedra ordinaria de yeso. Su contenido de carbonato de calcio es del 12%. A partir de éste, se obtiene un yeso de construcción que endurece mucho después de fraguado.

El yeso es un material cuyo fraguado es bastante rápido. Después de la adición del agua, el proceso del fraguado se inicia a los 2 o 3 minutos y termina de 15 a 20 minutos después. El fraguado del yeso produce un desprendimiento de calor, a tal grado que la temperatura llega a reducirse hasta en 20°C. Al término del fraguado, se puede observar una contracción en la masa del yeso, la cual es seguida de un incremento de volumen del 0.5 %.

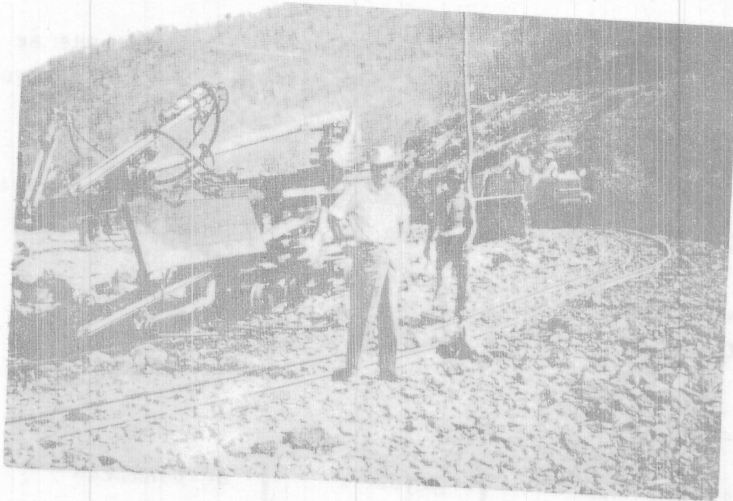
## **OBTENCION**

La obtención del yeso por procesos industriales consta de los siguientes pasos: Extracción del material, trituración, calcinación, enfriamiento, molienda, almacenado y envasado.

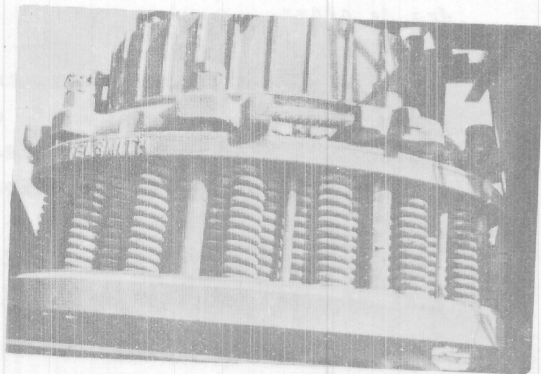
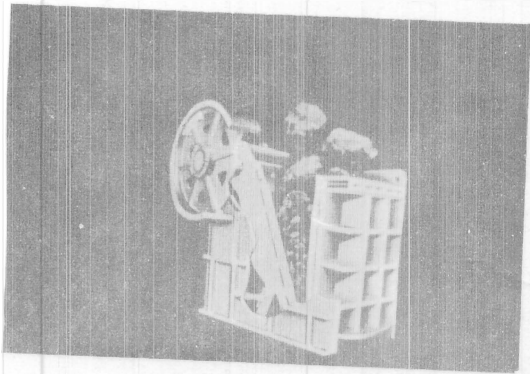
Las variantes que puedan sufrir cada uno de estos procesos, nos determinarán la calidad del producto final.

A continuación se presenta una breve explicación de cada una de las etapas de que consta la obtención del yeso cocido:

EXTRACCION DEL MATERIAL.- al tomar en cuenta que la piedra de yeso no es dura, los resultados más económicos se obtienen al explotar los bancos de material mediante una explotación a cielo abierto.



TRITURACION.- mediante trituradoras de mandíbula las rocas de 40 á 50 cm se reducen a fragmentos de 5 a 10 cm. En otras ocasiones, para este mismo trabajo, se pueden emplear trituradoras de conos.



Para la segunda etapa en el proceso de trituración, la -- pulverización, se emplean trituradoras cónicas, y en otras ocasiones molinos de bolas de acero.

Todo el material debidamente pulverizado, es almacenado en silos.

CALCINACION.- Dependiendo del tipo de yeso que se desee obtener y de las temperaturas -durante la calcinación- que se quieran lograr, serán los hornos de cocción.

A continuación se presenta una clasificación de los hornos utilizados para esta etapa en la obtención del yeso:

De contacto directo con el fuego	{ fijos rotatorios	{ rudimentarios de cuba de colmena
Sin contacto directo con el fuego	{ fijos rotatorios	{ de panadero autoclaves de caldera

Más que concentrarnos en el funcionamiento de estos hornos, conviene señalar que sucede durante la cocción de la piedra de algez.

En primer término, conviene conocer que el proceso de deshidratación del yeso, es lento entre los 90° y los 100°, bastante acelerado a 120°, pero el proceso de deshidratación se llega a alcanzar a temperaturas superiores a 240°

De 107° a 170° pierde molécula y media de agua, con lo -- cual adquiere propiedades suficientes para poderse usar como componente de morteros.

De 170° a 200° casi pierde la otra molécula de agua, pero si se expone al medio ambiente la puede recuperar parcialmente. Llega a fraguar tan rápidamente que no se puede aplicar en morteros para construcción, siendo usado con frecuencia para estucos y modelado.

De 200° a 250°, Su contenido de agua es cada vez menor - y sus características son: fraguado lentísimo y buena resistencia.

De 250° a 400°: Contenido de agua casi nulo, fraguado rápido pero con una resistencia casi nula.

De 400° a 700°. Se obtiene un yeso que al no contener - agua, no fragua. Se le conoce como yeso muerto.

De 750° a 800°. Se obtiene un yeso de fraguado lento conocido como anhidrita granulosa.

De 800° a 1000°. Se forma el llamado yeso de pavimentos. Su nombre obedece a las aplicaciones que tiene: pisos y elaboración de piedras artificiales.

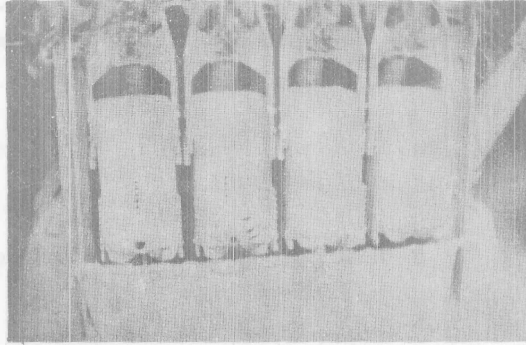
950° - 1200° Se obtiene el yeso hidráulico, cuyas propiedades son resistencia al agua (sin llegar a ser impermeable), y resistencia mecánica.

#### ENFRIAMIENTO y

MOLIENDA .- Al término de la cocción del yeso, se saca del horno y se transporta a cámaras de reposo o enfriamiento, de donde se pasa a los molinos refinadores.

Esta etapa encarece bastante el proceso, ya que el material resultante de la calcinación es muy elástico.

**ALMACENADO Y ENVASADO.**- Una vez obtenida la finura deseada, el yeso se almacena en depósitos especiales para que posteriormente se envase, por lo general en bolsas de papel con -- 25 ó 40 kg cada una.



El proceso de obtención se encuentra resumido en el siguiente cuadro:



## PROPIEDADES

A manera general, el yeso es un mineral muy blando (2º lugar en la escala de Mohs), densidad de 2.30 a 2.50. Poco soluble en agua: a los 40°C alcanza el mayor grado de solubilidad. De color blanco y suave al tacto. No da efervescencia con los ácidos. Poco resistente al ataque de agentes atmosféricos. Flexible y mal conductor del calor\*. Sus resistencias a los 7 días son:

	TRACCION	COMPRESION	FLEXION
Pasta pura de yeso	3 a 6 12 a 30	10 a 40 30 a 50	8
Mortero yeso arena 1:1	3 a 5	15 a 30	6

## TIPOS DE YESO

Kg/cm<sup>2</sup>

Cada aplicación específica del yeso, requiere de un tipo de yeso en especial.

Brevemente enlistaremos los principales tipos de yeso que se pueden obtener en el mercado, así como las aplicaciones más usuales.

**YESO CRUDO.**- Con este nombre se designa el yeso natural obtenido en canteras.

Ocasionalmente se llega a emplear como piedra para construir, siendo su uso principal como materia prima para la fabricación del yeso cocido.

\* Buen aislante del sonido y del fuego.

**YESO DE MODELAR.**- Obtenido a temperaturas que van de 200°C a 220°C. Su elaboración requiere de una atención especial, desde la selección de la materia prima, hasta la etapa del molido. Su tiempo de fraguado es de 8 a 10 minutos. La principal aplicación está en los trabajos de modelado.

**YESO DE PLAFON.**- Para su obtención se requiere una temperatura entre 300°C y 400°C durante un lapso de tiempo de 8 a 14 horas. La temperatura requerida durante el proceso de cocción, incrementa notablemente los costos. El tiempo de fraguado es de 15 a 20 minutos. Se emplea principalmente en adornos, plafones, cornizas, reproducciones escultóricas, etc.

**ESCAVOLA O YESO ALABASTRO.** Este tipo de yeso es el más caro, obviamente es el de mejor calidad.

Para su elaboración es necesario mantener una temperatura de 400° a 500° por un período de tiempo de 15 a 20 horas. Tiene un fraguado rápido, color blanco y resistencias mecánicas altas (en comparación con los otros tipos de yeso). Sus aplicaciones son muy variadas, pues van desde trabajos de moldeo y usos odontológicos, hasta reproducciones decorativas y escultóricas.

**YESO COCIDO A MUERTE O DE PINTOR.**- Se obtiene calcinando la piedra de algez al rojo naciente (525°) o también manteniendo una temperatura constante de 300° durante un largo período. Este tipo de yeso tiene la particularidad de que no fragua ni endurece, ya que se combina con el agua hasta después de pasado un año o más. Al mezclarse con agua, forma una lechada que se usa como pintura en obras de albañilería.

**YESO DE SUELO O PAVIMENTO.**- Su fabricación requiere un proceso de cocción a 1000°C. Su fraguado es excesivamente len-

to, llegando a tardar varios días, sin embargo la resistencia - que alcanza le permite sustituir al cemento blanco en la elaboración de pisos.

**YESO HIDRAULICO.**- A partir de piedras de yeso que no con tengan impurezas, se cocen en hornos verticales a temperaturas de 1000° a 1400°. El producto final es un tipo de yeso que cuyo fraguado es muy lento (a veces hasta varios días), pero con propiedades de dureza, resistencia e hidraulicidad comparables a los del cemento blanco. Una de las diversas aplicaciones que tiene, consiste en la elaboración de los firmes de pisos, los - que posteriormente se recubren con losetas vinílicas.

## **APLICACIONES DEL YESO**

Tal como se indicó en párrafos anteriores, el yeso tiene una gran diversidad de aplicaciones, a continuación se presentan las principales:

### **EN OBRAS DE ALBANILERIA**

Como aglutinante en morteros simples o compuestos

Construcción de columnas

Fabricación de tabiques

Construcción de estucos

Construcción de pisos

En la construcción de arcos y bóvedas

Aplanados de yeso

Falsos plafones

La piedra natural se emplea en la construcción de mamposterías



## EN LA FABRICACION DE PIEDRAS ARTIFICIALES O PIEZAS PREFABRICADAS

Para la fabricación de concretos con yeso  
Construcción de muros divisorios  
Fabricación de piedras para recubrimientos  
en pisos y fachadas  
Construcción de bloques de yeso  
Para baldosas (las que posteriormente se barnizan).

Placas de yeso, machiembradas para construcciones provisio-  
nales y bardas.

### ELEMENTOS DECORATIVOS

Cornizas, friscos, plafones, florones, motivos de adorno,  
etc.

### TRABAJOS ESCULTORICOS

Para el moldeo de trabajos artísticos, reproducción de es-  
culturas y figuras. Modelado y vaciado.

Construcción de maquetas  
Del alabastro se obtienen columnas, estatuas y adornos, -  
los cuales se pueden tomar o labrar a mano.

### USOS INDUSTRIALES

Como carga para la fabricación del papel  
Como sellador, para la elaboración de focos  
Como componente de algunas pinturas  
Como componente en la fabricación del cemento.

CIRUJIA Y ODONTOLOGIA

*Para el enyesado de fracturas*

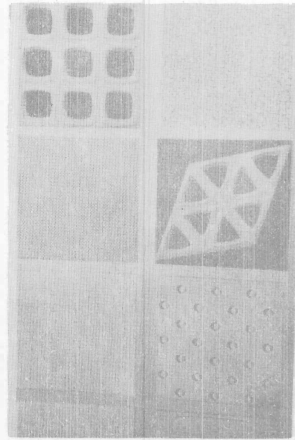
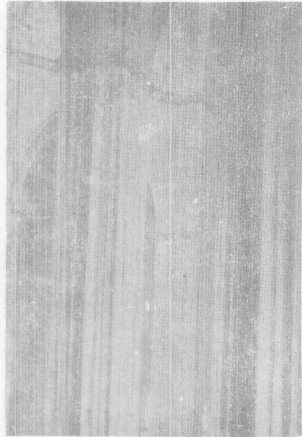
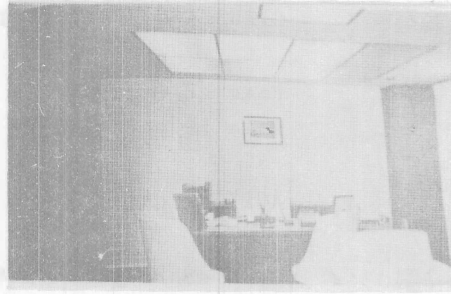
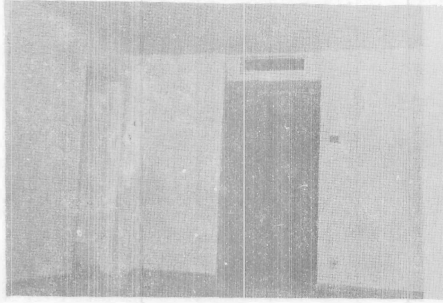
*Para el moldeado de prótesis dental*

AGRICULTURA

*Como abono para tierras*

77

## ALGUNAS APLICACIONES DEL YESO



## **PUZOLANAS**

### **DEFINICION**

*Con el nombre de puzolanas se les conoce a todos aquellos materiales que contienen constituyentes capaces de combinar con la cal a temperaturas ordinarias, para formar compuestos estables con propiedades cementantes.*

### **ANTECEDENTES**

*Hace más de 2000 años los griegos y los romanos sabían -- que ciertos materiales volcánicos finamente molidos, se convertían en aglomerantes hidráulicos al mezclarse con cal y arena, -- produciendo morteros que poseían no solamente una elevada resistencia mecánica si no que, además, resistían la acción del agua dulce o salada.*

*Los griegos emplearon con este fin una toba volcánica roja o púrpura abundante en las inmediaciones de la Isla de Santorin.*

*El mismo tipo de material que fue usado por los romanos era una toba volcánica roja o púrpura abundante en las inmediaciones de la Bahía de Nápoles. Como la mejor variedad de esta tierra se obtenía en la localidad de Pozzeoli, el material -- adquirió el nombre de Puzolana, y por extensión, este nombre -- fue dado a toda una serie de materiales que presentan las mismas características.*

## CLASIFICACION

Tomando en consideración el origen de las puzolanas, estas se pueden clasificar en naturales y artificiales.

La mayoría de las puzolanas naturales son de origen volcánico, aunque algunas otras son ciertas tierras de infusorios o tierras diatomáceas. Por su procedencia (polvos, cenizas o barros eruptivos) tienen las características de una roca deleznable. Las propiedades puzolánicas de estos materiales han sido logradas gracias a las reacciones químicas originadas por el vapor de agua, el bióxido de carbono en el interior de la corteza terrestre, y el cambio brusco de temperatura al ser arrojadas al exterior.

Las puzolanas artificiales son el producto de la cocción (600°C - 900°C) de arcillas y pizarras.

## UTILIZACION

Por las propiedades que tienen las puzolanas, estas pueden emplearse para la formación de morteros hidráulicos a base de cales grasas. Sin embargo, actualmente las puzolanas se emplean como sustituto parcial del cemento, en la elaboración del concreto puzolánico.\*

Algunos tipos de puzolanas naturales que se pueden encontrar en México, son: tepetate, poma planca, poma rosa, arena -- pómez, obsidiana, tezontle y tepechil. Un gran número de las puzolanas artificiales provienen de las escorias granuladas de altos hornos empleándose principalmente en la elaboración de cementos Portland de Escoria de Alto Horno y Cementos Puzolánicos. En el grupo de las puzolanas artificiales también podemos encontrar los residuos de la combustión de carbón pulverizado, usando principalmente en los controles termoeléctricos, a este producto también se le conoce con el nombre de fly-ashes.

\*Sobre este particular, consultese el tema "Cementos"

# ASFALTO

---

## ANTECEDENTES HISTORICOS

*Los primeros usos del asfalto de que se tiene noticia, corresponden a los habitantes del Valle del Eufrates: los sumerios.*

*Los sumerios demostraron tener gran habilidad manual, ya que se han desenterrado piezas de cerámica y piezas esculpidas que así lo demuestran. En algunos de estos descubrimientos arqueológicos se ha detectado la presencia de asfalto. En el museo de Constantinopla se conserva una escultura de un rey de Adab, la cual fue localizada en una excavación entre los ríos Tigris y Eufrates. Esta escultura data del año 3000 A de C aproximadamente y en las oquedades correspondientes a los ojos se han encontrado vestigios de asfalto, el cual probablemente sirvió como pegamento para los ojos de la escultura (tal vez marfil o madre perlas).*

*Diversos descubrimientos arqueológicos han detectado la presencia de asfalto en las culturas Persa (2800-2500 AC), en el embalsamiento de momias egipcias (2500 A de C), etc.*



Datos interesantes son también los mencionados en la Biblia\* en los cuales nos indica que Noé impermeabilizó su arca -- con asfalto; en otro pasaje bíblico\*\* se menciona el uso del asfalto para la construcción de la Torre de Babel.

Los Babilonios (700-500 C.C.) también usaron el asfalto en las construcciones que perpetuaron el nombre de sus monarcas.

Herbert Abraham nos proporciona una descripción detallada del uso del asfalto en la antigüedad en su libro *Asphalts and Allied Substances*\*\*\*

Algunos datos interesantes de la era moderna del asfalto, son los siguientes:

1836 Se usa el asfalto por primera vez para la elaboración de pavimentos. (Londres, Inglaterra).

1838 El mismo hecho anterior ocurre en Estados Unidos.

\* Génesis VI, 14

\*\* Génesis XI, 3

\*\*\* Editado por D. Van Nostrand Company, N. Y.

1854 En París se construye el primer camino a base de asfalto comprimido.

1854 El primer camino elaborado con concreto asfáltico se construye en París. Fue obtenido con una cimentación de concreto de 6" de espesor y cubierta en la superficie por una capa de roca asfáltica - compactado todo lo anterior a una capa de 2" de espesor. Este constituye el primer antecedente de las carpetas asfálticas actualmente utilizadas.

