

**APUNTES DE CONOCIMIENTO**

**Y**

**FABRICACION DE  
MATERIALES**

**Oswaldo V. Lozano**

Ingeniero Químico

**Monterrey, N. L.**

**México**

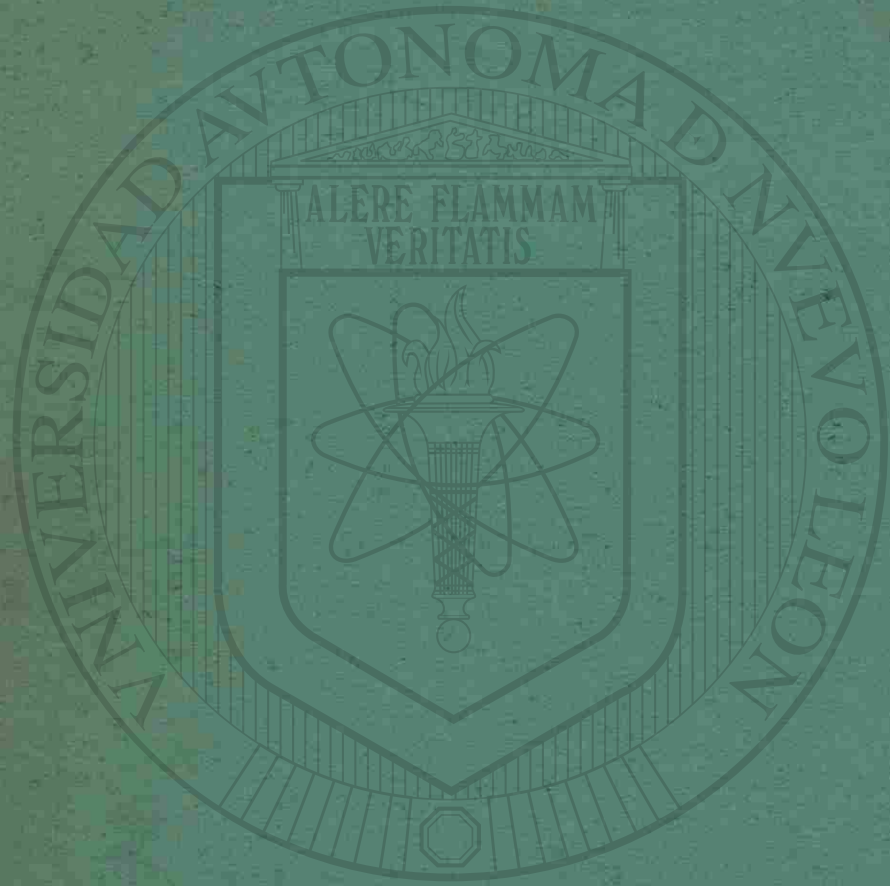
**1959**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY  
1000 S. EAST ASIAN BLDG.  
CHICAGO, ILL. 60607

TA403  
L6  
1959

1959





UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO MARTEL"  
CALLE SAN FORTY, CENTRO, NUEVO LEÓN





NL  
620.1  
L

TA403  
L6  
1959

NL  
620.1

Núm. Clas \_\_\_\_\_  
Núm. Autor \_\_\_\_\_  
Núm. Adg. \_\_\_\_\_  
Procedencia \_\_\_\_\_  
Precio \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_  
Clasificó \_\_\_\_\_  
Catalogó \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Cada. 1625 MONTERREY, COAHUILA



FONDO UNIVERSITARIO

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PREFACIO A LA 2a. EDICION.

No se intenta considerar este trabajo como completo, simplemente es una iniciación presentada para satisfacer la urgente necesidad de un libro de texto adecuado que llene los temas exigidos en el programa y que al mismo tiempo esté al alcance de todos los alumnos, ya que se ha visto la dificultad de los libros en idioma inglés y la carencia de libros en español adecuados.

Los presentes apuntes son recopilación de dictados y notas usados por el autor en la clase de CONOCIMIENTO Y FABRICACION DE MATERIALES durante los últimos tres años en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nuevo León. Su contenido se limita por el momento a los temas desarrollados en los años anteriores, correspondientes a los materiales más comunes, tales como: Hierros y Aceros, Piedras de Construcción, Maderas, Materiales Cementantes, Productos de Arcilla y Materiales Aislantes.

Se desarrollan los temas basándolos en los puntos siguientes: Estado Natural, Obtención o Fabricación, Propiedades Características Importantes y Usos. No se ha creído pertinente incluir Métodos de Ensaye y Propiedades Mecánicas, debido a que éstos se desarrollarán en los apuntes de Ensaye de Materiales correspondiente a la clase del mismo nombre.

El autor no pretende ser un especialista en alguno de los campos de estudio presentados en estos apuntes, simplemente considera este trabajo como una recopilación de datos y opiniones de fuentes muy diversas, entre las cuales y sin ningún propósito de omitir alguna, se cuentan las siguientes:

- Materials of Construction.- Their manufacture and Properties.- By Adelbert P.Mills.
- Chemistry of Engineering Materials.- By Robert B. Leighou.
- Johnson's Materials of Construction.
- Properties of Engineering Materials.- By Glenn Murphy.
- The Blast Furnace and the Manufacture of Pig Iron.- By Robert Forsythe.
- Text Book of the Materials of Engineering.- By Herbert F.Moore.
- Cements, Limes and Plasters.- By E. C. Eckel.
- Materiales de Construcción.- Por el Dr. Ing. M. Foerster.
- Materiales de Construcción.- Apuntes del Ing. Alfonso Fernández V.
- Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Aureliano García Fernández.

Monterrey, N.L., Méx.  
Agosto 15 de 1948.

Ing. *[Signature]*  
Oswaldo *[Signature]*  
Capilla Alfonso  
Biblioteca Universitaria  
FONDO UNIVERSITARIO

51203

42200

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Cada. 1625 MONTERREY, COAHUILA



PREFACIO A LA 2a. EDICION.

La práctica de la construcción moderna requiere un conocimiento de los materiales cada vez más profundo; millones de pesos se han ahorrado con solo determinar el material más adecuado para un uso determinado. El empleo de materiales nuevos más baratos y el diseño o forma de aplicarlos, está mejorando continuamente, sobre todo los metales, que resultan demasiado costosos, tienden a ser reemplazados por plásticos, madera u otro material endurecido, etc., a veces con gran ventaja; algunos materiales se han escaseado notablemente y tienen que ser sustituidos por otros, entre ellos los metales: Cobalto, Columbio, Cromo, Níquel, etc. Paredes de edificios son hechas de columnas de madera, bloques de basalto ligero, laterales de asbesto corrugado, arcos de los techos de madera ensamblada; pisos de concreto curado en las mejores condiciones; pintura y prueba de agua, techos de acero ligero soldados. Materiales aislantes al calor, al sonido, a la electricidad, cubiertas protectoras contra la corrosión, el desgaste por abrasión, etc.

Es sorprendente la enorme cantidad de materiales desarrollados a últimas fechas y el mejoramiento de los ya existentes: plásticos apropiados para usos muy diversos, desde cubiertas protectoras (líquidos); hasta artículos resistentes que antes se fabricaban de metales, pasando por telas, placas, tuberías, planchas, plásticos laminados, etc.; refractarios, adecuados para el uso de las temperaturas elevadas exigidas por el progreso, de Zirconio, de Alúmina fundida, de Carburo de Silicio, etc.; metales que apenas se conocían y han entrado en la aplicación industrial, con gran ventaja por sus condiciones especiales, entre ellos el Titanio, Vanadio, Tungsteno, etc., merced al avance considerable de la Metalurgia en Polvo, de gran importancia para las piezas de lubricación, piezas moldeadas pequeñas, etc.; materiales de ornamentación; nuevas pinturas adecuadas para casi todos los usos; silicones, de enormes posibilidades y aplicaciones; aleaciones mejoradas que no se conocían; materiales ligeros, como el aluminio, que sustituyen al acero; papeles y cartones endurecidos con plásticos, que sirven para tabiques, mesas, etc.; materiales de empaque ligeros, tales como la madera de balsa, la resina insulfoam, etc., que disminuyen el costo de transporte.

Considerando lo anterior, en los cuatro años transcurridos desde la 1a. edición, en el estudio constante de la misma, se hizo patente que adolecía de una serie de defectos y una notable insuficiencia en cuanto a los materiales tratados y a muchos otros que ni siquiera se describían, por lo cual se hizo necesaria una corrección total y completa de cada uno de los capítulos, tanto en el contenido, como en la forma de desarrollarlos; este cambio fué en realidad bastante considerable, de tal modo que los presentes apuntes sólo tienen una vaga relación con los anteriores.

Se acortó considerablemente el conocimiento de los hierros y aceros, eliminándose lo referente a tratamientos mecánicos y moldeo, por no considerarse necesario tratarlos extensamente, mencionándose sólo de paso en la sección correspondiente; asimismo se eliminó la Unión de Materiales Metálicos. Se incluyó un primer capítulo referente a la obtención de materiales metálicos, tratándose los distintos procesos y tipos de hornos aplicables en general, y un segundo capítulo sobre Metales No-Ferrosos, tratándose someramente los metales: Cobre, Plomo, Zinc, Aluminio, Estaño y Níquel. En el capítulo de Aleaciones se agregaron las principales derivadas de los meta



les mencionados. En el capítulo de Piedras de Construcción se incluyó algo más acerca de la constitución geológica, que puede o no tratarse en clase, pero que se consideró necesario. De los materiales de Arcilla se hizo una división más extensa. Se incluyó un capítulo especial sobre Materiales Aislantes y otro sobre Materiales Refractarios, cambiándolos totalmente. Los Materiales Cementantes se distribuyen de distinta manera, incluyéndose al final de cada uno los productos comerciales. Se agregó un capítulo sobre Morteros y Concretos y sus Productos, así como otros sobre Plásticos y Cubiertas Protectoras y se aumentó el número de figuras explicativas.

El autor considera que si bien algunos puntos se han desarrollado más allá de las necesidades de clase, es preferible contar con un exceso de material que con una escasez; en cambio en otros puntos puede pecarse de falta de datos, pero en lo posible se ha procurado generalizar y desarrollar de la mejor manera los diferentes temas, evitando dar datos cuya variabilidad sea evidente. Su mejor propósito es suministrar un texto base para el desarrollo de la clase de Conocimiento y Fabricación de Materiales, sobre el cual los maestros puedan trabajar según sus necesidades y puntos de vista particulares; si esto se consigue y los apuntes resultan de alguna utilidad, su propósito se habrá cumplido.

Monterrey, N.L.

Agosto de 1952.

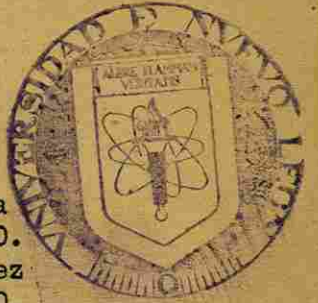
Ing. Cívil.

Oswaldo V. Lozano.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS.

- 1.-Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Aureliano García Fernández. . . . . 1940.
- 2.-Apuntes de Materiales de Construcción.- Ing. Alfonso Fernández Varela. (2 tomos) . . . . . 1940.
- 3.-Basic Principles of Concret Making.- F.R. Mc.Millan. Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1929.
- 4.-Blast Furnace Practice.- R.H. Sweetser. Mc Graw Hill Book Co. . . . . 1938.
- 5.-Cements, Limes and Plasters.- E.C. Eckel. 3a. edición. John Wiley and Sons Inc. . . . . 1928.
- 6.-Chemistry of Engineering Materials.- Robert B. Leighou. 4a. edición. Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1942.
- 7.-Engineering Geology.- H. Ries and Weatson T.L. John Wiley and Sons. . . . . 1936.
- 8.-Hand Book of Brick Masonry Construction.- J.A. Mulligan. 1a. edición. Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1942.
- 9.-Hand Book of Plastics.- H.R. Simonds y C. Ellies. 1a. edición. D. Van Nostrand Co. . . . . 1944.
- 10.-Industrial Chemistry.- E. R. Riegel. Reinhold Publishing Co. . . . . 1942.
- 11.-Johnson's Materials of Construction.- Withey and Aston. 3a. edición. John Wiley and Sons. . . . . 1946.
- 12.-Materiales de construcción.- Dr. Ing. M. Foerster. Editoria Nacional. . . . . 1945.
- 13.-Materials of Construction. Their Manufacture and Properties.- Adelbert P. Mills.- John Wiley and Sons. . . . . 1942.
- 14.-Metals and Book.- Am. Soc. for Metals. . . . . 1940.
- 15.-Modern Timber Desing.- Howard J. Hansen. John Wiley and Sons Inc. . . . . 1947.
- 16.-Plastic for industrial Use.- John Sasso. 1a. edición. Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1942.
- 17.-Primeras Materias.- Dr. P.G. Alessandri. 2a. edición. G. Gili. . . . . 1929.
- 18.-Protective Coating for Metals.- Burns and Schuh.- Reinhold Publishing Co. . . . . 1939.
- 19.-Properties of Engineering Materials.- Glenn Murphy. International Text Book Co. . . . . 1946.
- 20.-Refractories.- F.H. Norton. 2a. edición. Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1942.
- 21.-Synthetic Adhesives.- Paul I. Smith. Chem. Publishing Co. . . . . 1943.
- 22.-Text Book of the Materials of Engineering.- Herbert F. Moore.- Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1936.
- 23.-The Stone Industry.- O. Bowles. Mc. Graw Hill Book Co. . . . . 1934.
- 24.-Wood Chemistry.- American Chemical Society. Reinhold Publishing Co. . . . . 1943.



BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



METALURGIA.

- Flotation Separation of Non-Metals.- Mechanico Chemical Processing.  
Chem. and Met. Engineering. . . . . Mayo . . . . .1938.  
Froth Flotation.- L.A.Roe.  
Chem. Engineering. . . . . Julio . . . . .1948.  
Principles of Mineral Flotation.-Mechanico Chemical Processing.  
Chem. and Met. Engineering . . . . . Mayo . . . . .1938.  
Pulverización de Metales.- Exportador Americano. Enero . . . . .1941.  
How to Get the Best Plant with materials now available.  
Mc. Graw Hill Digest. . . . . Mayo . . . . .1951.  
Materials and Methods Manual. Metals and Alloys. Julio . . . . .1944.  
Powder Metallurgy.- Minerals Refining Co. . . . .1944.  
Powder, Pressure and Heat.- Fortune . . . . .Enero . . . . .1942.