## **DEFINICION**

Las normas de la ASTM\* definen a los Asfaltos como:

"Materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color - que varía de negro a pardo oscuro y que se licúan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes principales son betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo; o combinaciones de estos entre sí, o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones".

## **OBTENCION**

Químicamente, el asfalto es una mezcla de hidrocarburos - obtenidos en el proceso de destilación del petróleo.

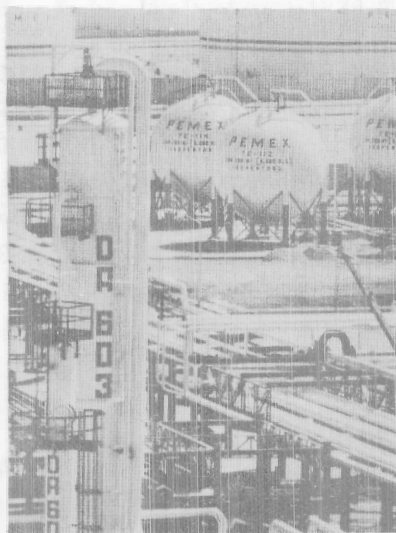
\* A.S.T.M. STANDARD 8



Este proceso de destilación puede efectuarse mediante 2 - maneras: natural y artificial.

Refiriéndonos brevemente a estos procesos, podemos indicar que la destilación natural ocurre al presentarse fallas, grietas o fracturas en las rocas impermeables que constituyen la parte superior de los yacimientos petrolíferos. En estos casos el petróleo líquido tenderá a salir a la superficie de la tierra, cambiando sus condiciones de temperatura y presión y perdiendo sus compuestos volátiles, transformándose entonces en asfalto.

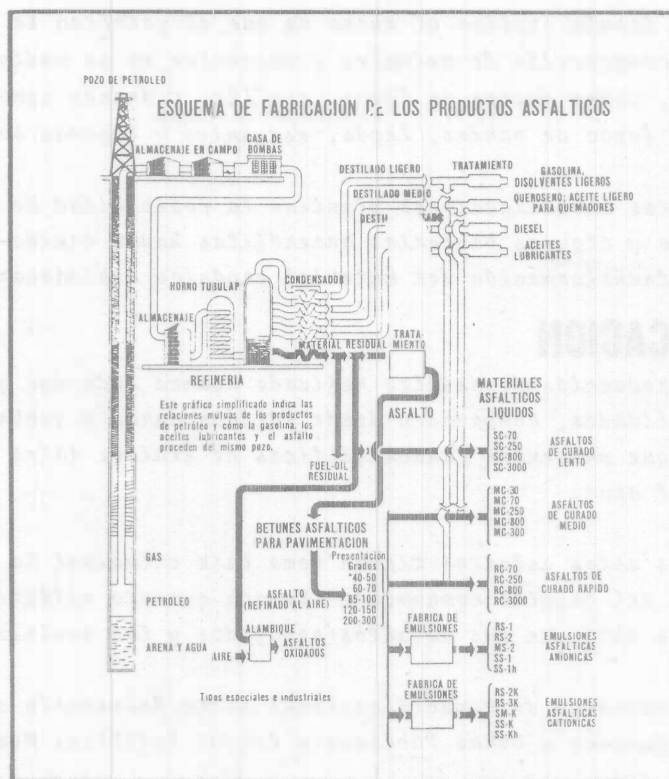
La destilación artificial del petróleo se lleva a cabo en plantas apropiadas y a ésta operación se le conoce con el nombre de REFINACION.



Durante este proceso los primeros componentes que se desprenden del petróleo, en forma de vapor, son: la nafta y las -- gasolinas quedando asentados los aceites pesados de donde

se obtiene el cemento asfáltico.

El diagrama que a continuación se muestra, nos indica las diferentes etapas de que consta la refinación del petróleo.



## ORIGEN

En los párrafos anteriores observamos que el asfalto es un componente del petróleo, por lo cual ambos tienen el mismo origen.

Diversas teorías han tratado de deducir el origen de este producto natural, pero la Teoría Orgánica ha sido la que más -- aceptación ha encontrado.

Esta teoría explica el hecho de que el petróleo se originó por la descomposición de animales y vegetales en un medio carente de aire, sobre suelos de limos, arcillas y arenas como por ejemplo el fondo de bahías, lagos, estuarios y lagunas someras.

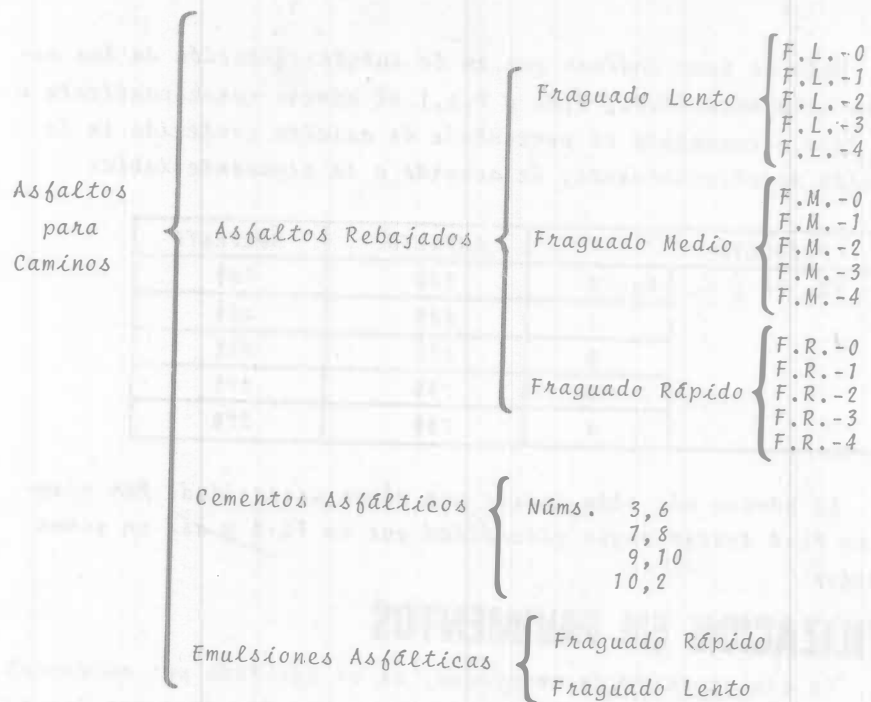
Ciertas investigaciones plantean la posibilidad de que el agua salada y algunas bacterias anaerófilas hayan tenido influencia en la transformación del material orgánico a hidrocarburos.

## **CLASIFICACION**

La producción de asfalto refinado abarca toda una gama de tipos y calidades, comprenden desde sólidos duros y quebradizos hasta los que presentan características de fluidez tales que se asemejan al agua.

Todos estos asfaltos tienen como base principal la forma semisólida del asfalto comunmente llamada cemento asfáltico, del cual se obtienen los asfaltos rebajados y las emulsiones.

Los manuales de especificaciones de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas y los de Petróleos Mexicanos, clasifican a los asfaltos para caminos de la siguiente forma que se muestra a continuación:



El cuadro anterior nos conduce a las siguientes definiciones:

- a) Asfaltos rebajados de fraguado lento, son el resultado de rebajar el cemento asfáltico con destilados de volatilización lenta, por ejemplo el diesel. Este tipo de asfaltos es también llamado aceites para camino.
- b) Asfaltos rebajados de fraguado medio, son el resultado de mezclar cemento asfáltico con kerosina.
- c) Asfaltos rebajados de fraguado rápido, son los productos obtenidos al agregar gasolina o nafta a un cemento asfáltico.
- d) Emulsiones asfálticas, constituidas por cementos asfálticos rebajados con agua o con algún otro agente emulsor.

Vale la pena indicar que en la subclasificación de los asfaltos rebajados (F.R., F.M. y F.L.) el número correspondiente a cada tipo, representa el porcentaje de asfalto contenido en la solución Asfalto-Solvente, de acuerdo a la siguiente tabla:

PRODUCTO		ASFALTO	SOLVENTE
FR, FM y FL	No. 0	50%	50%
	1	60%	40%
	2	67%	33%
	3	73%	27%
	4	78%	22%

El número más alto indica una mayor viscosidad. Por ejemplo en FL-4 tendrá mayor viscosidad que en FL-3 y así en forma sucesiva.

## UTILIZACION EN PAVIMENTOS

La conservación de un camino, se ve afectada por múltiples factores y los cuales es necesario conocer a fin de tomar las medidas preventivas necesarias y en esa forma poder mantener al camino en óptimas condiciones de tránsito. Estos factores pueden ser ocasionados por el tránsito de vehículos sobre el camino, o bien por condiciones climatológicas imperantes en la zona. Refiriéndonos a los primeros, podemos considerar:



La fricción de las ruedas de los vehículos sobre el piso y la fricción de las partículas entre sí, al ser movidas por el tránsito, provocan por abrasión, el desgaste y desintegración de las partículas. Al circular un vehículo, se forma un vacío parcial entre la llanta y la superficie de rodamiento, este vacío succiona el material fino de la superficie, el cual es sacado fuera del camino provocando polvaredas detrás del vehículo. La estructura del camino también se ve seriamente perjudicada cuando las ruedas de algún vehículo chocan contra obstáculos depositados sobre el camino.

Refiriéndonos a los factores de origen climatológico, la lluvia es el principal enemigo de los caminos, en primer lugar porque estos adquieren una humedad excesiva que hace que disminuya el valor relativo de soporte\*.

La utilización de pavimentos asfálticos nos ayudará a atenuar en gran forma, los efectos antes señalados.

Con estos antecedentes, definiremos a los pavimentos asfálticos como las superficies de rodamiento construídas sobre bases adecuadas, empleando para ello asfalto, productos asfálticos y agregados pétreos. La aplicación de pavimentos asfálticos la encontramos principalmente en caminos, calles, estacionamientos, etc. El empleo de pavimentos asfálticos permite un mayor volumen de tránsito de vehículos, con las debidas condiciones de seguridad, rapidez y comodidad para los usuarios.

\*Índice que en porcentaje nos muestra la consistencia del material de la terracería. A mayor valor relativo de soporte, corresponderá una mayor capacidad soportante.

Los pavimentos deberán ser estables, y su construcción se llevará a cabo sobre bases y sub-bases también estables, la superficie de rodamiento deberá ser lo más impermeable posible, ya que así se evitará la entrada del agua que originaría la destrucción del camino.



# PAVIMENTOS ASFALTICOS

## CLASIFICACION

A continuación se presenta la clasificación de los pavimentos asfálticos basada en los materiales empleados y en los procedimientos de construcción que requiera.

### I.- CARPETAS CONSTRUIDAS A BASE DE MEZCLAS

( concreto asfáltico )

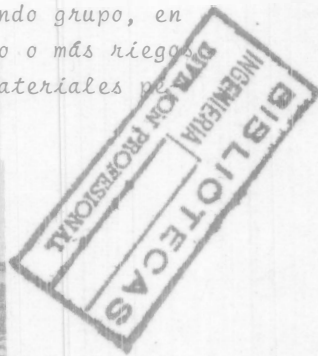
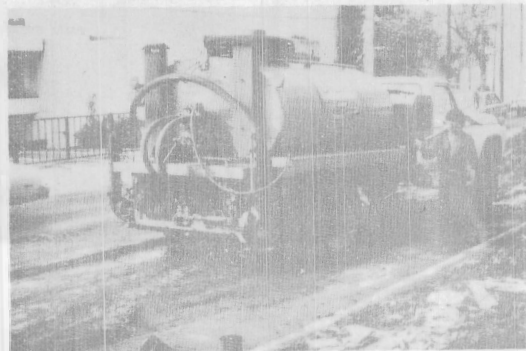
- a) Por el sistema de mezclas en planta estacionaria
- b) Por el sistema de mezclas en el lugar

### II.- CARPETA CONSTRUIDA A BASE DE RIEGOS

- a) Tratamiento de un solo riego (incluyendo el riego de impregnación a la base)
- b) Tratamiento de riegos múltiples (dos a cuatro riegos)

El primer grupo se emplea para tránsito pesado, y en este se encuentran incluidas las carpetas construídas mediante el --mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y asfalto o un producto asfáltico.

Para tránsito ligero, se selecciona el segundo grupo, en el están incluídas las carpetas construídas con uno o más riegos asfálticos, cubiertos sucesivamente con capas de materiales pétreos de diferentes granulometrías.



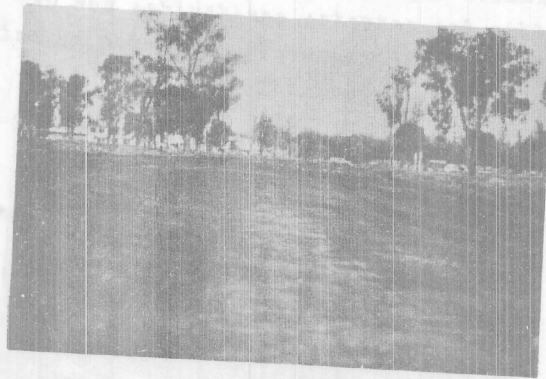


# PAVIMENTOS ASFALTICOS

## REQUISITOS A SATISFACER

La conservación adecuada de un pavimento asfáltico, estará sujeta principalmente a 4 propiedades físicas, sin éstas la vida del camino disminuirá notablemente:

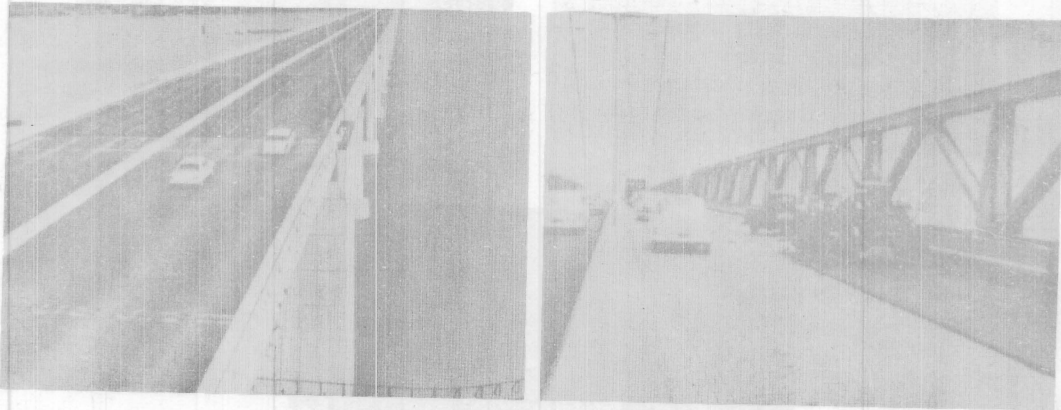
- a) **ESTABILIDAD.**- Constituye la resistencia del pavimento a deformaciones provocadas por la intensidad y - sobre todo, por las cargas de tránsito.
- b) **DURABILIDAD.**- Es la resistencia del pavimento al deterioro, provocado ya sea por condiciones climatológicas, como por condiciones del tránsito de vehículos.
- c) **FLEXIBILIDAD.**- Deberá resistir, sin agrietarse, las deformaciones normales que sufre cualquier pavimento.
- d) **TEXTURA DE LA SUPERFICIE.**- Esta deberá ser uniforme y ligeramente áspera, contribuyendo con ello a la seguridad del conductor ya que se evitan los patinajes peligrosos.



## EMPLEOS DEL ASFALTO PAVIMENTACION EN PUENTES

La utilización de superficies asfálticas en puentes, presenta grandes ventajas, analicemos algunas de ellas:

- La correcta construcción de una superficie asfáltica -- sobre un puente, puede llegar a impermeabilizar el piso de éste, con lo cual los gastos de mantenimiento de la estructura serán más bajos, ya que el agua y las sales no penetrarán a través del puente.
- Seleccionando una adecuada granulometría, la superficie de rodamiento podrá tener una textura que la haga resistente al deslizamiento, teniendo como resultado una mayor seguridad para los conductores.

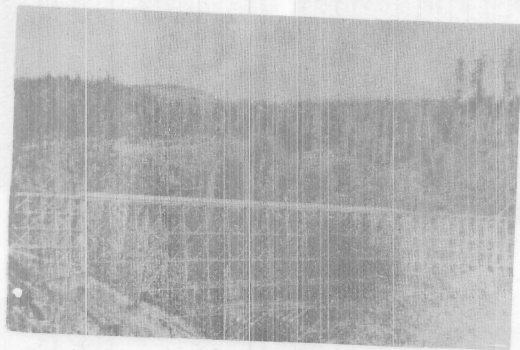
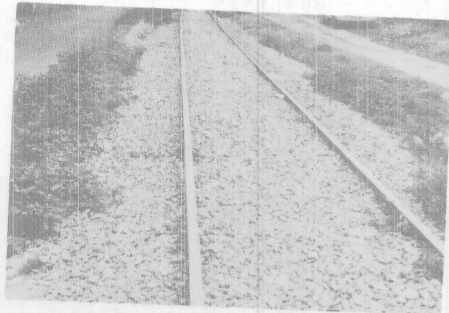
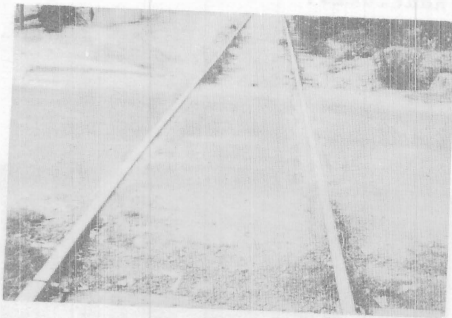


## FERROCARRILES

Los pavimentos asfálticos han sido de uso frecuente en los pasos a desnivel, construcción de pavimentos entre las vías y en el recubrimiento de vías abandonadas o también cuando son retiradas las vías.

Investigaciones y experimentos recientes, han descubierto que si el balasto usado en vías férreas es tratado con productos asfálticos, las erogaciones por concepto de conservación llegan a reducirse hasta en un 50%.

Por otro lado, es frecuente ver puentes de madera a lo largo de algunas vías férreas. Los gastos de conservación se reducen enormemente cuando éstas estructuras son protegidas mediante tratamientos asfálticos.



## OBRAS HIDRAULICAS

La aplicación del asfalto en obras hidráulicas data de la antigüedad. Hallazgos arqueológicos así lo demuestran, pues -- han sido localizados depósitos de agua que fueron recubiertos -- con asfalto.

La facilidad de obtención, su precio accesible y las grandes ventajas que presenta, han hecho posible la aplicación del asfalto en el revestimiento de canales, impermeabilización de albercas, protección de depósitos de agua, control de erosión en torrentes y lagos, revestimiento de presas, escolleras y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

La mayor parte de los ejemplos antes citados, requieren un proceso constructivo "in situ", pero cuando las limitaciones de espacio, la falta de maquinaria adecuada, o simplemente la economía de la obra no permite realizar las mezclas asfálticas en el lugar en el que se utilizaran, tenemos la opción de recurrir a los revestimientos asfálticos prefabricados. Estos consisten en un alma (elaborada de diversos tejidos) recubierta por una mezcla asfáltica impermeable densa.

La presentación de estos productos es en paneles o en rollos hasta de 10 m.