METALES NO FERROSOS.

- El Estaño y el Tungsteno.- Charles A. Scarlott.  
El Ingeniero Westinghouse. . . . . Marzo . . . . .1952.  
El Cobre. Problemas y Perspectivas.- Charles A. Scarlott.  
El Ingeniero Westinghouse. . . . . Noviembre . . . . .1951.

ACERO.

- How Steel is made.- The Pilbrico Fire Box . . . . Mayo, Junio . . . .1949.

PIEDRAS DE CONSTRUCCION.

- The Value of Petrography in Determining the Quality of Rock.  
Public Roads. . . . . Junio . . . . .1937.  
Geología del Estado de Nuevo León.- Dr. F.K.G.Mulleried.  
( 2 tomos). Inst. Invest. Cient. de N.L. Junio . . . .1944.

PRODUCTOS DE ARCILLAS.

- Recent Trends in the Ceramic Industry.  
Chem. Engineering. . . . . Julio . . . . .1948.

REFRACTARIOS.

- Economics Kilns for Common Brick and Tile.-Willard Richardson.  
Uso de Ladrillo Refractario.- Fab. de Lad. Ind. y Refract. de  
Monterrey. . . . .1950.  
Refractories of the future.- Raymond E. Birch.  
Glass Industry . . . . . Noviembre . . . . .1945.  
Properties and Application of Modern Refractories.  
Chem. and Met. Engineering. . . . . Febrero . . . . .1935.  
Recent Developments in Manufacturing and Using Refractories.-  
Chem. and Met. Engineering . . . . . Julio . . . . .1935.  
Silicon Carbide Refractories used as Alternates for Special.-  
Service Alloys.- John L. Everhart. . . . . Noviembre . . . . .1951.  
Furnas-crete y Productos Refractarios.-Mex. Refract.Co.- . . .1952.  
Super-Refractories.-The Carborundum Co.- . . .Bolet. 5120. . .1951.  
Abrasion Resistant Refractory Materials.- C.Roe and H.Schroeder.-  
Blast Furnace and Steel Plant . . . . Abril . . . . .1952.  
Zircona Estabilizada. Un nuevo refractario.  
Exp. Am. Ind. . . . . Marzo . . . . .1951.

PRODUCTOS CEMENTANTES.

- A Introduction to Industrial Asphalt Products.- J.J.Lyons. . .1936.  
Columbia Manual of Concrete Curing.- Columbia Alkali Co. . . .1934.  
Use of air Entrained Concreting Paviments and Bridges.  
Current Road Problems. . . . .1950.

MADERA.

- Agriculture in the Americas.-Off. of Foreign Agriculture Relations.  
Volúmenes de: . . . . .1945, 1946 y 1947.  
Termites of the sea.- Jack Stenebuck.  
Science Illustrated . . . . . Julio . . . . .1947.

- Fungicidas.- Monsanto International.- Tomo 4. No. 1. . . . .1952.  
Industrial Germicides and Fungicides.- Dow Chemical Co . . . .1952.  
Synthetic Resin Glues.- U.S.Dept. of Agriculture.-Abril. . . .1945.  
Madera entrechapada.- Exportador Americano. . . Octubre. . . .1940.

MATERIALES AISLANTES.

- Thermal Insulation.- Ind. Engineering Chemistry. . . . .1939.  
Heat Insulating.- Dicalite Co.  
La Tierra de Diatomácea como Aislante Térmico en la Industria Quím.-  
Quím.Salvador Fernández del Castillo, Julio. . . . .1945.  
Productos Industriales Aislantes.- John's Mansville.  
Considerations in Developing a Rock Wool Industry.  
Chem. and Met. Eng. . . . . Octubre. . . . .1935.  
Estimating cold Insulation Costs.- Frederick C. Otto.-  
Chem. Eng. . . . . Mayo . . . . .1947.  
Estimating Mineral Wool Insulation Costs.- F.C. Otto.  
Chem. Eng. . . . . Septiembre . . . . .1947.  
Insulation of Tanks.- Joseph C. Moore.-  
Chem Eng. . . . . Junio . . . . .1948.  
Micarta Decorativo.- Ing.Westinghouse. . . . . Noviembre . . . .1951.  
Silicones.- Dow Corning Co.  
Silicone Rubber for New Desing Possibilites.  
Electrical Manufacturing . . . . . Mayo . . . . .1947.  
Mechanical Properties of Bore and Coated Glass Fibre.-  
Glass Industry. . . . . Septiembre. . . .1945.

PLASTICOS.

- La Industria de los Plásticos.- Exp. Am. Ind.- Julio . . . . .1951.  
The Plastic Era.- V.C. Henrich.- Instrumentation,Febrero . . .1951.  
Plásticos Transparentes y Elásticos.- Exp. Americano,Julio . .1941.  
No todos los plásticos son iguales.- House Beautiful,Octubre .1947.  
Plastics and Resins.- Union Carbide and Carbon Co.-  
Bakelite Review. . . . .Ago.y Oct. . . . .1948.  
New Rubber Phenolic Materials for Greater Impact. Strength.-  
Wyman Gross.- Product. Engineering. . . . .1951.  
Vinyl Acetate.- L. Wilson Greene.- Chem. Eng. Julio . . . . .1947.  
Bakelite and Vinylite.- Union Carbide and Carbon Co.-  
Boletines Nos. . . . .658 y 485 . . . .1950.

CUBIERTAS PROTECTORAS.-

- Silicones Resins in Protective and Decorative Finishes.  
J.R. Patterson.- Official Digest. Gen.Elect.Co. . . .1946.  
Formulation and uses of silicone Protective Coating.-W.N.Pederson.  
Official Digest. Gen.Elect.Co. . . . .Julio . . . . .1948.  
Resins and Plasticizers.-Neville Co. . . . .1945.  
Saran.- Dow Chemical Co.

UNIVERSIDAD DE MONTERREY  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
MAY 1925 MONTERREY, MEXICO

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

UNIVERSIDAD DE MONTERREY  
BIBLIOTECA GENERAL DE BIBLIOTECAS



## Capítulo I.

### MATERIALES METÁLICOS.

**GENERALIDADES.**- Los materiales metálicos están formados como su nombre lo indica por metales, que algunas veces pueden ser puros, - pero que comúnmente se utilizan en la práctica en forma de aleaciones.

Los materiales más importantes empleados en la construcción son: Hierro, Cobre, Plomo, Zinc y Aluminio, que forman los metales base, y cuyas propiedades pueden modificarse aleándolos con otros metales secundarios, como son: Estaño, Magnesio, Manganeso, Níquel y Cromo, y algunos no metales como: Silicio, Carbón, Arsénico, Antimonio, -- etc.- Otros pocos metales se emplean para la metalurgia en polvo, - como son: Tungsteno, Vanadio, Titanio, etc.