Otra aplicación del asfalto, en lo que corresponde a obras hidráulicas, se presenta en los revestimientos de mampostería en los que en lugar de emplear un mortero tradicional en las uniones, se aplica asfalto para la unión entre piedra y piedra.

Este tipo de revestimientos ha sido probado en torrentes que con frecuencia transportan grandes caudales a altas velocidades.

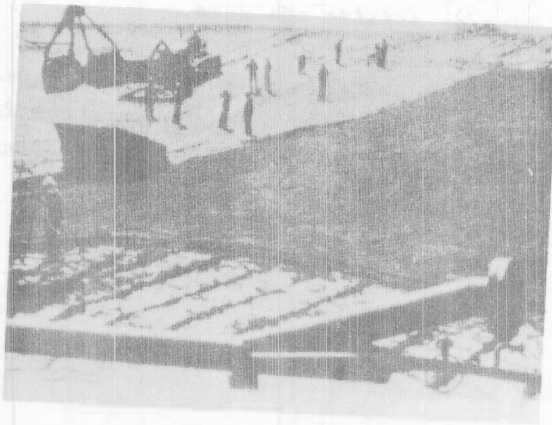
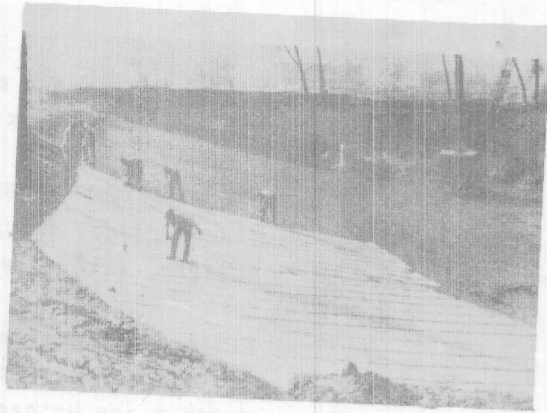
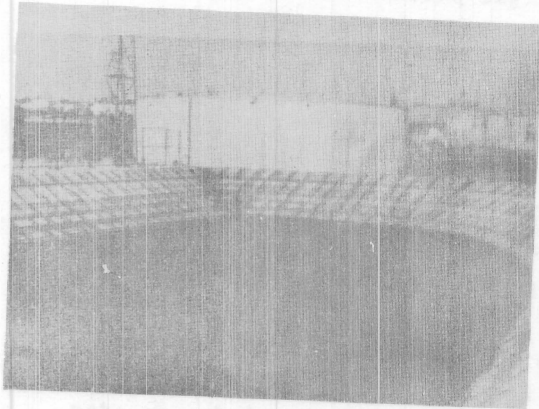
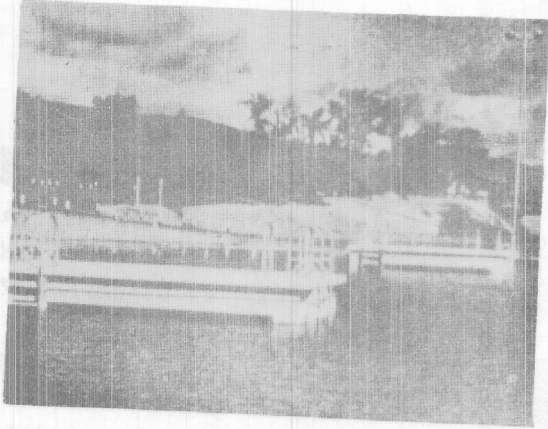
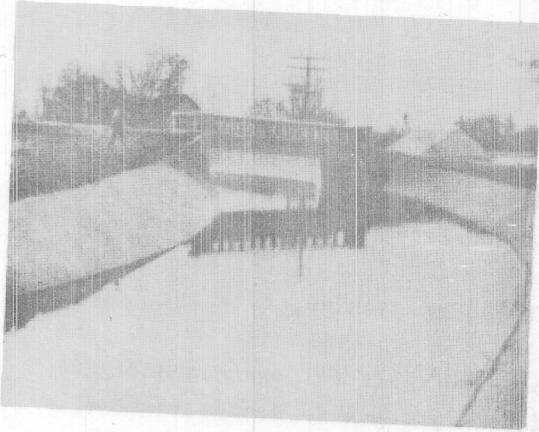
La experiencia que se ha tenido con este tipo de trabajo, recomienda el análisis cuidadoso del costo, pues en muchas ocasiones se podrá encontrar algún otro procedimiento más económico y eficaz.

Diversos tipos de mezclas asfálticas también han sido probadas para evitar la erosión en ríos y lagos.

Los diques y escolleras utilizados para protección contra los embates del mar, también han tenido la influencia del asfalto como material constructivo. Esta aplicación del asfalto es relativamente nueva, pues la idea nació a raíz de que en 1935 - fue reparada una escollera, llenando los huecos y recubriéndola con una mezcla a base de arena y asfalto. Los estudios para este tipo de obras continuaron, y en 1948 en North Carolina se recubrió un dique con una mezcla de arena y asfalto en caliente y los resultados que se obtuvieron con este procedimiento constructivo fueron bastante aceptables.

Las mezclas asfálticas también han sido empleadas en el recubrimiento de presas, con el consiguiente beneficio económico y éxito técnico.

# APLICACIONES DEL ASFALTO EN OBRAS HIDRAULICAS



## IMPERMEABILIZACION DE CUBIERTAS

Una de las principales preocupaciones del hombre, ha sido el protegerse de las fuerzas de la naturaleza tales como el calor, el frío, el viento, la lluvia, el granizo, la nieve, etc.

Uno de los primeros descubrimientos de los pueblos antiguos fue el asfalto y su aplicación inicial, según lo demuestran las construcciones que aún subsisten, fue precisamente en edificios y caminos.

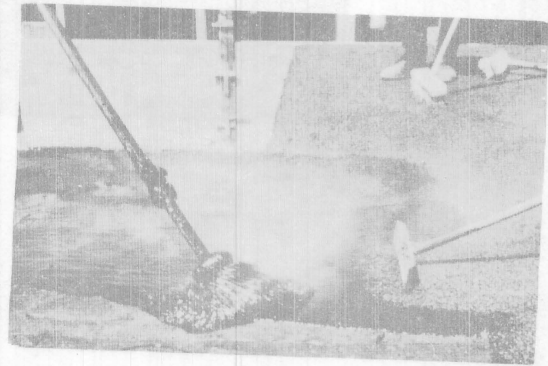
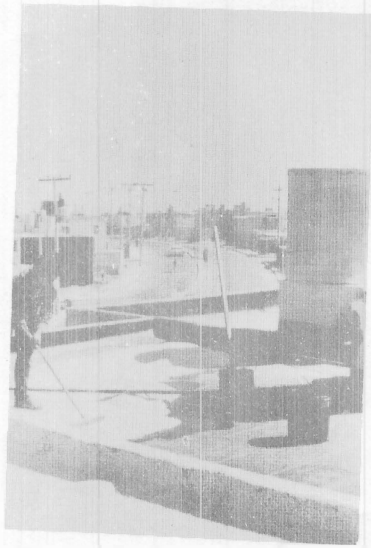
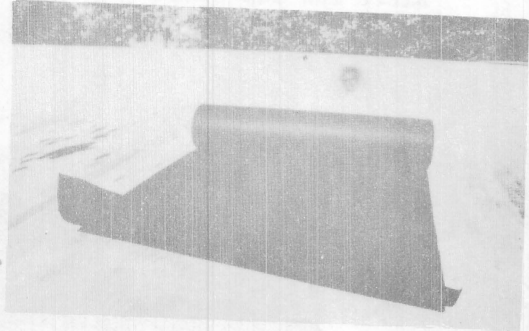
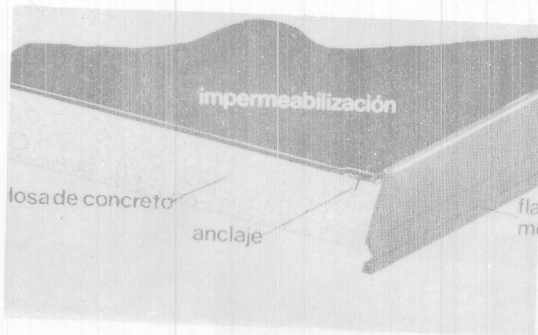
Las impermeabilizaciones asfálticas para cubiertas las podemos clasificar básicamente en 2 grupos:

### 1.- REVESTIMIENTOS PREFABRICADOS

- a) Placas compuestas principalmente por 3 materiales: asfalto, fieltro y partículas minerales.
- b) Fieltros asfálticos en rollo con superficie lisa. Compuestas por una hoja de fieltro saturado con asfalto y con un recubrimiento en ambos lados de otro tipo de asfalto más duro.
- c) Fieltros asfálticos en rollo con superficie mineral. Su composición es similar, pero con la adición de partículas minerales en una o en ambas caras.

## 2.- CUBIERTAS ASFALTICAS CONSTRUIDAS IN SITU

Elaboradas con varias capas de fieltro saturado con asfalto y ligadas en forma alternada con asfalto. La última capa requiere un riego asfáltico recubierto posteriormente con grava.





## TERRENOS DE JUEGO

Todos los terrenos de juego construidos con mezclas asfálticas, ofrecen la ventaja de tener gastos mínimos de mantenimiento de ahí el que cada vez sean más populares.

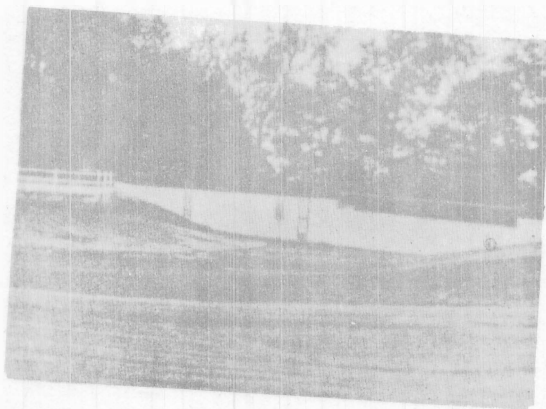
Un ejemplo que nos permite ver las ventajas de lo antes señalado, lo encontramos en las canchas de tenis, en estas es posible jugar inmediatamente después de una lluvia, lo que no es posible con una cancha de arcilla.



## REVESTIMIENTOS ASFALTICOS PARA PISCINAS

*El asfalto es un material que ofrece ventajas excepcionales para el revestimiento de albercas: suavidad de la superficie, aspecto agradable, alta resistencia al agua, rayos solares, aire, presión, peso, deshielo, cloro y a la abrasión.*

*El "Manual del Asfalto" en su sección 15.27 nos enseña algunos ejemplos de albercas que han sido revestidas con concreto asfáltico.*



# MATERIALES METALICOS

---

## HIERRO Y ACERO

*Casi todas las construcciones requieren de estos materiales metálicos, sin embargo el hierro no se encuentra puro en la naturaleza, sino que se halla mezclado en forma de óxidos. La utilización del hierro requiere de procesos especiales que eliminen todo tipo de impurezas.*

*Por otro lado, el acero es un producto derivado del hierro relativamente puro. Para su obtención es necesario combinar, -- además, carbono, y cantidades mínimas de magnesio, fósforo, azufre, silicio, etc.*

## OBTENCION

*La siguiente secuencia nos dará una idea de las etapas necesarias para obtener el hierro y el acero empleadas en la construcción:*

EXPLOTACION DE LOS BANCOS DE MATERIAL.- Etapa inicial en la cual pueden emplearse los sistemas "a cielo abierto" o bien a "tajo -abierto"

TRITURACION.- En esta etapa, el producto resultante de la operación anterior, se reduce a tamaños máximos de 4 cm.

ALMACENAMIENTO Y MEZCLADO.- De las trituradoras, el material es almacenado en grandes patios donde se mezcla con otros minerales. Estos patios constituirán la alimentación de los "altos hornos".

ALTOS HORNOS.- Es aquí precisamente, donde se inicia el proceso de manufactura del acero. El mineral de hierro se mezcla con carbón de coque y piedra caliza. El producto resultante de los altos hornos, se le designa con el nombre de arrabio o fierro de primera fusión, contiene impurezas tales como carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre estas impurezas deberán eliminarse - ya que confieren fragilidad a los productos de acero.

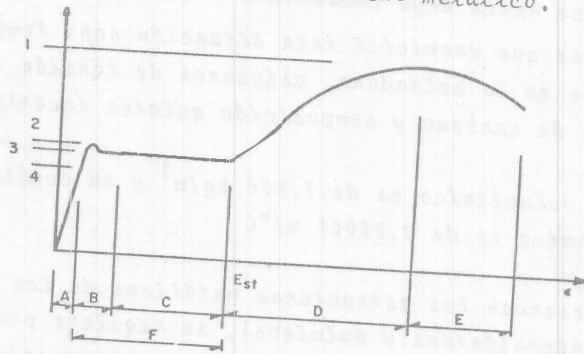
Para los procesos de aceración al hierro líquido se vacía en ollas-termo para transportarlo a los hornos de aceración. -- Para poder cargar un horno, se requiere de un 75% de arrabio y el otro 25% serán: chatarra, mineral de hierro y piedra caliza.

Durante los procesos de aceración (por ejemplo el Siemens-Martin o el de convertidor Bessemer) se eliminan las impurezas - dando como resultado un hierro casi puro en elementos denominados lingotes.

Las formas comerciales del acero estructural, se elaboran sometiendo los lingotes a procesos como laminación en caliente y tratamientos en frío, es así como a partir del primer proceso obtenemos placas, perfiles estructurales y casi todas las varillas usadas en el concreto reforzado. Los tratamientos en frío son procesos de estiramiento o torcido, mediante este proceso obtenemos varillas de alta resistencia y el acero para preesfuerzo.

# PROPIEDADES

Por medio de ensayo de laboratorio, se han obtenido las curvas llamadas de esfuerzo-deformación del acero. Tienen una gran importancia, puesto que de esas podemos definir las principales características de este material metálico.



- 1- Esfuerzo máximo 2- Límite de fluencia superior 3- Límite de fluencia inferior  
 4- Límite de proporcionalidad A- Rango elástico B- Flujo plástico restringido  
 C- Flujo plástico no restringido D- Endurecimiento por deformación  
 E- Estrangulamiento y fractura F- Rango inelástico

Para este estudio, empezaremos por definir el concepto de límite de fluencia como el punto en donde el acero cambia del estado elástico al estado plástico, en otras palabras es el punto donde empieza a fluir el acero. Basándonos en esta definición podemos clasificar a los aceros empleados en la construcción, en dos tipos: los que tienen un límite de fluencia definido (aceros laminados en caliente) y los que no lo tienen (aceros trabajados en frío).

Resistencia al esfuerzo cortante: 75% de la resistencia a tensión

Módulo de elasticidad  $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Poisson (Relación de la deformación transversal entre la deformación longitudinal)

varía de 0.25 a 0.33

Alta ductilidad (capacidad de deformación antes de la falla), pero a mayor resistencia disminuye esta propiedad.

Su tenacidad (capacidad para absorber energía) es grande.

El acero es un material de consistencia dúctil pero ante ciertos factores se puede comportar frágilmente llegando incluso a fallar sin que antes haya presentado deformaciones plásticas. Algunos factores que propician esta situación son: temperaturas bajas, defectos en la soldadura, esfuerzos de tensión elevados, alto contenido de carbono y composición química incorrecta.

Su peso volumétrico es de  $7,800 \text{ kg/m}^3$  y su coeficiente de dilatación térmica es de  $0.00001 \text{ m/}^\circ\text{C}$

Para preservar las estructuras metálicas de los agentes -- corrosivos (atmosféricos y químicos), se requiere proteger las estructuras mediante la aplicación de pinturas especiales que -- pueden estar fabricadas a base de plomo, aluminio o cromo. Exis -- ten aleaciones como la del cobre y cromo, que sin necesidad de tratamientos especiales se conservan mejor.

El acero en sí es incombustible, pero las altas temperaturas propician que su resistencia disminuya. Para la protección contra incendios de estas estructuras, se emplean revestimientos como por ejemplo: concreto, yeso, vermiculita, y determinados -- tipos de pintura.

Mariano Hernández en su libro "El hierro en la Construc-- ción" nos proporciona una serie de cualidades que tienen las -- obras construídas con estructuras metálicas al compararlas con -- construcciones de concreto:

- 1.- Teniendo el estudio completo de la estructura metálica, el tiempo de ejecución es menor que el de una -- obra de concreto.
- 2.- El concreto requiere una constante supervisión de la dosificación de los agregados, problema que no se pre -- senta con las estructuras metálicas.

- 3.- Los agentes atmosféricos no constituyen un problema para el montaje.
- 4.- Las dimensiones de sus elementos son menores que en el caso del concreto, por lo que se aumenta el área útil de cada planta.
- 5.- El valor de rescate que se pueda obtener por la estructura metálica en caso de expropiación, es superior al de las estructuras de concreto.
- 6.- Posibilidad de modificaciones, ya sea durante la ejecución o bien posteriormente.

Contra estas ventajas, ya hemos indicado en párrafos anteriores la debilidad ante agentes corrosivos, fuego, alto peso volumétrico ( $7,800 \text{ kg/m}^3$ ).

Las propiedades del acero mejoran notablemente cuando se obtienen aleaciones con cualquiera de estos elementos: cromo, níquel, molibdeno, titanio, vanadio y tungsteno.

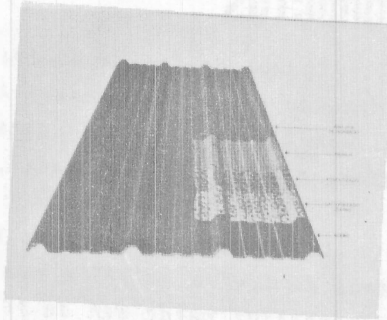
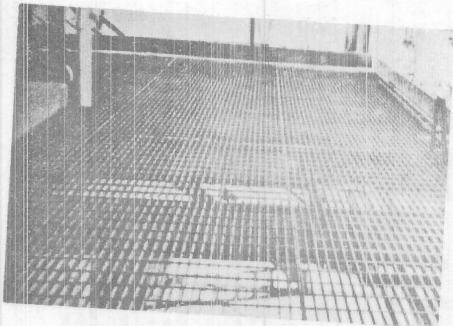
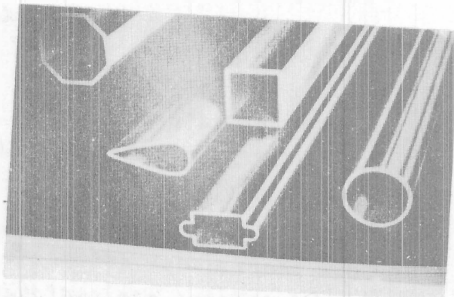
## PRODUCTOS

Algunos de los productos comerciales que se consiguen en el mercado y que interesan a la industria de la construcción, son: varillas de refuerzo para concreto, perfiles laminados, tuberías, rieles de ferrocarril, cables etc.

Las varillas empleadas para reforzar concreto, tienen diámetros de  $1/4''$  a  $1 1/2''$  o más en casos muy especiales, su longitud comercial puede ser de 10 y 12 m. Las varillas laminadas en caliente tienen límites de fluencia comprendidos entre los  $2300 \text{ kg/cm}^2$  hasta los  $4200 \text{ kg/cm}^2$ ; las varillas obtenidas de acero trabajado en frío tienen entre  $4,000$  y  $6,000 \text{ kg/cm}^2$  como límite de fluencia.