Los metales tienen en general varias características físicas - que los diferencian de los no metales; a saber: lustre brillante, - generalmente argentino en forma compacta (excepto el Oro y el Cobre), pero de color oscuro cuando están finamente divididos (Aluminio y Magnesio, plateado), y de color variable al estado coloidal. Son buenos conductores del calor y la electricidad, sobre todo la Plata y el Oro. Poseen maleabilidad y ductilidad, principalmente: Oro, Plata, Platino, Aluminio y Hierro; su tenacidad es en general mayor que la de los no metales; sus otras propiedades como dureza, densidad y punto de fusión, son sumamente variables. Respecto a su comportamiento químico, se caracterizan por su tendencia a formar óxidos básicos (por hidratación forman hidróxidos que generalmente funcionan como bases, aunque los de algunos metales pueden actuar - como ácidos).

**ESTADO NATURAL.**- No se encuentran tan ampliamente distribuidos en la naturaleza como los no metales. La mayor parte de los metales de importancia en la construcción se encuentran en la naturaleza al estado de combinación (excepto el Cobre), principalmente en forma de óxidos anhidros o hidratados, entre ellos; Hierro (Fe), Estaño (Sn), Manganeso (Mn) y Aluminio (Al), aunque otros pueden encontrarse en forma de sulfuros: Plomo (Pb), Zinc (Zn), Hierro y Cobre (Cu), o de Carbonatos: Hierro, Zinc y Plomo.

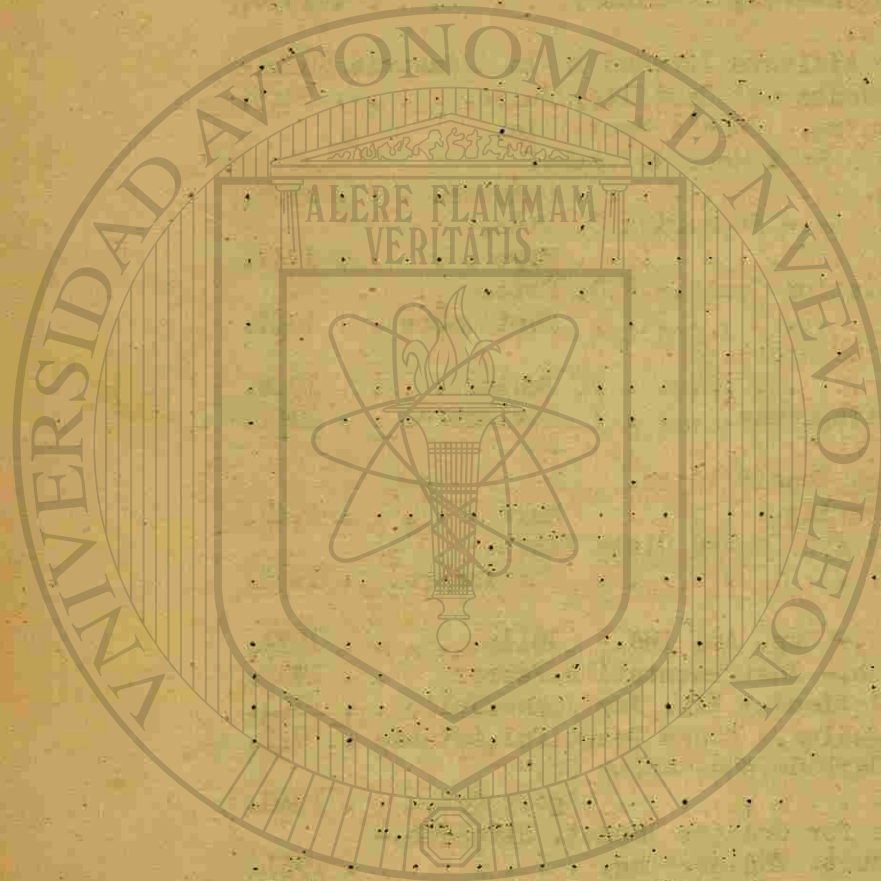
El valor del mineral depende principalmente de la clase de compuesto que lo forma, del contenido de éste y de la clase de metal, - pero también de otros factores, entre los cuales se hallan la localización exterior e interior y la extensión del "Yacimiento", así - como también su distancia a los centros de aprovechamiento, también muchos minerales tienen dos o más metales asociados, lo cual los hace particularmente aprovechables, por ej.: los minerales de Plomo - pueden tener algo de Plata, el Níquel se halla asociado con el Cobre, el Hierro con el Níquel o Manganeso, etc.

**METALURGIA.**- Se llama así a la ciencia y al arte de extraer los metales de sus minerales, para lo cual es necesario someter éstos a un tratamiento o tratamientos previos, conocidos en conjunto como - Operaciones Metalúrgicas y que pueden ser: Físicas o Químicas.

#### A.- OPERACIONES FÍSICAS.-

**Concentración.**- Tiene por objeto, como su nombre lo indica, concentrar los minerales, es decir, eliminar por métodos mecánicos la mayor parte de los materiales terrosos que los acompañan y que - constituyen la "Ganga", con el fin de disminuir el costo de obtención, y además el de transporte cuando se hace en la misma mina, --

PROFESORADO DE QUÍMICA  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Méx. 1625 MONTENEGRO, MEXICO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE



(caso más general). De los métodos seguidos para la separación de las partículas el más común es el de "Flotación", que consiste en la formación de una espuma permanente en la superficie de un tanque de agua, agitando con aire una mezcla del mineral finamente dividido, agua y aceite mineral, de tal manera que el mineral se moja con el aceite y es llevado a la superficie, en la cual queda con la espuma, mientras que las partículas restantes (mojadas por el agua solamente) quedan en suspensión por debajo de la espuma (finas) o se precipitan (gruesas) y pueden separarse fácilmente.

El proceso de flotación se emplea sobre todo para los sulfuros de bajo grado, principalmente de cobre, pudiendo concentrarse minerales tan bajos como de 10%, hasta alcanzar 90% de sulfuro.

Otras.- En otros procesos se emplean otras propiedades, como por ej.: en el de separación por diferencia de densidades, el material pulverizado es arrastrado por una corriente de agua o de aire a depósitos en donde las partículas más pesadas o sean del mineral puro, se depositan primero, mientras que las más ligeras (ganga) continúan en la corriente.

Ciertos minerales de hierro (Magnetita), pueden concentrarse pasando el mineral por electroimanes que atraen las partículas de Magnetita y dejan pasar las de ganga; dichos electroimanes también se emplean para separar el hierro magnético.

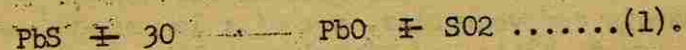
#### B.- OPERACIONES QUÍMICAS.-

Tienen por objeto transformar el compuesto natural del metal, en otro que tenga un mayor porcentaje (óxidos) o que sea más fácilmente manejable (cloruros), entre ellas se encuentran principalmente la calcinación y la tostación.

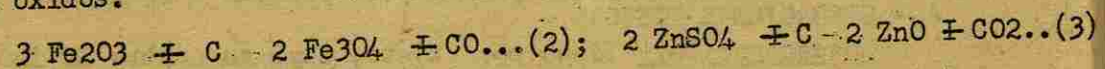
a.- Calcinación.- Consiste en calentar (calcinar) el mineral en forma de carbonato, a una temperatura de 700 a 1,000° C., con el objeto de transformarlos en óxido por pérdida de anhídrido carbónico. Se puede emplear para minerales de Hierro, Zinc o Plomo, y también para obtención de la cal y materiales cementantes no metálicos.

b.- Tostación.- Consiste en calentar el material hasta una temperatura cercana a su punto de fusión y ponerlo en contacto con una corriente de aire u Oxígeno (oxidación), a veces con cloro o ácido clorhídrico (cloruración) y aún con vapor de agua, carbón, azufre, (reducción), etc., con el objeto de modificar su composición química y eliminar determinados componentes por volatilización.

1.- La tostación oxidante se emplea para el beneficio de los sulfuros, arseniuros y antimonuros, formándose un óxido metálico y anhídridos sulfuroso, arsenioso o antimonioso, que se elimina, p. ej.:



2.- La tostación reductora se aplica en ciertos casos en que se requiere reducción, por ej.: para transformar el óxido ferroso férrico o magnetita que se separa magnéticamente y también para ciertos sulfatos, por ej.: de Fierro y de Zinc, que se transforman en óxidos.



3.- La tostación clorurante se aplica para solubilizar minerales transformándolos en cloruros, para los procesos hidrometalúrgicos y sobre todo para los electrolíticos.

DIVISION DE LA METALURGIA.-Se pueden considerar dos tipos de

procesos principales, a saber: la Pirometalurgia y la Hidrometalurgia, pudiendo incluirse además: la Electrometalurgia y la Metalurgia en polvo.

A.- HIDROMETALURGIA.- Consiste en la obtención de metales de una solución previamente preparada, tratando con líquidos apropiados el mineral u otros productos metalúrgicos, no tiene gran importancia para los metales de construcción se emplea para el oro y la plata; excepto cuando se aplica la corriente eléctrica (electrólisis), en cuyo caso se llama Electrohidrometalurgia.

B.- ELECTROMETALURGIA.- Consiste en la obtención de Metales por medio de la electrólisis de sus sales fundidas o de sus soluciones acuosas (Electro-hidrometalurgia). El único metal de importancia en construcción obtenido por el primer método es el Aluminio; por el segundo método se obtienen el Cobre y el Zinc.

La ventaja primordial de la Electrometalurgia se basa en que los metales obtenidos son de una gran pureza (metales electrolíticos) y en que pueden aprovecharse minerales de bajo grado y recobrase un gran número de metales que se perderían en el proceso de fusión. La desventaja principal es que es más costosa que la Pirometalurgia.

C.- PIROMETALURGIA.- Consiste en fundir los materiales con sustancias adecuadas, primero para quitar la "ganga" y después para dejar el metal en libertad.

En el primer paso se trata el mineral con sustancias llamadas "fundentes", que se combinan con la ganga formando compuestos fácilmente fusibles y de poca densidad que constituyen la "Escoria", la cual flota sobre el metal fundido y puede separarse fácilmente. Las sustancias empleadas deben de tener carácter químico contrario al de la ganga, así si la ganga es alcalina se emplean fundentes ácidos (arcilla, cuarzo, arena, sílice, etc.) y si es ácida se emplean fundentes alcalinos (cal, carbonato de calcio o magnesio, minerales alcalinos de bajo grado, etc.).



Una vez en forma de Óxidos y efectuada la eliminación de la ganga, el mineral se trata con un reductor, principalmente carbón en sus diferentes variedades, sobre todo el coque, fundiéndolo en hornos apropiados.

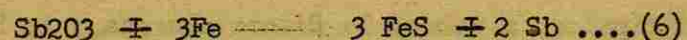


El proceso se emplea para el Fierro, Zinc y Cobre. Los minerales en forma de sulfuros se someten previamente a tostación oxidante. En ciertos casos (Fierro), se desarrollan las dos operaciones al mismo tiempo.

La reducción puede también efectuarse por medio del Aluminio, en un proceso llamado "Aluminio --termia", o proceso "Goldschmidt" y que consiste en mezclar el óxido del metal con Aluminio en polvo, formando una mezcla llamada "Termita", la cual se somete a ignición, por ej.: con magnesio y una vez iniciada, la reacción continúa por sí sola, desprendiendo gran cantidad de calor y separándose el metal fundido, el cual se va al fondo mientras la escoria flota en la superficie. Se puede emplear para casi todos los metales, pero principalmente se emplea para el Cromo y el Manganeso y para el Fierro, sobre todo en soldadura.

Pueden emplearse otros reductores, como por ej.: el Fierro para la obtención del Plomo y el Antimonio.





Todas estas operaciones se efectúan en hornos especiales, para cada metal, pero en general tienen características comunes ( véase -- más adelante).

D.- METALURGIA EN POLVO.- Es un proceso que consiste en producir objetos por prensado en caliente de polvos de metales o de compuestos metálicos. El proceso puede ser también aplicado a mezclas metálicas, o a mezclas de metales y no metales. La temperatura de -- prensado depende de la composición y propiedades deseadas en el producto. Este método ha adquirido modernamente gran importancia, por lo que se describirá a continuación.

Producción de Polvos Metálicos.- Se utilizan los métodos siguientes:

- a).- Por depósito de un gas, por ej.: el Hierro y el Níquel, obtenidos por la descomposición de carburos metálicos gaseosos.
- b).- Por proceso electrolítico, comprende tres métodos distintos: 1.- Formación de depósitos gruesos que luego se reducen a polvos. 2.- Formación de depósitos pulverulentos directos. 3.- Formación de depósitos esponjosos.
- c).- Por reducción de Oxidos metálicos finamente divididos o de otros compuestos, mediante el hidrógeno o gases reductores, empleando la temperatura más baja posible.
- d).- Por métodos mecánicos, como pulverización, molido. etc.
- e).- Entre otros métodos de uso limitado, se pueden considerar los siguientes: Atomización del metal fundido. Precipitación del metal por la reducción de un compuesto del mismo en solución previa.- Condensación de vapores metálicos obtenidos por el arco eléctrico u otros tipos de descarga eléctrica, en atmósferas previamente controladas.

La mayor parte de los polvos metálicos son producidos por los tres primeros métodos.

Proceso.- Los polvos se mezclan en tambores giratorios o molinos de bolas, antes de la compresión, para uniformar el tamaño y obtener las mezclas de los diferentes componentes. El polvo así obtenido se somete en moldes a la acción de la presión, generalmente a las temperaturas ordinarias, pero algunas veces a elevadas temperaturas. Las piezas obtenidas se someten a un tratamiento término en hornos con atmósferas controladas o al vacío, con el objeto de difundir un componente en otro, de disminuir las impurezas y de la eliminación o absorción de gases, etc.; a este proceso se le llama "Sintetizar". Si se requieren hacer piezas porosas se incorporan en la Mezcla sales o metales volátiles que desaparecen en éste último paso.