Algunos productos de acero, para construcciones estructurales, son: vigas de diferente sección transversal, canales, ángulos, placas y secciones compuestas.

MUESTRA					
Nº	h	b	t	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
2.5	7.9	3.1	0.4	24.8	0.80
3	6.3	3.1	0.4	16.6	0.71
4	12.7	3.1	0.4	35.9	1.17
5	15.9	3.1	0.4	50.0	1.68
6	19.1	3.1	0.4	69.3	2.27
7	22.3	3.1	0.4	89.7	3.07
8	25.4	3.1	0.4	111.2	4.07
9	28.4	3.1	0.4	133.8	5.33
10	31.5	3.1	0.4	157.5	6.78
11	34.6	3.1	0.4	182.3	8.43



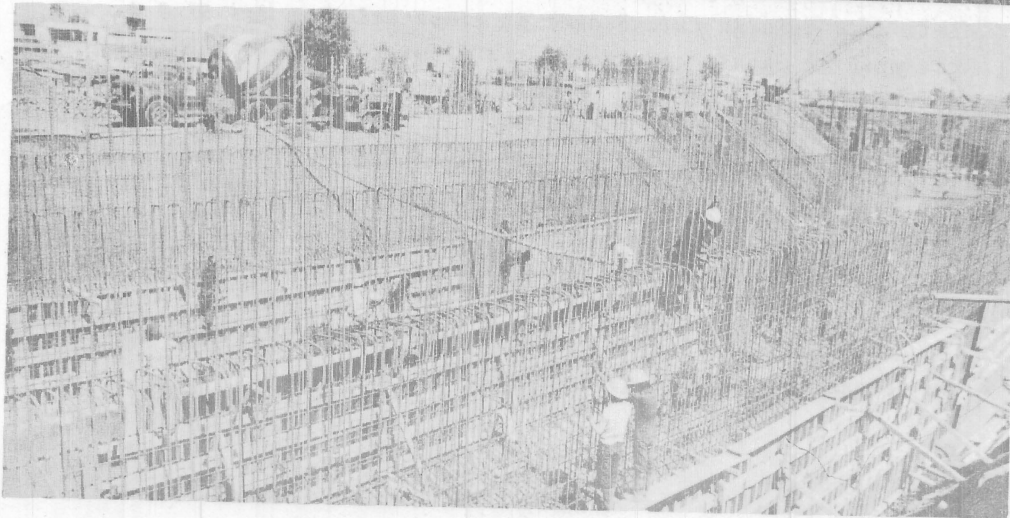


## APLICACIONES

Casi cualquier obra de cierta importancia requiere acero, en cualquiera de sus presentaciones.

Por ejemplo, en obras que requieran concreto, el acero -- siempre estará presente; en obras de edificación como refuerzo de traveses, columnas y losas, en naves industriales constituirán la estructura para el techado, así también se empleará malla de acero como refuerzo en pisos.

Puentes, pasos a desnivel, estructuras preesforzadas, para la fabricación de herramientas en la industria automotriz, etc. son sólo algunas de las aplicaciones que tiene el acero.



# ALUMINIO

## ANTECEDENTES HISTORICOS

Las aplicaciones que se le han encontrado son múltiples; pues ha intervenido en construcción de casas y edificios, estructuras especiales como puentes, estructuras provisionales - como locales de exposición, etc.

La importancia del aluminio como material constructivo radica en las altas resistencias que soporta, además de su bajo peso por unidad de volumen.

A continuación se presentan dos ejemplos de esta propiedad física:

En 1947 se erigió un tramo del puente de ferrocarril de Massena, N. Y., su construcción se hizo con aluminio habiendo alcanzado un peso de 24 t, el mismo tramo si se hubiese construido en acero hubiera pesado 57 t.

El primer puente construido con hierro fundido cubre - un claro de 30m. y su peso fue de 378 t (Coalbrookdale, E.U.); este dato resulta interesante al compararlo con las 51.5 t. -- que pesó un puente construido con aluminio en 1948 cubriendo un claro de 36 mt.

El elemento metálico que más abunda en la corteza terrestre es precisamente el aluminio. Llega a formar hasta el 8 % de esa capa, el segundo metal más abundante es el hierro y -- únicamente está presente en un 5% de la corteza terrestre.

El aluminio es un material relativamente nuevo, ya que su obtención se logró a principios del siglo XIX.

Los primeros intentos de obtener este metal los realizó H. Davy en 1807. No logró su objetivo pero llamó a este nuevo metal *aluminium*. Hans Christian Oersted es el primero que logra aislar al aluminio (1825).

## OBTENCION

Para obtener aluminio es necesario partir de un óxido de aluminio con un alto grado de pureza, esto se logra con un tratamiento en el que intervienen sosa cáustica y vapor. El óxido obtenido pasa por un proceso de reducción, que se logra por electrólisis y en el que se obtiene aluminio metálico casi puro.

El aluminio fundido obtenido en la etapa anterior se vierte en moldes para formar lingotes. Estos lingotes nuevamente vuelven a fundirse y combinándolos con otros elementos se obtienen nuevos lingotes con diversos tipos de aleaciones.

Se distinguen principalmente dos grupos de métodos para la fabricación del aluminio:

Fabricación por tratamiento mecánico.- las aleaciones de aluminio pueden ser sometidas a los mismos tratamientos mecánicos que el acero, con estos se obtiene cualquier forma de perfil y sus características resistentes mejoran.

Los principales tratamientos mecánicos son: laminación en caliente, laminación en frío, estirado en frío, forjado y extrusión.

La mayoría de los perfiles empleados para fines estructurales se fabrican por el tratamiento mecánico de aleaciones resistentes a base de magnesio y silicio.

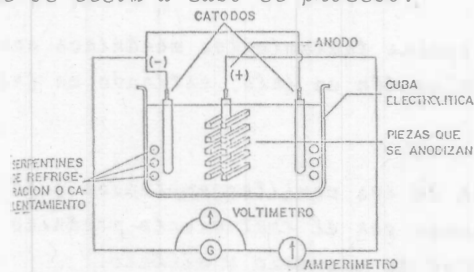
Fabricación por fundición.- estos productos se obtienen vertiendo la aleación fundida, en moldes de arena, yeso o metal. Una variante de este sistema consiste en forzar la aleación fundida dentro de un molde de acero por medio de presión.

Con este proceso se obtienen elementos decorativos y -- arquitectónicos diversos y solamente en contados casos se fabrican elementos estructurales.

Gracias a la maleabilidad que presenta el aluminio, se pueden obtener perfiles de diseño más complicado que las que son posibles fabricar con acero.

Ciertos productos de aluminio son sometidos a un proceso de anodizado con objeto de preservarlos de los efectos de corrosión.

El anodizado del aluminio es un proceso que constiste - en formar una película de óxido sobre el aluminio. Para llevar a cabo este proceso se requiere de un depósito que contenga -- una solución ácida llamada electrolito, a la que se le aplica una corriente eléctrica directa con voltaje previamente especificado. Las piezas de aluminio se conectan al polo positivo y se sumergen en la solución electrolítica. Por último el - - circuito se cierra con un polo negativo de material apropiado. El esquema que se presenta a continuación nos ilustra la forma en la cual se lleva a cabo el proceso.



ESQUEMA DE UNA CELDA ELECTROLITICA PARA ANODIZAR ALUMINIO

Este proceso provee a las piezas de aluminio de una película de óxido, la que estará en función del voltaje aplicado, del tipo de electrolito usado durante el proceso y del tipo de aluminio o aleación que se haya sometido a este proceso. Para productos de aluminio puro, las capas de óxido que se forman con el anodizado serán mayores, mientras que capas con menores espesores se formarán en aleaciones de aluminio que contengan metales pesados sometidos a tratamientos térmicos.

## PROPIEDADES

Al hablar de madera, acero, pintura o plásticos empleamos un lenguaje común que nos describe, con una sola palabra, los diferentes tipos y calidades de una misma familia de productos. Así por ejemplo, al hablar de "acero" entendemos -- acero dulce, acero estructural, acero inoxidable o cualquier otra calidad de este metal. De igual forma, con el término -- "aluminio" se puede designar tanto al producto, que es 100% -- puro, como también a la amplia gama de aleaciones de aluminio y otros metales.

Considero importante haber establecido esta aclaración, puesto que muchas de las aleaciones del aluminio tienen características que difieren en forma notable de lo que es el aluminio como metal puro. A pesar de esto, el aluminio en general se caracteriza por ser un metal con buena resistencia, -- poco peso, gran duración y aspecto agradable.

### Peso Específico

Al comparar al aluminio con otros metales comerciales empleados en la construcción como el hierro, cobre, plomo y cinc, observamos que el aluminio destaca por su ligereza. El

metal puro tiene un peso específico de 2.7 [aproximadamente la tercera parte del peso específico de los otros metales].

#### Densidad

Conviene señalar que al emplear en las construcciones materiales con poco peso, estaremos reduciendo los pesos -- muertos de las estructuras. La siguiente tabla nos muestra la densidad de algunos materiales empleados comunmente en -- construcciones:

MATERIAL	DENSIDAD Kg/m <sup>3</sup>
Aluminio	2704
Tabiques	2080
Concreto	1600 - 2400
Cobre	8880
Plomo	11360
Acero	7840
Madera	640 - 960

#### Resistencias

Las aleaciones comunes del aluminio alcanzan resis-- tencias que varían de 1800 a 5000 Kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo de fluen-- cia varía entre 1000 y 4000 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia al esfuer-- zo cortante es de aproximadamente al 60% de la resistencia a la tensión.

#### Módulo de Elasticidad

En los productos de aluminio puro, el módulo de elasti-- cidad es aproximadamente de  $0.7 \times 10^6$  kg/m. m<sup>2</sup>. Para las -- aleaciones que se fabrican con más frecuencia, este valor os-- cila entre  $0.66 \times 10^6$  y  $0.82 \times 10^6$  kg/m. m<sup>2</sup>.

Estos valores son del orden de la tercera parte de los que llega a alcanzar el acero para estructuras; esto significa que bajo una carga dada una estructura de aluminio se deformará tres veces más que una de acero.

#### Coefficiente de dilatación lineal

En temperaturas comprendidas entre 20°C y 100°C este coeficiente es de .000024 para aluminio puro y varía para las aleaciones desde 0.000019 hasta 0.000024.

Este dato llega a ser importante si consideramos que muchos edificios se construyen revistiendo sus fachadas con elementos prefabricados de aluminio.

Casi todas las aleaciones de aluminio pueden soldarse, aunque con más dificultad que en el acero. La soldadura en elementos de aluminio deberá ser sometida a rigurosa supervisión, ya que las piezas soldadas suelen debilitarse y casi siempre el material de la soldadura es más débil que las piezas que se desean ligar.

#### Resistencia a la Corrosión

El aluminio puro no es muy resistente a la corrosión, esta resistencia aumenta cuando se obtienen aleaciones con otros metales. Las aleaciones de aluminio presentan una mayor resistencia a la corrosión que los aceros ordinarios. En muchas ocasiones se emplean productos de aleaciones de aluminio sin darles ningún tratamiento de protección.

Existen tres causas que facilitan la corrosión de las aleaciones del aluminio, la acción de la atmósfera, el contacto con ciertos productos químicos y los fenómenos de tipo --

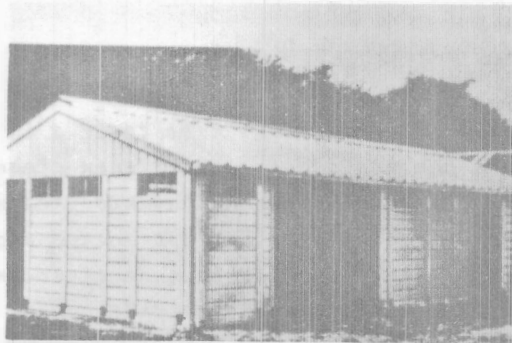
electrostático o galvánico, los cuales se presentan cuando el aluminio está en contacto con otros metales en un ambiente húmedo. La corrosión debida a estos fenómenos podrá evitarse si los materiales metálicos son separados por medio de materiales no conductores.

#### Conductibilidad Eléctrica

En el aluminio de gran pureza es por unidad de volumen el 62% de la del cobre y por unidad de peso es mejor que la del cobre.

#### Otras propiedades

El aluminio es un buen aislante térmico, debido entre otras cosas a que tiene una gran reflectividad (85% para la luz blanca), y baja emisividad de 0.05 para una superficie de aluminio pulida.

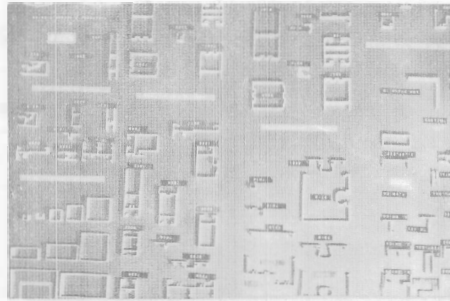




## APLICACIONES

Las múltiples aplicaciones que el aluminio tiene dentro de la Industria de la Construcción han sido posibles gracias a la enorme variedad de elementos extru~~idos~~idos y perfiles estructurales que se fabrican en México. Algunas de estas piezas - llegan a tener dimensiones hasta de 10" x 10" x 1/4" para el caso de ángulos, vigas "I" de 12", canales de 15", etc.

A continuación se presenta una síntesis de las principales aplicaciones que se le pueden dar al aluminio:

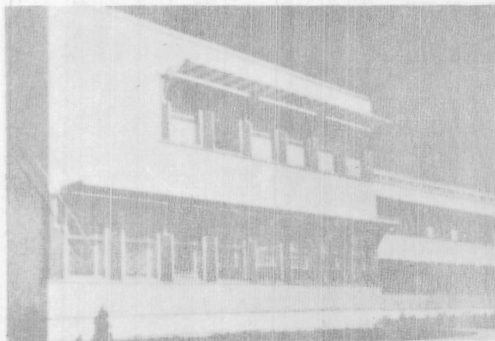


## PUERTAS Y VENTANAS

Los materiales que tradicionalmente se han empleado - para cancelería han sido bronce, madera y acero. Los dos últimos requieren de tratamientos periódicos que les permitan una conservación adecuada, por lo que el bronce, al tener mayor durabilidad, es superior a ambos. El inconveniente que presenta el bronce es su alto costo.

El aluminio ha ganado terreno en este aspecto pues resulta ventajoso, principalmente por sus diseños variados, aspecto agradable, resistencia y durabilidad.

Al considerar que las cubiertas de cualquier obra son la parte más vulnerable de todas las superficies exteriores de los edificios, debemos siempre pensar en que estas deben poseer una excelente durabilidad.



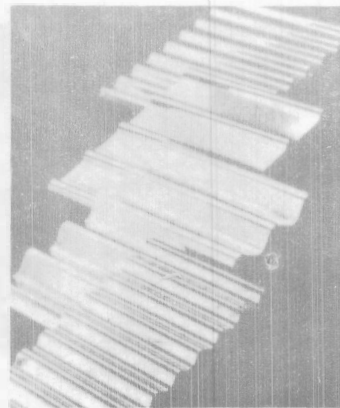
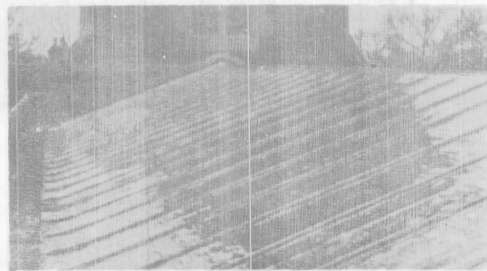
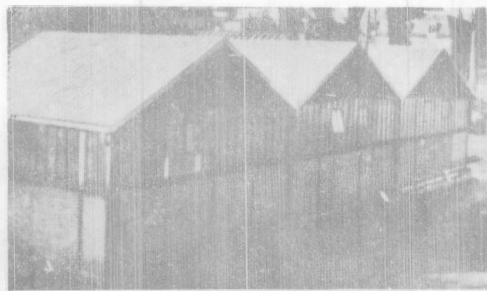
## RECUBRIMIENTOS EN TECHOS Y MUROS

En la actualidad, el aluminio puede ser empleado en cualquier tipo de tejados y muros, principalmente por sus características.

Conviene señalar que entre otras ventajas, el aluminio para cubiertas de edificios presenta un peso de  $2.15 \text{ kg/m}^2$  y su vida útil puede llegar hasta 200 años antes de que se produzca la perforación de la chapa por su exposición a la atmósfera.

Además de emplearse láminas lisas para este propósito, también se fabrican láminas onduladas que presentan una mayor facilidad para el montaje, mas duración y un aspecto más atractivo.

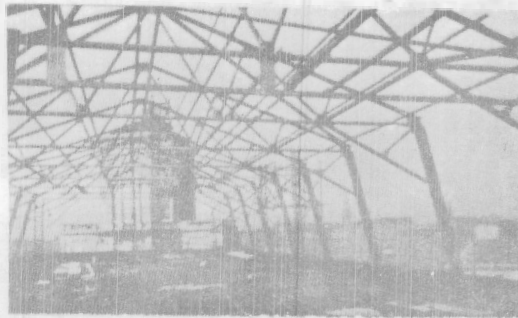
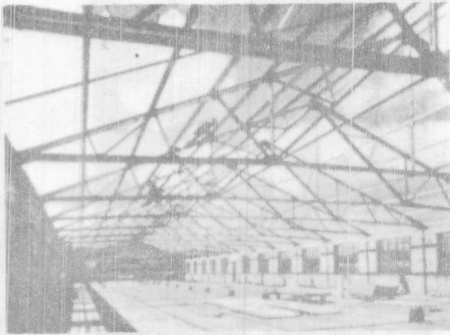
Los edificios industriales, comerciales y agrícolas son los lugares más apropiados para el empleo del aluminio en muros y techos.