Propiedades.- Se aplica actualmente cada vez en mayor proporción, por las ventajas siguientes: Las piezas obtenidas son mucho más duras que las obtenidas por cualquier otro procedimiento, presentando sin embargo mayor ligereza. Se pueden obtener materiales poco porosos, semiporosos o porosos, según el empleo requerido de las piezas. Las piezas pueden obtenerse con dimensiones muy precisas, con una exactitud de 0.05". A pesar de tener manipulación costosa (preparación de los polvos, dados, etc.), la duración de las operaciones y el número de éstas, es menor que para los procesos ordinarios. Requieren maquinaria menos complicada, dando piezas más baratas, sobre todo tratándose de piezas pequeñas (la economía aumenta conforme disminuye el tamaño de la pieza).

Usos.- Se emplea para la producción de formas de metales de al-

to punto de fusión (Tungsteno, Molibdeno, Tántalo) o de sus carburos, solos o en matriz de Cobalto o Níquel, para piezas de corte resistentes al desgaste, etc. Para cojinetes, sufrideras, piezas de cierre, etc. de metales porosos conteniendo o no grafito. Para piezas de lubricación de bronce, porosas o semi porosas; para artículos del hogar, automóviles, etc. Estas piezas pueden absorber aceite hasta un 33% de su volumen. Por su economía se emplean para piezas pequeñas, tales como magnetos, contactos, cojinetes, partes de radio, abanicos, cámaras, etc. En la obtención de formas compactas que compitan con las obtenidas por vaciado y sobre todo en la producción de piezas de repuesto para maquinaria. Modernamente se emplean para la obtención de Pseudo aleaciones o sea de mezclas de metales que conservan sus características propias.

### HORNOS

GENERALIDADES.- En las distintas operaciones pirometalúrgicas, así como en las de concentración química (tostación y calcinación), se emplean diferentes tipos de hornos cuyas características generales son semejantes (aunque sufren modificaciones o adaptaciones para algún uso particular), por lo cual se describirán a continuación.

CONSTRUCCION.- Al construir un horno de cualquier tipo hay que tener en cuenta no solamente la refractabilidad temperatura que aguante) del material que se va a usar, sino también su reacción química, pues como ya se vió al hablar de fundentes, el mineral tiende a reaccionar con sustancias de carácter opuesto. Si el material es de carácter ácido, se emplea ladrillo sílice y si es básico, ladrillo magnesi- ta o se recubre el horno de una capa de dolomita o magnesita y alquitrán. Esto es solo necesario en el crisol, o sea donde se producen -- los cambios químicos. Además, dentro de un mismo tipo hay que considerar también los distintos papeles que van a desempeñar las diferentes partes del horno, por ej.: en la parte de carga debe usarse un material resistente, en el laboratorio (crisol) un material especial (ácido o básico) y en las partes más expuestas al fuego, materiales altamente refractarios (véase materiales refractarios). La parte exterior del horno puede ser metálica o de ladrillo común, o de metal recubierto exteriormente con ladrillo común refractario.

FUNCIONAMIENTO.- En todo horno se requiere fundamentalmente una fuente de calor, la cual comunmente es producida por la combustión de un combustible (véase abajo) en presencia de aire. Este combustible puede ser sólido, líquido o gaseoso y puede quemarse separado de la carga o mezclado con ella. Los productos de la combustión se descargan a una chimenea, para lo cual se requiere una diferencia de presión -- que se conoce con el nombre de "Tiro", el cual se expresa generalmente en pulgadas de agua y que puede ser "Natural y Mecánico" (Inducido o forzado). El aire necesario para la combustión se introduce por el "Tiro Natural" producido por una chimenea conectada al horno, sobre todo cuando se emplea combustible sólido o cuando se requieren temperaturas relativamente bajas, por ej.: en operaciones de tostación. -- Cuando se requiere una gran cantidad de aire, se puede "forzar" éste a través de la carga por medio de un abanico centrífugo u otro medio, pasando o no por una caja de aire ("Tiro forzado") o bien se puede colocar un extractor al final del horno o del economizador y antes de la chimenea, de tal modo que se produzca una succión de los gases, es decir, que se aumente la diferencia de presión y por lo tanto el tiro (Tiro inducido). En ocasiones pueden emplearse ambos métodos en combinación.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
"ALEJANDRO RIVERO LEY"  
MONTAÑES, BUENOS AIRES



COMBUSTIBLES.-

División.- Los combustibles según su estado físico pueden ser: Sólidos, líquidos o gaseosos y según su procedencia pueden ser Naturales y Artificiales. Entre los sólidos se encuentran: Madera, Lignito, hulla, antracita y leña entre los naturales y carbón de madera, cok de hulla, cok de petróleo y carbón en briquetas (carbón en polvo comprimido) entre los artificiales. En los combustibles líquidos se pueden considerar: el petróleo crudo y la gasolina natural entre los naturales, entre los artificiales: el alquitrán, los destilados de petróleo (gasolina, kerosina, gasoil, etc.), los residuos de petróleo (aceites combustibles), el alcohol y los combustibles coloidales. Entre los combustibles gaseosos están el gas natural, el gas producido, el gas de agua, el butano, el gas de alto horno y el acetileno.

Propiedades.- El valor de un combustible depende de la cantidad de calor que pueda ser obtenida de él, la cual se expresa como Poder Calorífico en calorías por kilo, o en B. t. u. por libra (1 B. t. u. = 252 calorías) para los combustibles sólidos y líquidos y en B.t. u. por pie cúbico para los gaseosos.

Aplicación.- Los combustibles sólidos se queman en un enrejado metálico que permite el paso del aire a través de él, dependiendo las aberturas de la clase de combustible empleado y variando el área de espacio de 20 a 40% del área total del enrejado y dependiendo ésta última del poder calorífico del combustible y de la velocidad de combustión. Los enrejados pueden ser estacionarios o móviles y pueden ser alimentados a mano o mecánicamente. Los combustibles líquidos y algunas veces los sólidos se atomizan o se vaporizan en un quemador apropiado, los más viscosos se calientan previamente. Pueden ser atomizados por la acción de una fuerte corriente de aire o vapor seco (quemadores de vacío), por la fuerza centrífuga de un cono a alta velocidad (quemador rotatorio, por el paso a alta presión a través de pequeños orificios y la expansión súbita al salir del quemador y finalmente, evaporándolos con aire precalentado o vapor, por ej.: en los hornos de forja y templado.

Los combustibles gaseosos se queman inyectándolos a través de un quemador apropiado, mezclados con la cantidad necesaria de aire.

TIPOS DE HORNOS.