## ESTRUCTURAS

*Durante mucho tiempo el aluminio fue un metal cuya producción era absorbida casi exclusivamente por las industrias aeronáutica y de transporte. El estudio de las características de las aleaciones del aluminio se hizo más profundo, cuando se requirió transportar por aire cargas más pesadas. Ante este problema, el aluminio y sus aleaciones empezaron a ser estudiados desde el punto de vista estructural.*

*Un inconveniente que deberá tomarse en consideración - al proyectar una estructura de aluminio es la resistencia al fuego que pueda alcanzar la estructura. La carga de rotura - de una aleación estructural de aluminio se reduce en un 50% al calentarlo a una temperatura de 250°C; para que ocurra lo mismo en una estructura de acero, se necesitarán 500°C.*



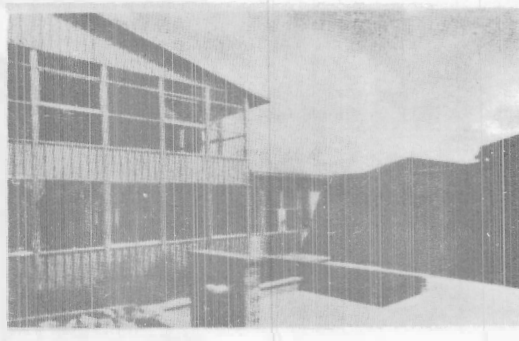
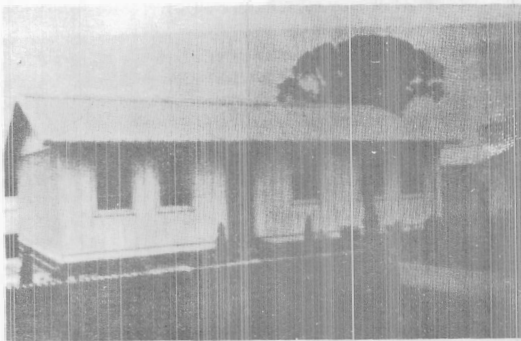
## EDIFICACIONES DE ALUMINIO

*Una de las técnicas de prefabricación en obras de edificación ha sido llevada a la realidad basándose en elementos de aluminio. Con esta técnica, ha sido posible el construir únicamente las cimentaciones y llegar a la obra a montar todos los elementos prefabricados con aluminio.*

*Este tipo de proyectos es costeable únicamente cuando se tiene una producción continua.*

*Los estudios iniciales para la prefabricación de casas con elementos de aluminio se llevaron a cabo poco después de la 2a. Guerra Mundial, época en la cual el déficit de viviendas era alarmante en algunos países.*

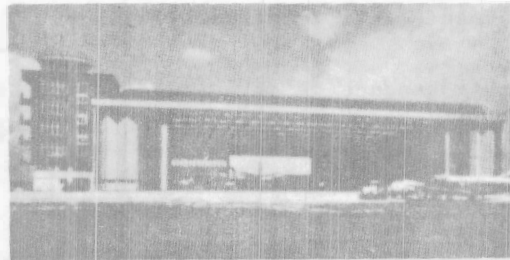
*La mayor producción de casas en serie se llevó a cabo entre los años 1945 y 1948, cuando se construyeron 69 000 -- bungalows de aluminio.*



## HANGARES

Los nuevos diseños de aviones crearon la necesidad de -- construir hangares de dimensiones mayores a las comunmente -- empleadas.

Para este tipo de edificaciones el aluminio presenta -- grandes ventajas con respecto a otros materiales como acero, -- concreto y tabique, entre otras cosas porque un hangar de alu -- minio pesa aproximadamente el 20% de cualquiera elaborado con -- materiales tradicionales.

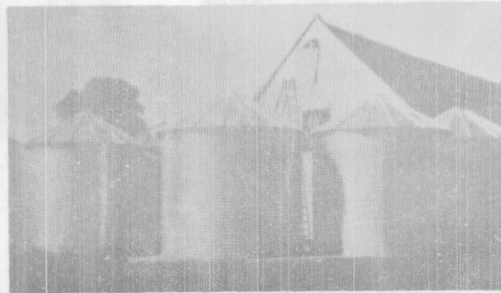
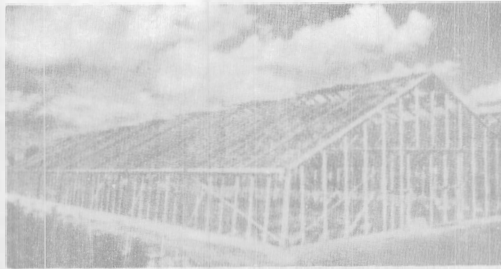


## EDIFICACIONES PARA LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA

*Este tipo de edificaciones requieren una alta resistencia, gran durabilidad y sobre todo economía. Además de estos requisitos no debemos olvidar que por ejemplo las instalaciones para productos lácteos deberán ser higiénicas.*

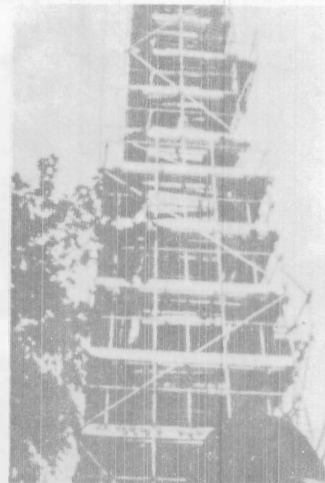
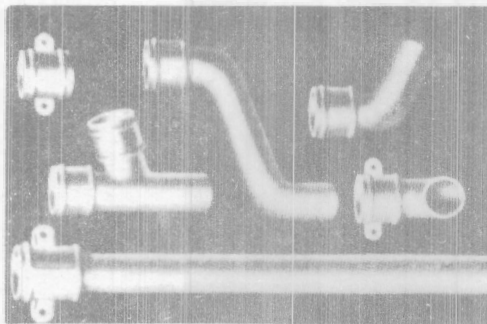
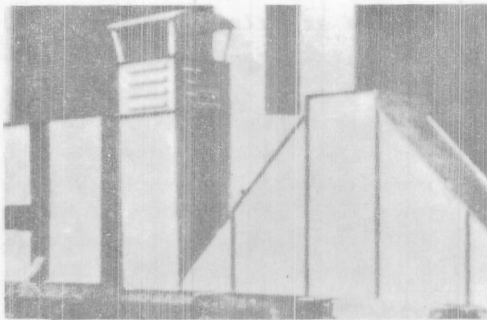
*La mayoría de los centros de producción de alimentos -- están alejados de las áreas urbanas, por lo que es conveniente que las instalaciones sean fáciles de transportar y también de montar.*

*De acuerdo a las características requeridas, el aluminio resulta ser el material más adecuado para este tipo de instalaciones, pero su alto precio ha restringido el uso masivo de estas edificaciones construidas con aluminio.*



## APLICACIONES GENERALES

El crecimiento de la industria de la construcción ha originado una demanda constante de una gran diversidad de elementos, accesorios y dispositivos auxiliares de la construcción, por lo que ya se han construido con aluminio canales, tuberías, accesorios de bajadas de aguas, cisternas, equipos para cocinas y cuartos de baño, equipos para clima, andamios, etc.





# **COBRE**

## **ANTECEDENTES HISTORICOS**

*La importancia que tiene el cobre, se debe a sus múltiples aplicaciones que con el se han efectuado, desde las épocas más lejanas.*

*Los chinos emplearon el cobre en la fabricación de armas y herramientas, diversos descubrimientos arqueológicos en las culturas de Egipto y Mesopotamia también han demostrado - el uso del cobre para la fabricación de objetos diversos.*

*La primera lámina grabada para su empleo en la imprenta fue hecha en 1807 precisamente de cobre.*

*Pero a partir de la segunda mitad del siglo XIX aumenta la importancia del cobre debido a la constante actividad industrial. Después de la plata, el cobre es el metal que más conductividad eléctrica tiene, lo que ha ocasionado que en la actualidad más de la mitad de la producción sea absorbida por la industria eléctrica.*

## **OBTENCION**

*Tomando en consideración que el cobre es un metal cuyos depósitos se encuentran bajo la superficie, podemos resumir su obtención en las siguientes etapas:*

*Explotación de minas. - podrá emplearse el sistema conocido como explotación a cielo abierto o bien la explotación subterránea. Dependerá de la profundidad a la que se localice el mineral.*

### *Trituración.*

Adición de agua, aceite y compuestos químicos, con objeto de formar una espuma que flota y deja en la superficie al cobre y otras partículas minerales; esta espuma se separa y se somete a un proceso de desecación.

El siguiente paso de la obtención del cobre es pasar el producto anterior a una planta tostadora donde se calienta -- para eliminar los sulfuros.

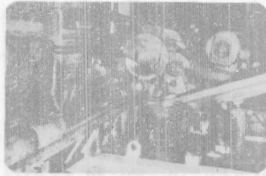
Se puede obtener un producto más puro si el metal se funde en grandes hornos, las impurezas (llamadas escorias), son extraídas y tiradas.

Un proceso de electrólisis cuya duración es de 28 días, permite obtener cátodos de cobre casi 100% puros.

El cobre puro se funde para obtener lingotes y placas -- los cuales son enviados a plantas manufactureras que se encargan de la fabricación de productos de cobre como alambre, tubos, placas, etc.

A continuación se presenta un esquema indicativo de la elaboración de los productos de cobre, así como la secuencia fotográfica del proceso de fabricación de tubería de cobre.

## Proceso de fabricación de la tubería



1. Una vez fundido el metal en molde cilíndrico es cortado en una sierra circular para darle la dimensión exacta.



2. Prensa Horizontal LOEWY de 2500 toneladas para extruir sólidos o tubos.



3. Molino peregrino para formar tubos, partiendo de lingotes previamente calentados al rojo.



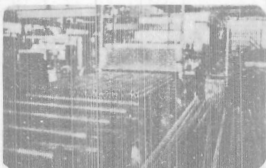
4. Al material se le adelgaza (punta) un extremo para poder introducirlo en los dados de los bancos de estirado en frío.



5. Dentro del variado equipo de estiramiento en frío de los tubos se encuentra este banco horizontal múltiple, con potencia de 75,000 libras por pulgada.



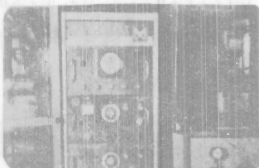
6. Decapado de tubos en baños de ácido sulfúrico y bicromato de sodio.



7. Recocido de tubos para quitarles la dureza obtenida por el trabajo en frío.



8. Banco vertical de estirado totalmente automático con capacidad para estirar tubería en rollos hasta de 600 m. de longitud.



9. MAGNATESTER — aparato de control que comprueba por medios electrónicos la perfección de la tubería.

## PROPIEDADES FISICAS

El cobre es un metal de un color rojo característico. Este color puede variar desde un color rojo rosado hasta un rojo amarillento, excepcionalmente llega a tener un color rojo púrpura, esto es cuando el metal contiene óxido de cobre.

Tiene una dureza de 3 en la escala de Mohs.

Por su alta maleabilidad puede ser transformado a láminas y a hilos de espesores muy finos.

### Pesos específicos:

Cobre puro cristalizado	8.940
Cobre fundido	8.921
Cobre laminado y forjado	8.952

### Otras propiedades:

Densidad	8.9
Punto de fusión	1084°C
Conductividad eléctrica	93.08 (En la plata es de 100)
Conductividad en el calor	898 (En el oro es de 1000)
Coefficiente de dilatación lineal	0.00008
Resistencia a la tensión	4500 kg/cm <sup>2</sup>

## PROPIEDADES QUIMICAS

El ácido nítrico, el agua regia y el ácido sulfúrico concentrado e hirviente disuelven al cobre.

No se disuelve en el ácido sulfúrico diluido, únicamente se disuelve en este ácido cuando se encuentra en presencia del aire.

El contacto con el aire, y el ácido clorhídrico disuelven lentamente al cobre.

De todos los metales, el cobre es el que ofrece una afinidad mayor con el azufre, por lo que se combina con este elemento generando gran energía.

En el aire seco el cobre no se altera a la temperatura ordinaria.

Cuando el cobre se calienta hasta el rojo, al contacto con el aire, se cubre de una capa negra de óxido cuproso.

## **USOS**

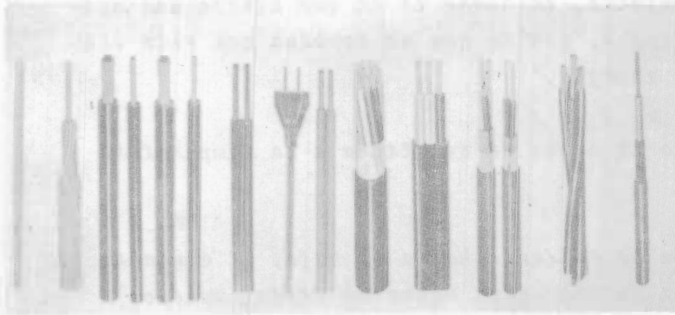
Los principales productos que se manufacturan a partir del cobre y que tienen una aplicación directa en la construcción, son los siguientes:

Chapas de dimensiones y espesores diferentes  
Tubería para conducción de agua potable y gas.  
Cables y alambres para la conducción de energía eléctrica

Elementos prefabricados para cubiertas de edificios y locales deportivos.

La cúpula del Palacio de los Deportes en la ciudad de México, el Capitolio en Washington y el edificio de las Naciones Unidas son solo 3 ejemplos de techumbres a base de elementos prefabricados de cobre.

# APLICACIONES DEL COBRE EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION



## OBTENCION

El zinc proviene de un mineral llamado blenda de zinc. La refinación de este mineral requiere de la siguiente secuencia: la blenda de zinc es calentada en presencia del aire, -- con esta operación se obtiene un óxido de zinc que posteriormente se calienta con carbono; como último paso esta mezcla se reduce a zinc metálico, el cual es utilizado en la construcción.

## PROPIEDADES

El zinc es un metal de color gris azulado, brillante y tiene las siguientes propiedades:

Densidad	7.1 (aproximadamente)
Punto de fusión	419°C
Coefficiente de dilatación lineal	0.000029

Considerando temperaturas ordinarias, el aire seco no le altera y en el aire húmedo se recubre de una capa delgada de carbonato básico hidratado que lo protege.

Los ácidos y gases lo atacan, al igual que el yeso y -- el cemento.

## APLICACIONES

Algunos de los productos que se fabrican con zinc son: láminas lisas y láminas onduladas para techumbres, canalones,

tubos, para bajadas de agua, cornizas, etc., también se aplica para revestir otros metales con objeto de disminuir la corrosión.

La mezcla de zinc y cobre origina una aleación conocida como latón. También puede alearse con aluminio, estaño y plomo.

## **ESTAÑO**

### **OBTENCION**

El estaño se obtiene por fusión en hornos de cuba, reverbero o eléctrico y se purifica o afina por licuación en hornos de reverbero y ebullición en calderas.

### **PROPIEDADES**

El estaño puro es blanco y brillante, se funde a  $232^{\circ}\text{C}$ . Su resistencia a la tensión es aproximadamente de  $4,000 \text{ kg/cm}^2$ , es muy maleable y poco dúctil. A la temperatura ordinaria el estaño es muy resistente al aire seco y húmedo. Es más blando que el zinc y más duro que el plomo.

### **APLICACIONES**

En la construcción el estaño se emplea para recubrir interiormente los tubos de plomo destinados a las conducciones de agua potable y en forma de aleaciones con el cobre y con el plomo.

## **PLOMO**

### **OBTENCION**

Se prepara casi todo a partir del sulfuro de plomo, por el procedimiento de tostación, pasando el plomo a óxido-



el cual es después sometido a una fusión reductora en presencia de coque o carbón vegetal.

## PROPIEDADES

El plomo es un metal blanco azulado, con brillo metálico intenso recién cortado, empañándose al contacto del aire adquiriendo un color gris. Es el más blando de los metales pesados, rayándose con la uña. Es muy maleable y dúctil, se puede laminar en finas hojas y estirarse en alambres. El aire seco no le ataca, pero en el húmedo se oxida rápidamente en su superficie. Es muy resistente a los ácidos y álcalis. El plomo blando se altera con antimonio volviéndose más duro; es menos flexible y más resistente. El plomo blando resiste a la tensión  $1,500 \text{ kg/cm}^2$ . a la tensión y el duro  $3,000 \text{ kg/cm}^2$ . A la compresión resisten  $3,000$  y  $5,000 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

## APLICACIONES

El plomo encuentra aplicación en la fabricación de chapas para cubiertas, tubos para conducciones de agua y gas, emplomado de otros elementos metálicos, alambres y varillas. También se utiliza como elemento de soldadura.

## ALEACIONES

### BRONCE Y LATÓN

De la combinación de varios elementos metálicos en cantidades convenientes se obtienen nuevos elementos con sus propias características; dichos elementos reciben el nombre de aleaciones siendo las principales las siguientes: Bronce fosforoso, bronce con plomo, bronce industrial, bronce de aluminio y latón.

El bronce es una aleación del cobre y el estaño, combinados en diversas proporciones. El latón es una aleación de cobre y zinc, así como de otros elementos en muy pequeñas cantidades.

## OBTENCIÓN

Los procedimientos de fundición disponibles para obtener aleaciones de cobre pueden subdividirse en dos grupos: a través de procedimientos generales capaces de producir piezas fundidas de una gran variedad de formas y los procesos especiales que ofrecen un material fundido de alta calidad dentro de una gama limitada de formas. La primera de estas subdivisiones - comprende moldeo en arena, moldeo en coquilla, moldeo de precisión y moldeo a presión. Los procedimientos que abarca el segundo grupo son colada en coquilla, colada continua y colada centrífuga. Cada uno de estos procedimientos ofrece al proyectista una ventaja específica y es esencial la cuidadosa elección del método más apropiado para un diseño dado, si se desea obtener el producto más económico y de mejor calidad.

Las consideraciones principales que se deben tener presentes para seleccionar el mejor procedimiento son la forma y el tamaño de la pieza fundida, la cantidad necesaria, la aleación especificada así como las tolerancias y calidades requeridas.

## PROPIEDADES

Las aleaciones de cobre (bronce y latón) se caracterizan por su resistencia a la corrosión, por lo que, para muchas aplicaciones, cualquiera de las aleaciones presenta un servicio satisfactorio y solamente suelen experimentar una decolo-

ración superficial después de mucho tiempo. Su intensidad de corrosión en aguas naturales es generalmente despreciable -- (0.00065 mm. al año). A excepción de los latones, las demás aleaciones presentan una buena resistencia a los ácidos no -- oxidantes; la mayoría resisten al ácido sulfúrico cuando está exento de agentes oxidantes; el bronce de aluminio tiene una excelente resistencia a las soluciones aereadas.

Tanto el cobre como el latón poseen gran resistencia al desgaste por lo que suelen emplearse en gran escala para cojinetes. Son además muy resistentes a la fatiga y a temperaturas extremas (desde los 300°C hasta los -196°C); más su característica principal es su elevada conductibilidad eléctrica y térmica. El módulo de elasticidad del bronce es del orden -- de  $7.7(10)^3$  kg/mm<sup>2</sup> dependiendo del tipo de que se trate y el del latón suele ser de  $9.5(10)^3$  kg/mm<sup>2</sup>.

## PRODUCTOS

Se pueden señalar como principales aleaciones y sus características los productos enunciados a continuación:

Bronces Fosforosos y Bronces Fosforosos con Plomo. Son aleaciones de cobre, estaño, zinc y plomo. Poseen gran tenacidad, resistencia al desgaste y dureza, así como resistencia a la -- corrosión ante la acción de muchos líquidos.

Bronces con Plomo. Son aleaciones de cobre, estaño y plomo, -- en ocasiones con zinc y níquel. Son menos tenaces y resistentes al impacto que los bronce fosforosos, pero son más plásticos que éstos y poseen buena resistencia a la corrosión.

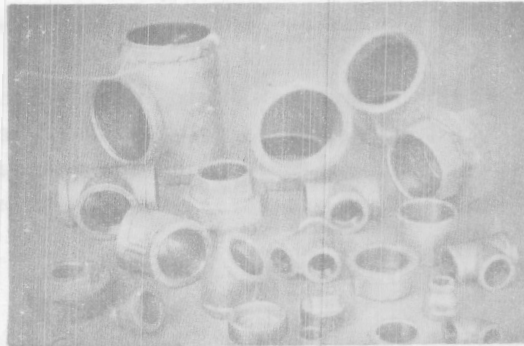
*Bronces Industriales o de Cañón. Es un producto nuevo de aleaciones de cobre, aluminio y hierro, en ocasiones con adiciones de níquel y manganeso, según las propiedades necesarias. Tienen de media a alta resistencia, buena ductibilidad y resistencia a la corrosión, erosión, fatiga y conservan sus propiedades a altas temperaturas.*

*Latones. Aleaciones de cobre y zinc. Poseen una razonable resistencia con un elevado alargamiento. La adición de 1.0 a 1.5% de estaño aumenta su resistencia a la corrosión en ambiente marino.*

*Latones de Alta Resistencia. Son aleaciones de cobre y zinc con adiciones de aluminio, manganeso, estaño, hierro y níquel. Son muy resistentes, pero sus valores de fatiga y resistencia a la corrosión dependen mucho de la composición y de la estructura de sus componentes.*

## **USOS**

*Las aleaciones del cobre encuentran sus principales aplicaciones como alambres de diferente diámetro transmitiendo corriente eléctrica; en forma de llaves y otros productos para tuberías de agua y gas; como barras y láminas de diferentes dimensiones, etc.*



# PRODUCTOS CERAMICOS

---

## CLASIFICACION

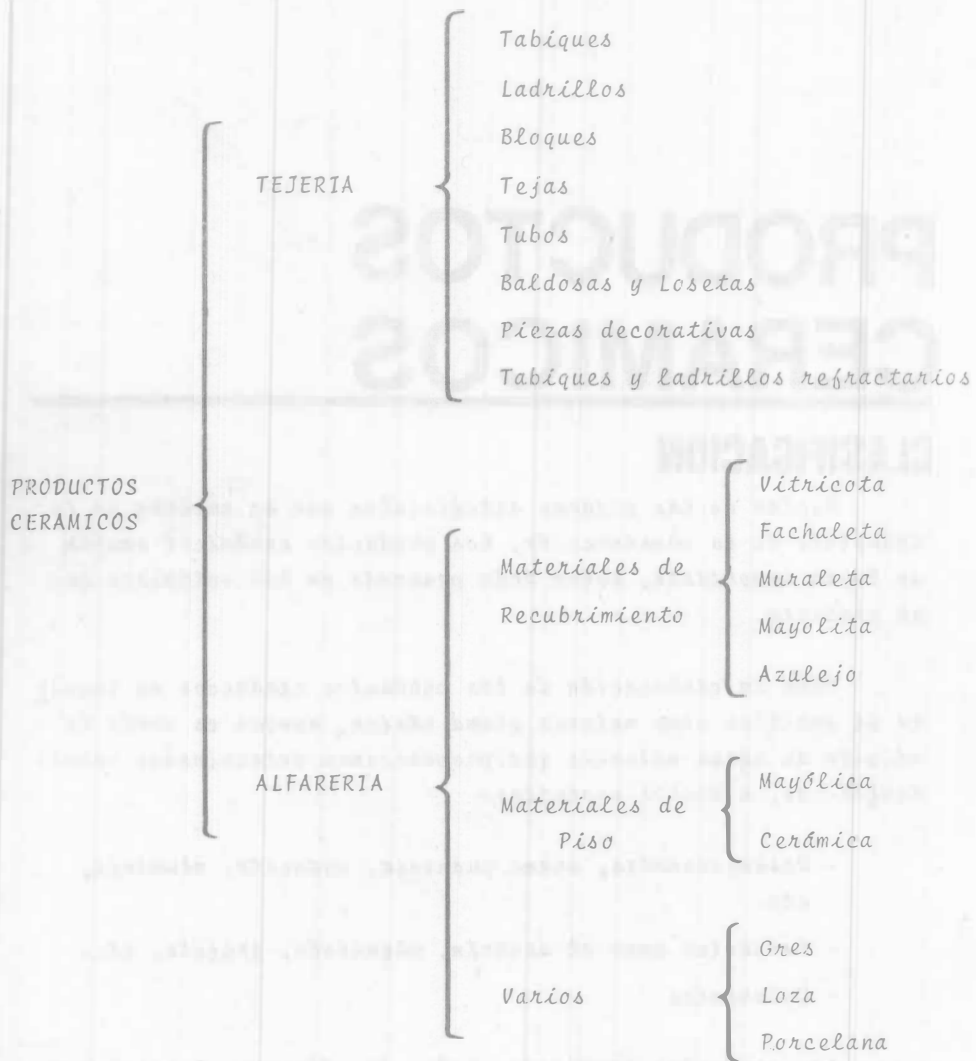
*Dentro de las piedras artificiales que se emplean en la industria de la construcción, los productos cerámicos ocupan un lugar importante, sobre todo pensando en los volúmenes que se producen.*

*Para la elaboración de los productos cerámicos se requiere de arcillas como materia prima básica, aunque es común la adición de otras materias que proporcionan determinadas características, a dichos productos:*

- Desengrasantes, arena cuarzosa, cuarcita, alumina, etc.*
- Fundentes como el aserrín, alquitrán, grafito, etc.*
- Colorantes*

*Los productos cerámicos pueden dividirse en 2 grandes ramas: la tejería y la alfarería. Antonio Miguel Saad, en el 2o. tomo de su Tratado de Construcción, nos presenta el cua--*

dro sinóptico que se muestra a continuación y en el cual podemos apreciar la gran variedad de productos cerámicos que se -- fabrican:



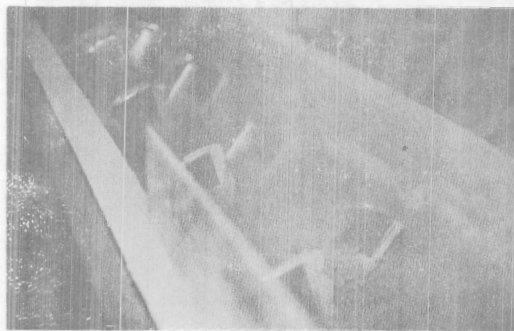
## FABRICACION

Cualquier producto cerámico requiere para su elaboración de las siguientes etapas: extracción de la arcilla, amasado, moldeo, secado, cocción y para productos especiales, vidriado y esmaltado.

- a) Extracción de arcillas.- Por economía en los costos de producción, la explotación de los mantos arcillosos deberá efectuarse a cielo abierto y de preferencia en los mismos sitios donde se elaborarán los productos. La maquinaria a emplear durante esta operación dependerá de la magnitud de las instalaciones de la fábrica, pues en grandes centros de producción se hará necesario el uso de cargadores, palas, dragas, etc, mientras que en ladrillerías pequeñas solamente emplean pico y pala.



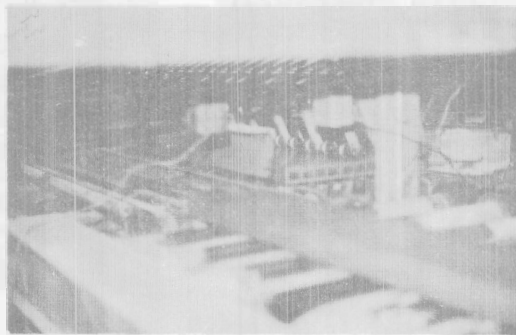
b) Amasado.- En sitios donde hay poca producción se procede a mezclar agua a la arcilla amasando esta mezcla con los pies o con caballerías. A nivel industrial, la mezcla de arcilla y agua se amasa con la ayuda de molinos o cilindros.





Cuando esta operación se realiza a mano, los moldes donde se deposita la arcilla reciben el nombre de gaveras, cuando el procedimiento es mecánico se emplea una prensa de hilera\*. Independientemente de que el procedimiento sea manual o mecánico, conviene señalar que los moldes deberán ser de dimensiones mayores a las del producto deseado, ya que por efectos de desecación y cocción las piezas disminuyen su volumen entre  $\frac{1}{10}$  y  $\frac{1}{7}$ .

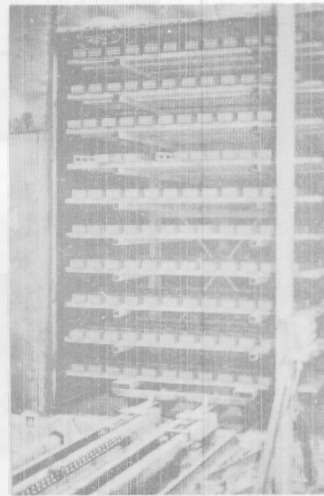
c) Moldeo.- Las pastas arcillosas logradas en la etapa anterior, son colocadas en recipientes especiales, con objeto de proporcionarles la forma que tendrá el producto terminado.



d) Secado.- Es necesario que antes de proceder a la cocción de cualquier producto, se elimine el agua de amasado, lo que evitará fuertes contracciones, deformaciones en las piezas un desmoronamiento de la pasta al entrar en contacto con los hornos.

Cuando las piezas se elaboran en forma rústica, la etapa de secado comienza 24 horas después del moldeo. Si las masas de moldeo se encuentran a la intemperie, las piezas -- son transportadas a cobertizos que permiten una libre circulación del aire, ahí permanecerán hasta adquirir su secado completo.

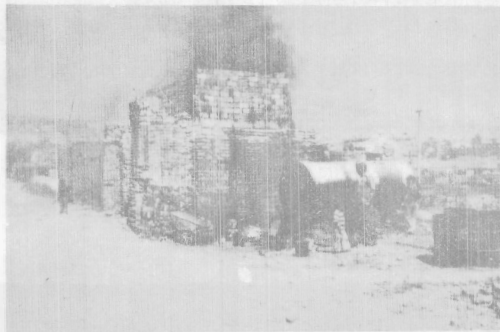
Las industrias de gran producción emplean sistemas de secado artificial, los más sencillos consisten en apilar las piezas alrededor de los hornos de cocción, aprovechando el - calor irradiado por estos, hasta estufas de desecación (galerías o túneles), donde se aprovechan los gases de desperdicio de la combustión.



e) Cocción.- Durante esta etapa los productos cerámicos adquieren las características pétreas que hacen inalterable su forma.

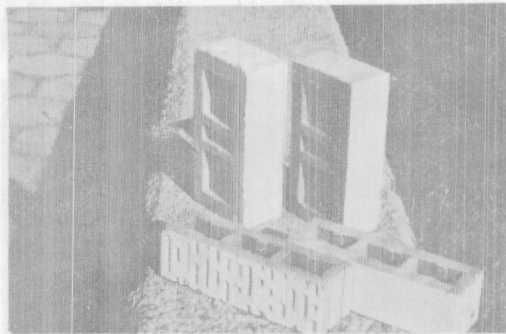
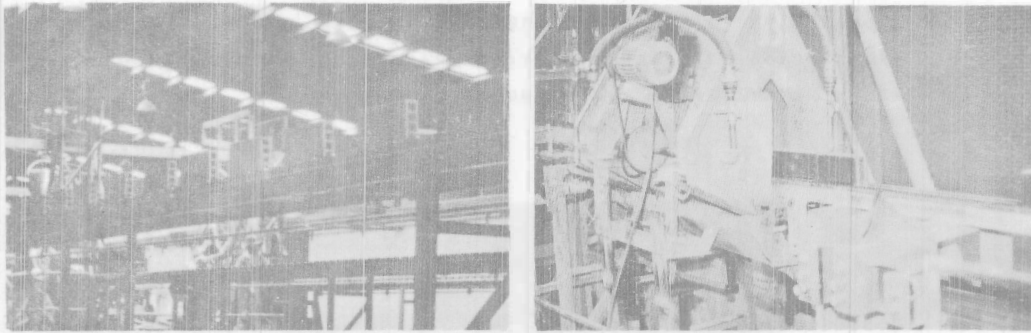
Dependiendo del tipo de producto que se desee obtener, será la temperatura requerida en los hornos: para los productos de alfarería y tejería serán necesarios entre 900 y 1000°C; para lozas de 1000 a 1300°C; los productos refractarios y la porcelana necesitarán de 1300 a 1500°C.

El tamaño de la industria determinará el tipo de horno a emplear: en la producción rústica se usan hornos en moldes u hormigueros, en cambio fabricantes con más recursos emplean hornos intermitentes o continuos.



f) Vidriado y esmaltado.- Mediante el vidriado, los productos cerámicos adquieren una superficie vítrea, lo que les permite hacerlos impermeables y fáciles de limpiar. Los esmaltes les proporcionan coloraciones variadas.

La aplicación de estos procesos a los productos cerámicos, los hacen altamente competitivos en el mercado, pues si bien es cierto que su utilización requiere de una inversión inicial mayor, ésta se ve amortizada a lo largo de su vida pues los gastos de mantenimiento son casi nulos.



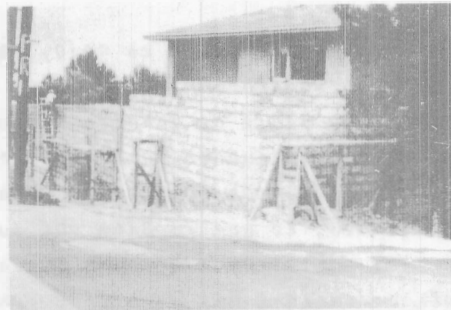
## PRODUCTOS

Actualmente existe una gran diversidad de productos cerámicos, a tal grado que en muchas ocasiones el mismo producto elaborado por varias fábricas recibe distintos nombres. - A continuación se presentan los principales, complementando - su descripción con datos como propiedades, características y resistencias mecánicas.

### ADOBE

La fabricación de este material es sumamente sencilla, - pues únicamente requiere de arcilla que es amasada, colocada en moldes y el secado es directamente al sol.

Son 2 los tamaños comerciales que actualmente se fabrican: el primero, llamado "de marca" y cuyas dimensiones son: 9x42x56 cm. y el segundo de 9x28x42 cm. Conocido como de -- "media marca". Su peso por  $m^3$  es de alrededor de 1800 kg. y la resistencia que llega a alcanzar a la compresión es de - aproximadamente  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Con estas características es fácil suponer que su uso está muy restringido, otras desventajas - del adobe son su gran facilidad al desgaste y su poca resistencia al salitre.



## TABIQUES DE BARRO COMUN Y LADRILLOS



La mayoría de los hornos empleados en industrias rudimentarias presentan el defecto de que no se obtienen piezas con una cocción uniforme. Atendiendo a esta particularidad podemos diferenciar 3 tipos de tabiques.

*Tabiques tiernos.* - Se distinguen fácilmente por su color anaranjado, el cual puede ser el resultado de falta de cocción o también cuando contienen un exceso de arena.

*Tabiques recochos.* - En estos el color es amoratado. Se obtienen cuando la cocción es excesiva lo que también origina que estas piezas sean deformes.

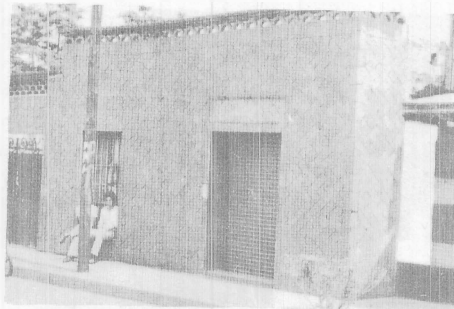
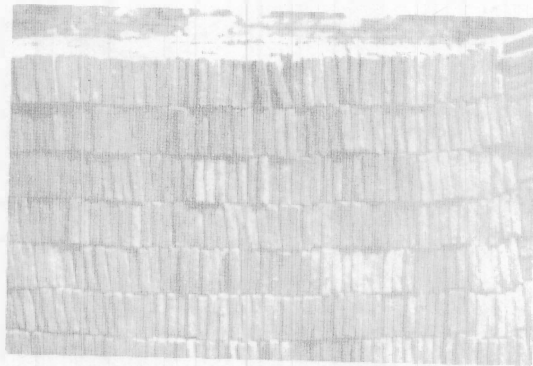
*Tabiques recocidos.* - Su color es rojo, debido a que la cocción de estas piezas ha sido uniforme. Los tabiques recocidos presentan toda una serie de características y propiedades que los hace los mas adecuados para emplearse en la industria de la construcción, por ejemplo su color y su textura deberán ser uniformes, lo que implica que su cocción también es uniforme; sus dimensiones tendrán que ser constantes, puesto que su aplicación será más sencilla, por último será necesario que presenten de un 15 a 20% de absorción de humedad.

La resistencia a la compresión que llegan a tener, oscila de  $20 \text{ kg/cm}^2$  a  $100 \text{ kg/cm}^2$ .

Las dimensiones teóricas de los tabiques recocidos mas usados en México son de  $7 \times 14 \times 28 \text{ cm}$ . (La realidad nos demuestra que las piezas son ligeramente mas pequeñas).

Con el nombre de ladrillo se conoce a las piezas de barro recocido de dimensiones  $2 \times 14 \times 28 \text{ cm}$ .

El empleo de los ladrillos se hace principalmente en obras de edificación. Algunos ejemplos que requieren el uso de los ladrillos son: revestimiento de pisos y muros y como parte de la impermeabilización de casas y edificios (enladrillado de azoteas).

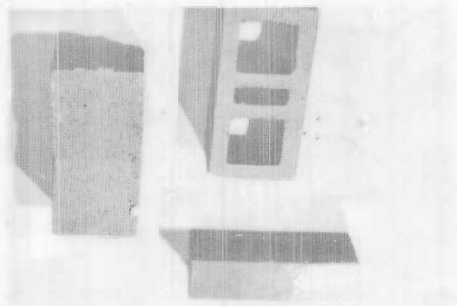
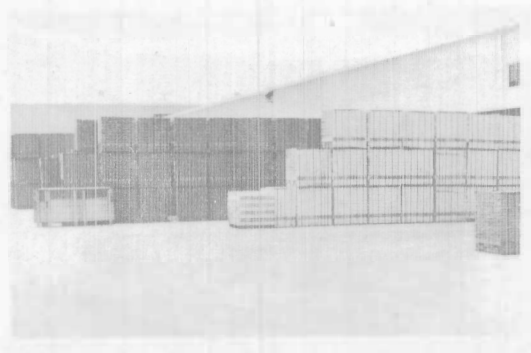


## TABIQUES DE BARRO COMPRIMIDO

Estos productos responden a la necesidad de abatir los costos de conservación en las construcciones. Por sus colores firmes y las altas resistencias mecánicas que alcanzan, se han aplicado en pisos, muros y como revestimientos.

En este grupo podemos encontrar 3 tipos de tabiques:

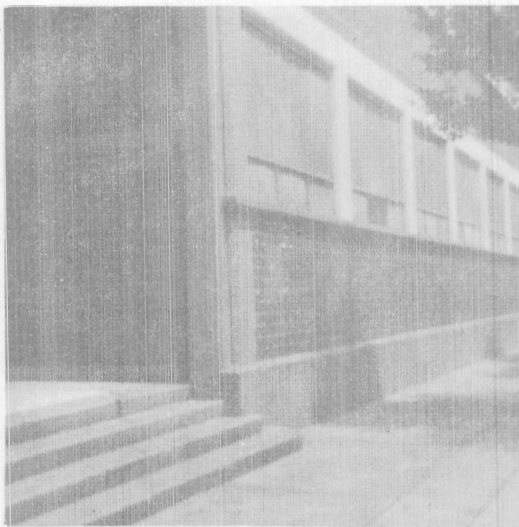
- Tabique hueco vertical, cuya resistencia a la compresión es de  $150 \text{ kg/cm}^2$ .
- Tabique hueco horizontal, con una resistencia de  $70 \text{ kg/cm}^2$ .
- Tabique macizo, que llega a alcanzar  $170 \text{ kg/cm}^2$  a la compresión





Las perforaciones verticales de los bloques de barro comprimido ofrecen la ventaja de poder alojar en su interior castillos armados, con el consiguiente ahorro de la cimbra. También -- esas perforaciones sirven como ducto para colocar, en el interior del muro, las instalaciones eléctrica, hidráulica y de gas.