A.- HORNOS DE REVERBERO.- Son los más importantes y los más usados, empleándose para toda clase de operaciones metalúrgicas, sobre todo para tostaciones (Fig. 1). Se emplean también para procesos pirometalúrgicos oxidantes. El horno consiste en dos partes principa-

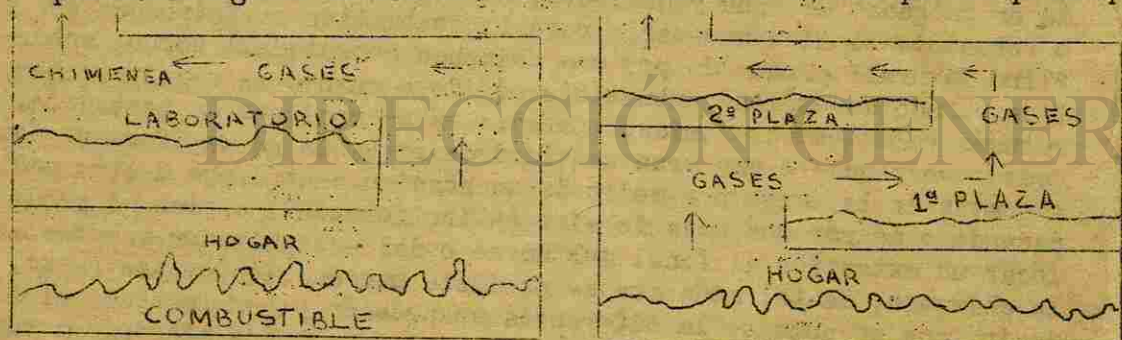


Fig. 1 HORNOS DE REVERBERO. Fig. 2

les El Hogar y el Laboratorio o Solera, separados generalmente por un tabique llamado "Puente o Altar". El funcionamiento es muy simple, en el hogar se quema el combustible, las llamas y los gases calientes pasan por encima del puente y lamen la bóveda, la cual irradia (Reverbera) calor sobre la carga contenida en el Laboratorio o solera, los productos de la combustión pasan a un "Tragante o Chimenea", a veces directamente y en otras después de haber recuperado parte de su calor para el calentamiento del aire o gases combustibles (Hornos Martín -- Siemens, Cap. V.), para desecar recipientes, etc.

La construcción de un horno de Reverbero depende de la clase de operación a que se vaya a dedicar y del tipo y clase de mineral, se emplea generalmente para minerales en polvo fino, por la ventaja de dar menos pérdidas que los hornos de Cuba, con los cuales generalmente compiten.

El horno está provisto de una o varias puertas de carga en su parte frontal, por las cuales se carga el mineral y se inspecciona la marcha de la operación. Pueden ser de una sola plaza, es decir, de una sola "Solera", (Intermitentes o continuos), o de varias plazas, generalmente superpuestas, para economizar espacio y combustible (Fig. No.2). Pueden también dividirse en hornos de trabajo a mano y hornos mecánicos. Estos últimos pueden ser de plaza fija, de plaza móvil y de tambor giratorio, llamados también hornos rotatorios, de gran importancia en la calcinación, no solo de materiales metálicos, sino también de materiales no metálicos (Caps. XI y XII).

B.- HORNOS DE MUFLA.- Son semejantes a los hornos de reverbero, sólo que se ha sustituido el laboratorio por un recipiente cerrado, de material refractario (a veces de fierro), que aísla el material de los gases de combustión y evita que se impurifique, de tal manera que los gases pasan alrededor de la mufla y la carga se calienta a través de las paredes. Se emplean para operaciones sencillas, para tostaciones, calcinaciones, acero de cementación, fundición, fundición maleable, etc. Generalmente son de trabajo a mano, aunque algunas veces son mecánicos y pueden ser de una sola mufla o de muflas superpuestas. El rendimiento es muy bajo, aún con el empleo del aire caliente.

C.- HORNOS DE CUBA.- Son hornos verticales en los cuales el calentamiento de la carga se efectúa por el paso hacia arriba de los gases de combustión. La parte en que se encuentra la carga es generalmente cilíndrica, pero puede variar de forma de acuerdo con las características del material y las condiciones requeridas, recibe el nombre de "Cuba". La zona inferior puede ser de sección circular o rectangular y en la obtención de metales por fusión recibe el nombre de "crisol", en la calcinación de materiales puede estar sustituida por un fondo cónico que se llama "zona de enfriamiento" (horno de cal).- El calentamiento de la carga puede efectuarse por gases de combustión provenientes de un hogar separado, o bien quemando combustible sólido mezclado en capas alternadas con la carga, en este último caso los hornos son generalmente de Tiro Forzado, introduciendo aire a presión a través de boquillas especiales llamadas "Toberas", colocadas encima del crisol. Los hornos de este tipo deben tener mayor altura que los de tiro natural, por lo cual reciben el nombre de Altos Hornos o también Hornos de Soplo (Fig. No.3). En ellos la sección inferior puede ser circular (Hornos para fierro) o rectangular (Hornos para cobre y plomo). La cuba está formada por dos conos truncados unidos por su base mayor. Es más ancha por encima de la zona de fusión (vientre), debido a que en esta parte los materiales han alcanzado el máximo de calentamiento y por lo tanto de dilatación. En la zona de fusión (obra,

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA "ALFONSO REYES" MEXICO, D.F.



Laboratorio) la combustión es muy rápida, contrayéndose el mineral por la pérdida del combustible y por la reducción química que experimenta, de allí que el area debe ir disminuyendo hacia abajo, por otra parte, el aumento en la sección provoca una expansión del aire y de los gases de combustión, los cuales pierden velocidad y permiten la caída de partículas de materiales que llevan consigo, cediendo al mismo tiempo algo de calor al mineral que cae. El cono truncado está formado por la chimenea o cuba propiamente dicha, la cual se extiende a partir del vientre y que debe ser suficientemente grande para contener mineral bastante para absorber la mayor parte del calor de los gases de combustión y para dar tiempo a que se efectúen las operaciones preliminares (secado, precalentamiento) y las transformaciones químicas necesarias. Su diámetro disminuye en la parte superior, para aumentar la velocidad de los gases de salida produciendo cierto tiro y para lograr que el descenso de la carga sea uniforme, permitiendo su expansión progresiva debido al calentamiento.