Gracias a las dimensiones de estas piezas y a las perforaciones que contienen, los muros construidos con estos bloques presentan excelentes ventajas aislantes, térmicas y acústicas.

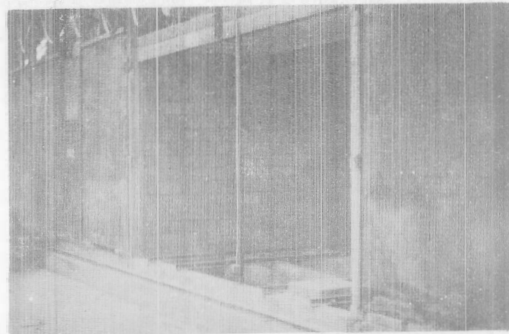
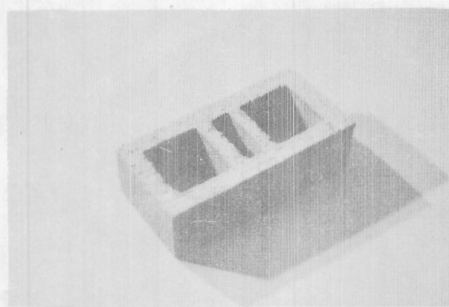


## TABIQUES REFRACTARIOS

La producción de este tipo de tabiques, se logra con la cocción a 850°C de una adecuada selección de arcillas.

La aplicación de tabiques refractarios se lleva a cabo principalmente en las industrias. Como usos concretos tenemos: recubrimiento de chimeneas, calderas, hornos, etc.

Conviene indicar que aunque son materiales que soportan bien las altas temperaturas, tienen un coeficiente muy alto de desgaste, por lo que no se recomiendan para pisos y escaleras.

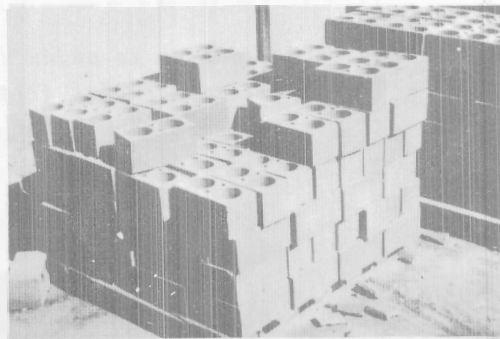


## BLOQUE DE BARRO COMPRIMIDO

*Son de gran aceptación en construcciones que requieran muros de gran resistencia y vista agradable.*

*La tendencia a minimizar los gastos de conservación, ha hecho posible su aplicación tanto en edificios públicos como hospitales, escuelas, mercados, etc. y también en obras de la iniciativa privada como laboratorios, fábricas, almacenes, -- etc.*

*También (como en el caso de los tabiques), existen bloques con perforaciones tanto verticales como horizontales.*



## TEJAS

Uno de los productos cerámicos que más se ha empleado - en nuestro país, para cubiertas de casas y edificios, son las tejas.

El ambiente colonial que proyectan, así como su facilidad de colocación son cualidades de estos productos. Se ha - llegado a dar el caso en el que ciudades enteras han fijado - como restricción constructiva el empleo de tejas para recubrir las losas de sus edificaciones (tales son los casos de Puerto Vallarta y Taxco como ejemplos).

Podemos definir a las tejas como un tipo especial de -- productos cerámicos, de alta resistencia, impermeables y li- geros.

Se fabrican en una gran variedad de formas, de donde se derivan sus nombres particulares como arábigas, misión, fla- mencas, planas, etc.

Las intersecciones que quedan en la unión de dos tejas deben ser cubiertas a fin de evitar posibles filtraciones. - Las piezas que para este fin se usan, reciben el nombre de - cumbreras.



# TUBOS

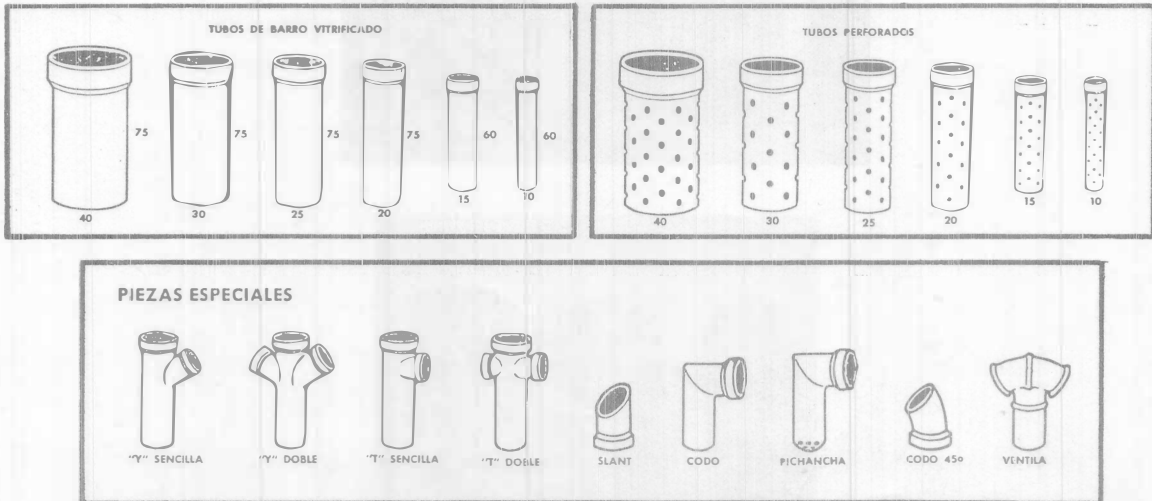
24120333

El empleo de tubos de arcilla cocida es anterior al de los tubos de asbesto cemento y al de los de concreto.

Las arcillas que se emplean para su elaboración varían dependiendo del destino que se le da a los tubos; bajo este criterio tendremos tubos para desalojar aguas residuales, tubos para desalojar filtraciones de terrenos húmedos o pantanosos y ductos para alojar diferentes tipos de instalaciones.

Las propiedades deseables en un tubo de arcilla cocida son en primer lugar una alta resistencia, puesto que será -- necesario que soporte el relleno de la zanja en la cual se aloje; deberá ser impermeable, debido al tipo de fluídos que transportará; la acción de gases y ácidos no deberán afectarlo por último en cuanto a sus características físicas deberá ser recto, con sección transversal uniforme, con superficie interior lisa y sin grietas.

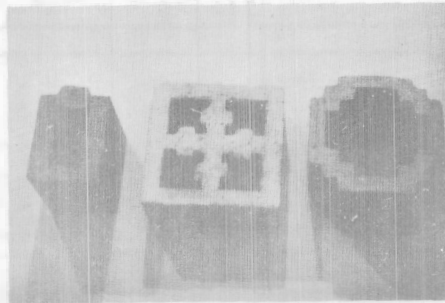
Los cambios de dirección y las uniones en las tuberías, se logran usando piezas especiales como los codos, las "T" y las "Y" fabricados también del mismo material.



## CELOSIAS

Las celosías son piezas decorativas elaboradas con arcillas refractaria y esquitosa, obtenidas por moldeo.

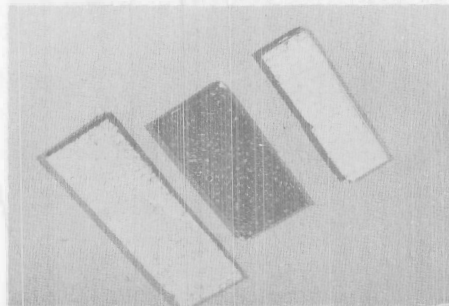
La gran variedad de modelos que se producen las ha hecho adecuadas para la construcción de muros que no cumplen con una función estructural, sino que embellecen el aspecto de una fachada semiocultando los interiores de casas y edificios, permitiendo al mismo tiempo una mayor circulación de aire hacia los interiores y permitiendo, también, una mayor cantidad de luz.



## MATERIALES DE RECUBRIMIENTO

La constante lucha por preservar y embellecer pisos y muros ha originado que los fabricantes hayan lanzado una cantidad asombrosa de productos cerámicos para este fin. En la mayoría de los casos a estos productos no se les asigna algún nombre genérico, sino que se diferencian exclusivamente por los nombres con los que son bautizados por los fabricantes. - Tal es el caso de los productos conocidos como vitricotta, - fachaleta, mayolita, etc.

Como con estos productos se logran acabados de gran belleza, es necesario que exista una uniformidad en sus dimensiones y colorido; la protección que brindan a las construcciones se debe a su impermeabilidad; por último será necesario - que para que luzcan por muchos años, tengan una gran resistencia al intemperismo.

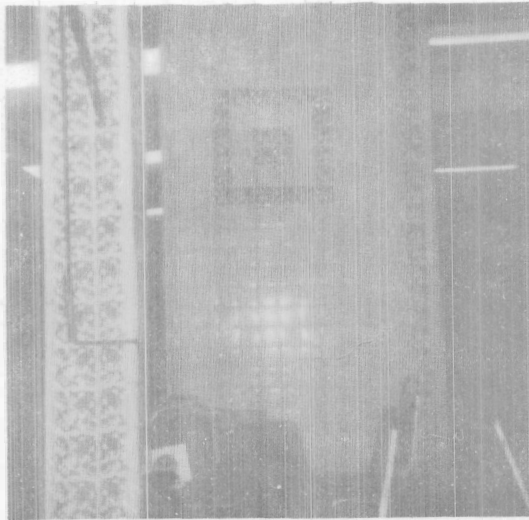


## AZULEJOS

Son pequeñas placas cuadradas de 10x10 cm y de 11x11 cm., cuya preparación requiere de arcillas previamente seleccionadas y sometidas a un proceso de esmaltado por una cara.

Se emplean principalmente en el revestimiento de baños, cocinas y laboratorios.

Para un mejor terminado durante la colocación de los azulejos, se fabrican piezas especiales de igual manufactura, cuyos nombres son vaquetas, remates, esquinas, etc.



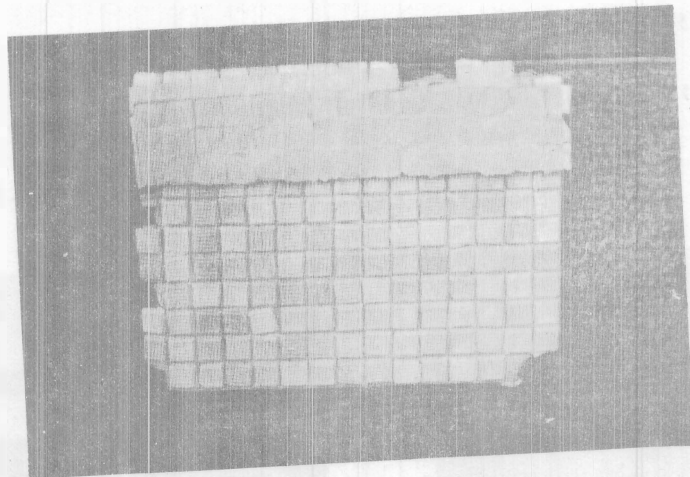


## PRODUCTOS CERAMICOS PARA PISOS

Para el revestimiento de pisos en áreas de baños se usan productos cuyos nombres genéricos son mayólica y cerámica.

La mayólica es un producto cerámico de forma cuadrada, rectangular o hexagonal. Una de sus caras es esmaltada y anti-derrapante, son de un espesor mayor que el de los azulejos y en la otra cara presentan estrías que permiten una mayor adherencia.

Con el nombre de cerámica se designan a las piezas pequeñas de porcelana opaca cuya presentación comercial es pegadas sobre hojas de papel, ya se en un solo color o formando diseños diversos. Sus dimensiones son 2 cm y 2 cm x 1 cm o también de 2 cm x 4 cm x 1 cm.



# BALDOSAS Y LOSETAS

Son productos cerámicos cuya principal aplicación se encuentra en el revestimiento de pisos y muros.

Como características principales podemos indicar: color uniforme, compactas, impermeables, soportan la acción de los ácidos y tienen gran resistencia al desgaste.

A continuación se proporcionan las medidas más usuales de las baldosas y las losetas:

## BALDOSAS

10 cm x 10 cm x 1 cm

15 cm x 15 cm x 1 cm

20 cm x 20 cm x 1.5 cm

30 cm x 30 cm x 2.5 cm

15 cm x 30 cm x 2.5 cm

## LOSETAS

10 cm x 10 cm x 0.7 cm

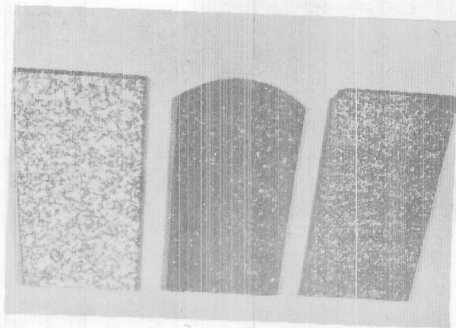
20 cm x 20 cm x 0.7 cm

10 cm. x 20 cm x 0.7 cm

10 cm x 20 cm x 1.4 cm

20 cm x 20 cm x 1.4 cm

20 cm x 10 cm x 2.3 cm



## GRES

El gres cerámico es un producto que supera al barro cocido en cuanto a resistencia, impermeabilidad, compacidad y durabilidad.

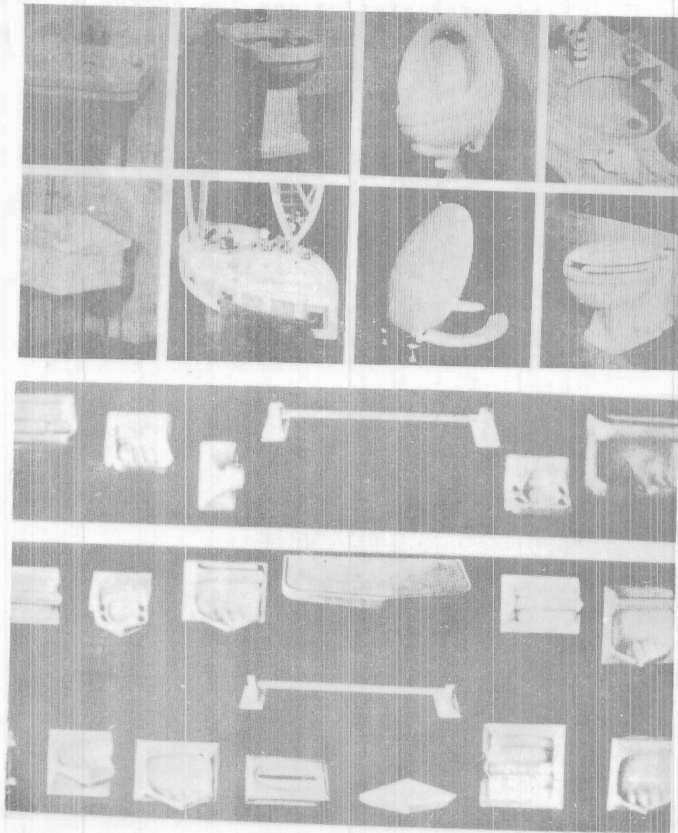
Para su obtención se procede a la cocción de pastas de arcilla y sílice.

Cualquier producto cerámico puede fabricarse con el gres, con las ventajas antes señaladas, pero su uso se ha restringido a unos cuantos productos ya que los gastos de producción son altísimos, y no son competitivos con los de los productos cerámicos tradicionales.

## LOZA

También conocida con el nombre de semiporcelana. Son productos cerámicos que requieren de un doble proceso de cocción: en el primero se alcanzan temperaturas de 1 100° C a 1 200° C originándose un producto poroso y absorbente, al que después se recubre con un esmalte para darle propiedades de impermeabilidad y nuevamente es colocado en hornos, ahora con una temperatura entre 1000° C y 1100° C

Con la losa se elaboran muebles sanitarios como lavabos, inodoros, accesorios para baño, etc.



## **PORCELANA**

*Dentro de todos los productos cerámicos que se fabrican, la porcelana es el mas fino. Se puede distinguir porque es muy compacto, translúcido, al golpearlo produce un sonido metálico, el acero no lo raya y los ácidos no lo atacan.*

*La porcelana es el producto ideal para la fabricación de muebles sanitarios.*



# PINTURAS

Las pinturas son productos que confieren un color determinado a las superficies en donde son aplicadas.

## COMPOSICION

Básicamente las pinturas constan de dos elementos: colorantes y vehículos, aunque en forma adicional pueden llegar a tener otros 2 elementos: cargas y secantes.

Los colorantes están formados por sustancias que proporcionan color. Estas sustancias reciben el nombre de "pigmentos".

A la parte líquida de las pinturas se les llama "vehículos".

Por su origen los pigmentos pueden ser clasificados en naturales o sintéticos. Los pigmentos no son solubles en los

vehículos, sino que se hallan en un estado de interposición dentro del medio que los recibe.

El vehículo está formado por dos componentes: disolventes y aglomerantes o aglutinantes.

Los disolventes son la parte volátil del vehículo, su función es fluidificar la mezcla. Como ejemplos de disolventes tenemos: aguarrás, benceno, agua, etc.

Los aglomerantes o aglutinantes actúan como ligadores de los pigmentos. Al secar forman la película que caracteriza a cada mezcla. Algunos ejemplos de aglomerantes: gomas, resinas y aceites naturales o artificiales.

Refiriéndonos a los dos componentes optativos con las pinturas, el primero de ellos, las cargas, se emplean para darle la consistencia adecuada a la pintura, la mayor parte de las veces por razones de índole económica.

Los secantes son sustancias que aceleran el proceso del secado en las pinturas.



## PROPIEDADES

Independientemente de la aplicación de la pintura, ya sea en interiores o en exteriores, existen propiedades que deberán tener las pinturas. Estas propiedades tienen como norma común pensar que la protección de las capas de pintura redundará en una mayor duración de la misma.

- 1.- Resistencia a la intemperie o a los agentes corrosivos
- 2.- Adherencia a la superficie tratada
- 3.- Falta de reacción sobre la superficie aplicada
- 4.- Estabilidad del colorido
- 5.- Terminado decorativo
- 6.- Rendimiento

## CLASIFICACION

Diversos autores han clasificado las pinturas basándose principalmente en los materiales componentes de cada tipo de pintura.

Juan de Cusa, en su libro "Pintura y Empapelado" sugiere la siguiente clasificación:

Pinturas al agua

Pinturas a la cola

Pinturas a la cal

Pinturas silicatadas

Pinturas al cemento

Pinturas a la caseína



*Pinturas al aceite*

*Pinturas oleorresinosas con resinas naturales*

*Pinturas oleorresinosas con resinas artificiales*

*Pinturas al barniz natural*

*(Pinturas de resinas naturales sin aceite)*

*Pinturas bituminosas y asfálticas*

*Esmaltes*

*(Pinturas de resinas naturales o artificiales,  
con adición de barniz)*

*Esmaltes oleorresinosos*

*Esmaltes nitrocelulósicos*

*Esmaltes de esteros orgánicos de la celulosa*

*Pinturas sintéticas*

*(Pinturas de resinas artificiales, sin aceite  
ni barniz)*

*Pinturas elásticas*

*Pinturas al clorocaucho*

*Pinturas emulsionadas*

*Pinturas especiales*

*Antidécidas*

*Antialcalinas*

*Anticalóricas*

*Anticorrosivas*

*Electrostáticas*

*Impermeables*

*Insecticidas*

*Reflexivas para señalización*

*Submarinas desincrustantes*

## APLICACIONES

Basándonos en la clasificación antes presentada, analizaremos el empleo específico de cada uno de los tipos de pintura.

### PINTURAS AL AGUA

En este grupo de pinturas, el agua es utilizada como disolvente.

Este tipo de pinturas es poco resistente, restringiéndose su aplicación, casi siempre a interiores, sin embargo las pinturas al silicato, la de caseína y la de cemento tienen aplicaciones en exteriores.

La película que forman las pinturas de agua es rígida, por lo que no deberán aplicarse sobre superficies que modifiquen su estructura con variaciones climatológicas, como lo es con el caso de la madera.

Como las pinturas al agua no son lavables, su uso no deberá efectuarse en sitios muy concurridos como pudieran ser: escuelas, mercados, estadios, etc.

Contra lo anterior, resultan el tipo de pintura más económica que se encuentra en el mercado.

#### *Pintura a la Cola*

También se les conoce con el nombre de pinturas al temple.

Para su elaboración se requiere agua, cola y pigmentos.

Unicamente se aplica en interiores, (paredes y techos), -- puesto que no es una pintura lavable. Para su aplicación es necesario disponer de una superficie porosa a fin de que la pintura se adhiera con facilidad. No deberá usarse en elementos de madera y mucho menos sobre materiales metálicos.

#### *Pintura a la Cal*

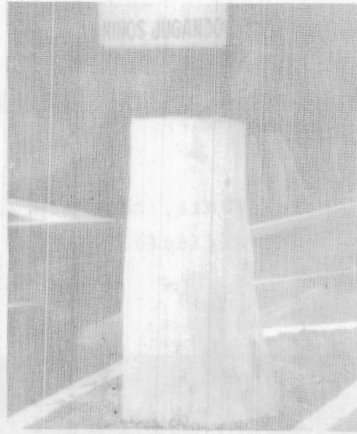
La base de esta pintura es el óxido de calcio (cal magra - apagada).

Con objeto de hacer esta pintura más resistente, se recomienda agregar 35 gramos de sal por cada 10 kilos de pintura de cal.

El calor de hidratación que se produce al mezclar agua y cal ocasiona que no se puedan emplear colorantes de tonos oscuros, puesto que su intensidad de color baja notablemente, por lo que deberán emplearse solo colorantes de tonos claros.

Las pinturas de cal, o encaladas, se aplican en techos, -- paredes, fachadas, patios, etc. También es importante señalar -- que posee propiedades desinfectantes. Las propiedades microbicidas de la cal son utilizadas en muchos locales cerrados, pues constituyen una defensa contra la posible acumulación de gérmenes y parásitos.

*Aparte de lo económico que resulta su elaboración, resisten bien las humedades y los efectos del agua.*



#### *Pintura al Silicato*

*Constituidas a base de pigmentos y de un líquido compuesto de silicatos de sosa y de potasa.*

*Esta pintura es muy resistente, por lo que se puede aplicar sobre superficies de materiales que tengan reacciones alcalinas, fachadas ricas en cemento, piedras calcáreas, superficies de asbesto cemento y ladrillo poroso.*

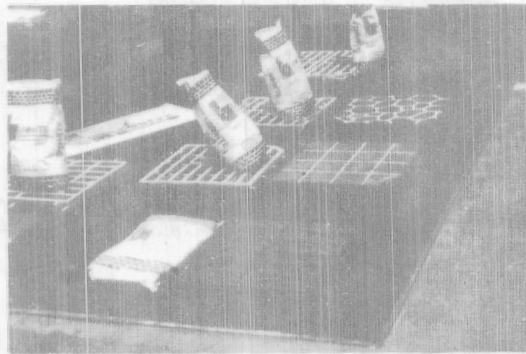


### *Pintura al Cemento*

*Son lechadas de cemento blanco a las que se agregan pigmentos para obtener la coloración deseada.*

*En el mercado se venden ya preparadas y únicamente requieren de la adición de agua.*

*En cuanto a sus aplicaciones, casi son las mismas de las indicadas en las pinturas al silicato.*



### *Pintura a la Caseína*

*Formada por la combinación de agua y de un caseinato de sal alcalínea, el cual se extrae de la leche. Este tipo de pinturas se emplea tanto en exteriores como en interiores y si se le agrega aceite en emulsión, aumenta su resistencia.*

### *PINTURAS AL ACEITE*

*Este tipo de pinturas es uno de los que más aplicaciones tienen dentro de la construcción.*

Sus componentes son cuatro:

- a) El aceite, casi siempre de linaza
- b) Pigmentos, los que dan color a la mezcla
- c) Disolventes, adelgazan la pintura, por lo general aguarrás
- d) Secante, aceleran el proceso del secado.

La obtención de este tipo de pinturas puede hacerse por fabricación directa en la obra, o bien, lo más sencillo es comprarlas directamente a los fabricantes y distribuidores.

La calidad de una pintura de aceite se basa en las propiedades de protección que tenga cada pintura.

De acuerdo a lo anterior, podemos clasificarlas en pinturas para interiores y pinturas para exteriores.

En condiciones normales de temperatura, cualquiera de estos 2 tipos de pintura pueden secar en períodos de tiempo comprendidos entre 24 y 40 horas.

En condiciones óptimas, con un kilo de pintura pueden llegar a cubrirse de 10 a 12 m<sup>2</sup>.



## PINTURAS ESMALTES

Con este nombre se conocen a las pinturas que al secar dejan una película dura y de gran resistencia, lisa y con mucho brillo.

Los esmaltes se originan en las pinturas de aceite, a las que se les ha agregado una resina.

Como las resinas pueden ser naturales o artificiales, esta diferencia origina la clasificación de los esmaltes:



### Esmaltes de Resinas Naturales

Pueden aplicarse tanto en interiores como en exteriores: cocinas, baños salas de espera, laboratorios, escuelas, -- hospitales, etc.

### *Esmaltes de Resinas Artificiales*

*Con respecto a los esmaltes de resinas naturales, las pinturas elaboradas con resinas artificiales tienen un secado -- más rápido, pudiendo emplear para su aplicación brochas, rodillos, • pistolas.*

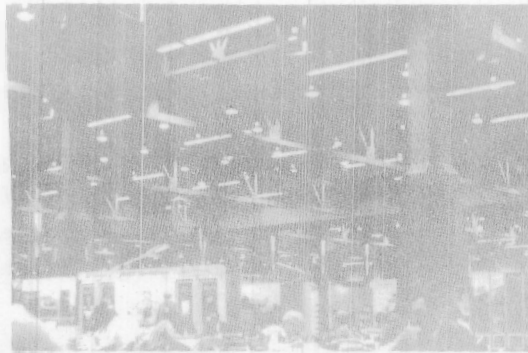
*El rendimiento que en promedio se obtiene para los esmaltes en general es de unos 10 m<sup>2</sup> por kilo de pintura.*

### *Esmaltes Nitrocelulósicos*

*Lacas sintéticas es el otro nombre que reciben estos esmaltes elaborados con resinas celulósicas.*

*Su aplicación principal es en la industria automotriz en el pintado de carrocerías.*

*Algunas de las aplicaciones de estos esmaltes dentro de la construcción, son en el pintado de estructuras metálicas visibles en vestíbulos, salas, fachadas, etc.*





## PINTURAS SINTÉTICAS

### *Pinturas Elásticas*

Tienen una gran adherencia sobre materiales como: cemento, concreto, cerámica, madera, hierro, etc.

La elasticidad que tienen estas pinturas, las hace idóneas para su aplicación sobre elementos con constantes cambios volumétricos.

Son lavables, de secado rápido, colores vivos y firmes, - resisten temperaturas extremas y hasta agua hirviendo.



### *Pinturas al Clorocaucho*

Logradas con la combinación de ciertos derivados del caucho, algún plastificante estabilizador y una resina artificial.

Sus ventajas consisten en la gran resistencia que presentan a ácidos tan fuertes como el sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fosfórico, cítrico, etc., también resisten a gases agresivos como el amoníaco o el ácido sulfúrico, agua de todos tipos, etc.

Tiene múltiples aplicaciones sobre todo en exteriores de zonas sujetas a cambios bruscos de temperatura.



### *Pinturas Emulsionadas*

Reciben este nombre las pinturas compuestas por una mezcla de dos líquidos que no se disuelven entre sí. La mayor parte de las pinturas emulsionadas, son una composición oleo-resinosa mezclada con agua.

El secado de este tipo de pintura es relativamente lento, al tacto puede dar la impresión de haber secado ya, pero en el interior de la capa de pintura será necesario esperar - hasta 2 semanas para lograr un secado total.

Sus aplicaciones pueden ser tanto en interiores como en exteriores, con la ventaja de que puede aplicarse sobre superficies pintadas y sin la necesidad de remover esta pintura. - Tiene gran adherencia a superficies de papel, yeso, concreto, madera y superficies metálicas.

### PINTURAS PARA USOS ESPECIALES

#### *Pinturas Anticorrosivas*

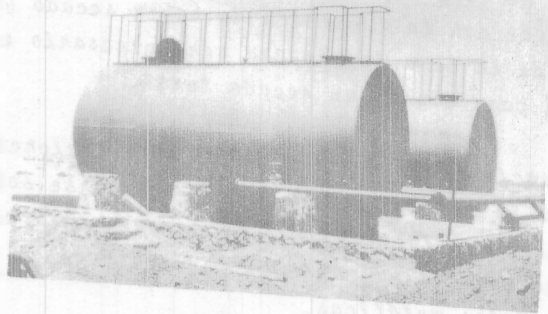
Este tipo de pinturas está destinado a preservar los mate riales metálicos de los efectos de oxidación causados por el aire y las condiciones atmosféricas.

El rendimiento de este tipo de pinturas oscila de 4 a 5 -  $m^2$  por kilo de pintura.

Sus múltiples aplicaciones comprenden desde obras de edificación (estructuras metálicas y herrería en general) hasta -- aplicaciones en tanques y depósitos de combustibles o en cascos y superestructuras de embarcaciones, o también en puentes metálicos.

Los mejores resultados se obtienen si antes de aplicar esta pintura se aplica una preparación antioxidante.

Una buena pintura antioxidante deberá secar en no más de 6 horas y estará lista para recibir una segunda capa en no más de 18 horas después de haber aplicado la primera capa.



#### *Pinturas Aislantes Antifuego*

Su nombre técnico es el de pinturas ignífugas y están dotadas de propiedades que le permitan resistir altas temperaturas y dificultar la combustión.

Dentro de la construcción, los elementos de madera son los que se recubren con este tipo de pintura.

### *Pinturas Anticalóricas*

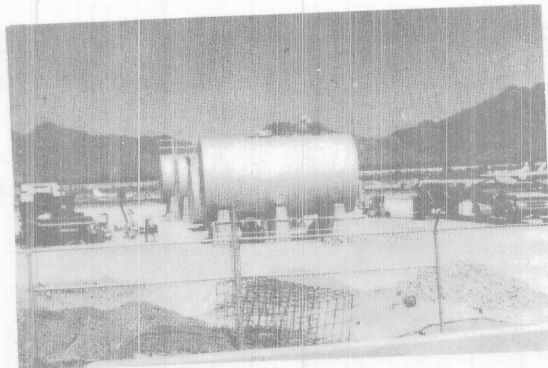
*Constituyen una variante del grupo anterior y reciben el nombre de pinturas de aluminio precisamente porque uno de sus componentes es aluminio en polvo.*

*El poder reflejante del aluminio permite que el calor y la luz solar puedan ser reflejados logrando resistir temperaturas hasta de 500°C.*

*Sus principales aplicaciones son en el repintado de estufas, calderas de calefacción, tuberías de agua caliente, conductores de vapor, reflectores, etc.*

*También son frecuentemente aplicadas como protección anti-calórica en construcciones metálicas de hierro y acero, torres de energía eléctrica, tanques de combustible, depósitos de agua, vagones cisterna, aviones, autobuses, etc.*

*Su rendimiento es de los más altos, pues con 1 kg. de pintura se pueden pintar hasta 15 m<sup>3</sup>. Al tacto tarda en secar de 2 a 4 horas.*



### *Pinturas Impermeables*

Este grupo de pinturas es uno de los más amplios que existen. El objeto del empleo de estas pinturas es proteger las superficies de la acción del agua y la humedad, por lo anterior -- también se les conoce con el nombre de pinturas hidrófugas.

Las principales propiedades que debe tener una pintura -- hidrófuga son:

- Ser insensibles a las reacciones químicas de la superficie pintada
- Proteger a la misma de la acción del agua en estado líquido
- Resistir la humedad del fondo, en caso de que aparezca, permitiendo que la misma no se manifieste exteriormente.

### *Pinturas Antiácidas*

La película que forman estas pinturas, es inatacable por los principales ácidos de uso industrial, por lo que son frecuentemente aplicadas sobre estructuras de hierro que estén sometidas a acción corrosiva como por ejemplo en determinadas industrias o fábricas.

Pueden ser fabricadas a base de resinas sintéticas o bien las pinturas a base de asfalto también tienen propiedades que -- las hacen antiácidas además de impermeables.

El rendimiento promedio de estas pinturas es de  $6 \text{ m}^2$  por kilo de pintura.

## Pinturas Fluorescentes

Su característica principal es que son cuatro o cinco veces más coloreadas que las pinturas normales, por lo que pueden identificarse a distancias en las que las pinturas normales no serían visibles.

De estas pinturas se fabrican dos tipos: al agua y sintéticas. Las primeras tienen su aplicación en trabajos decorativos y publicitarios. Las que nos interesan son las segundas, -- las que se clasifican en : pinturas de indicación, pinturas de seguridad y pinturas para aeronaves y embarcaciones.



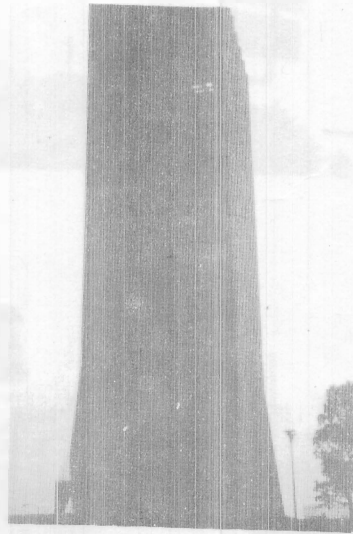
Un rendimiento normal permite cubrir de 7 a 8 m<sup>2</sup> por kilo de pintura.

Para aumentar la intensidad de las pinturas fluorescentes, éstas deberán aplicarse sobre fondos blancos y si están expuestas al calor solar, deberán protegerse con una capa de barniz que la proteja de los efectos del sol.

#### *Pinturas Colorantes para Cristales*

Existen en el mercado pinturas para aplicarse sobre cristales. Estas pinturas cumplen con un doble objetivo: decorativo y controlar la luz y el calor que pasan a través de ventanas.

Se usa principalmente en todos aquellos edificios cuyas fachadas sean a base de grandes ventanales.



### *Pinturas Insecticidas*

*Elaboradas a base de aceite o barnices grasos a los que se les agregan insecticidas.*

*Una vez seca la pintura, la película de ésta queda impregnada del insecticida que alejará a todo tipo de insectos y matará a los que logren un contacto directo con las superficies pintadas.*

*Las pinturas insecticidas, a pesar de no ser muy comunes en el mercado, se emplean en medios rurales, pueblos pesqueros, - embarcaciones, locales de reuniones públicas, etc.*



## BIBLIOGRAFIA

- TRATADO DE CONSTRUCCION - TOMO I y II  
ANTONIO MIGUEL SAAD  
Edit. CECSA 10a. impresión 1978
- MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION  
Ediciones C.E.A.C., S.A.  
Barcelona 1977
- MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCION  
Ediciones C.E.A.C., S.A.  
Barcelona 1975
- MATERIALES DE CONSTRUCCION - TOMOS I y II  
FERNANDO BARBARA ZETINA  
Editorial Herrero, S.A. - México  
7a. Edición 1979
- MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION - TOMOS I y II  
Universidad La Salle  
Editorial Diana, Mexico  
4a. Impresión 1978.
- ASPHALTS AND ALLIED SUBSTANCES  
HEBERT ABRAHAM  
D. Van Nostrand Company, N.Y. 1920
- MANUAL DEL ASFALTO  
The Asphalt Institute  
Urmo, S.A. de Ediciones  
España 1977.
- L' ASPHALTE  
LEON MALO  
París , Francia 1898

INFORMACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION  
7a. Edición  
México 1979

REVESTIMIENTOS INTERIORES Y EXTERIORES  
JUAN DE CUSA  
Ediciones CEAC. Barcelona España

PINTURA Y EMPAPELADO  
JUAN DE CUSA  
Ediciones CEAC. Barcelona, España

EL HIERRO EN LA CONSTRUCCION  
MARIANO HERNANDEZ  
Ediciones CEAC, Barcelona, España

EL YESO EN LA CONSTRUCCION  
LUCIANO NOVO DE MIGUEL  
Ediciones CEAC, Barcelona, España

ALUMINIO EN LA CONSTRUCCION  
E.I. BRIMELOW  
Ediciones URMO, España

ENCICLOPEDIA DE MEXICO  
México 1978

EL CEMENTO; *Propiedades. Características y Aplicaciones*  
*Tesis Profesional*  
FRANCISCO JAVIER LOPEZ DOMINGUEZ 1973.

ANUARIO 1977  
Cámara Nacional del Cemento

MEDIO SIGLO DEL CEMENTO  
Cámara Nacional del Cemento

CEMENTOS PORTLAND

Cementos Tolteca, S.A.

EL CUIDADO DEL ALUMINIO EN LA CONSTRUCCION  
ANMPAC, México

A.S.T.M.      Standars      A.S.T.M. 1970

APUNTES DE MECANICA DE MATERIALES

F. ROBLES, GONZALEZ C. y J.L. TRIGOS  
Facultad de Ingeniería, UNAM

MATERIALES

Apuntes para el curso de Construcción I  
Depto. de Construcción  
Facultad de Ingeniería, UNAM    1976

PRINCIPALES MATERIALES DE CONSTRUCCION

ABRAHAM RAMIREZ SABAG  
Tesis profesional  
Facultad de Ingeniería, UNAM. 1977

EL ASFALTO EN LA CONSTRUCCION

AMIN JASKILLE ERDMANN  
Tesis Profesional  
Facultad de Ingeniería, UNAM    1975

EL USO DEL COBRE EN LA CONSTRUCCION

JOSE MARIO GUZMAN BALLHAUSEN  
Tesis Profesional  
Facultad de Ingeniería, UNAM. 1975