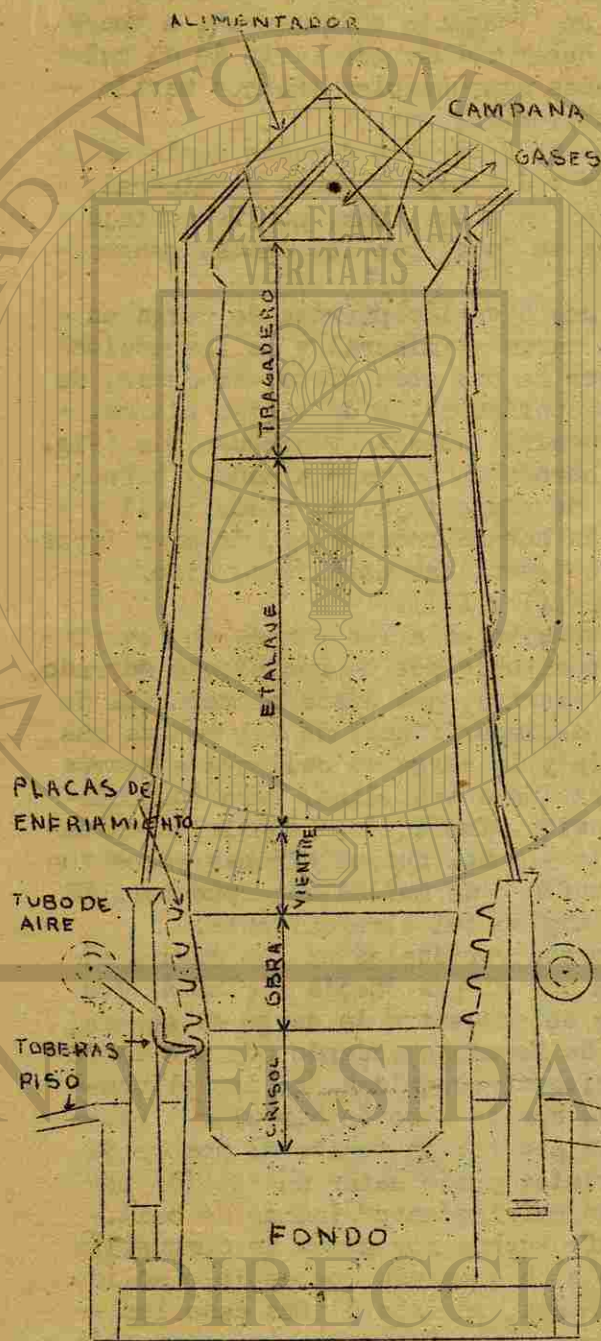


Fig 3 ALTO HORNO  
Para hierro bruto de fundición

del Hierro bruto de Fundición, del cobre y del plomo.  
D.- HORNOS DE CUBILOTE.- Se llaman también hornos de Cúpula, son semejantes a los anteriores, solo que de pequeño tamaño y opera-

dos con aire a mucho menos presión. Son cilíndricos, contruidos de lámina de palastro recubierta interiormente de ladrillo refractario. Las toberas están colocadas en dos anillos concéntricos, inmediatamente arriba del crisol, siendo en realidad orificios situados alrededor del anillo interno y no boquillas especiales como en el caso del Alto Horno. Este tipo de horno se emplea para la obtención de hierro de fundición para vaciado, para aleaciones, etc. (Fig.4)

E.- CONVERTIDORES.- Se emplean para el tratamiento de cargas líquidas, son recipientes verticales de lámina de palastro, recubiertos interiormente de ladrillo refractarios comunes o ladrillos sílica. Son de forma y tamaño muy variables, pero generalmente tienen forma de pera, disminuyendo en diámetro en la parte superior o boca, que generalmente muestra cierta curvatura, en los tipos movibles, para el vaciado de la carga. En éste caso el convertidor está soportado en dos muñones, uno de ellos hueco para permitir el paso del aire, el cual se conduce por un tubo a la parte inferior o fondo del conver-

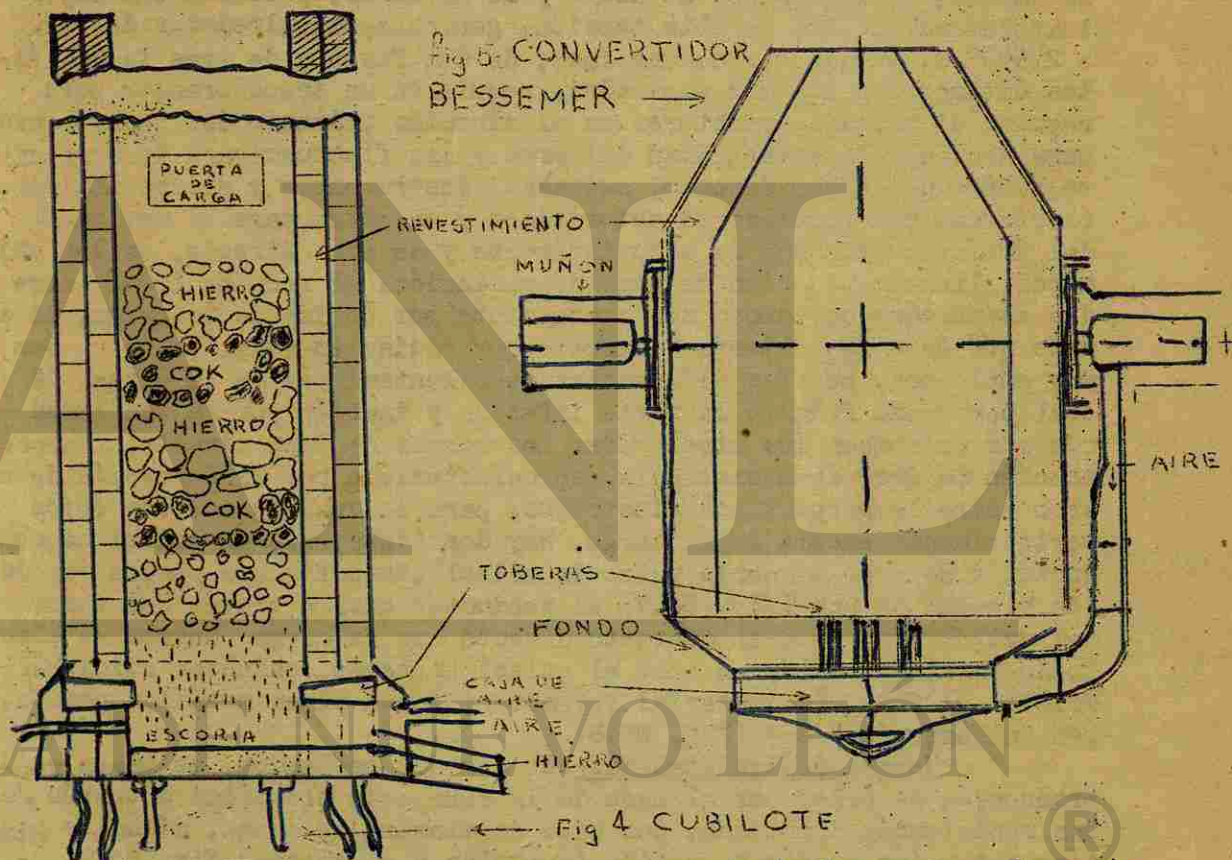


Fig 4 CUBILOTE  
Fig 5 CONVERTIDOR BESSEMER  
tador, que puede ser separable y que consta de dos partes: la parte inferior, hueca, que forma la caja de viento, y la parte superior, en la cual va una serie de toberas en forma de tubos cilíndricos, a través de los cuales se inyecta aire a presión (20 o 30 lbs. Pulg.2) que va a pasar a través del metal fundido, oxidándolo. Los convertidores se emplean para purificación de metales, sobre todo del fierro, oxidando las impurezas para facilitar su eliminación (Hornos Bessemer Fig. 5).

F.- HORNOS ELECTRICOS.- Como su nombre lo indica, son Hornos en los cuales el calor se produce por medio de corriente eléctrica, son más costosos en operación que los hornos de combustión, pero presentan algunas ventajas importantes. Se pueden obtener rápidamente temperaturas elevadas, controlando fácilmente la temperatura y manteniéndola por cualquier período de tiempo necesario. Pueden funcio-

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
MONTENEGRO, 1925



nar automáticamente. No hay contaminación de la carga con el combustible o productos de la combustión.

La carga fundida puede trabajar con escoria oxidante, neutra o reductora y puede renovarse y producirse fácilmente para controlar la operación, de tal manera que puedan fácilmente eliminarse o añadirse constituyentes a la carga.

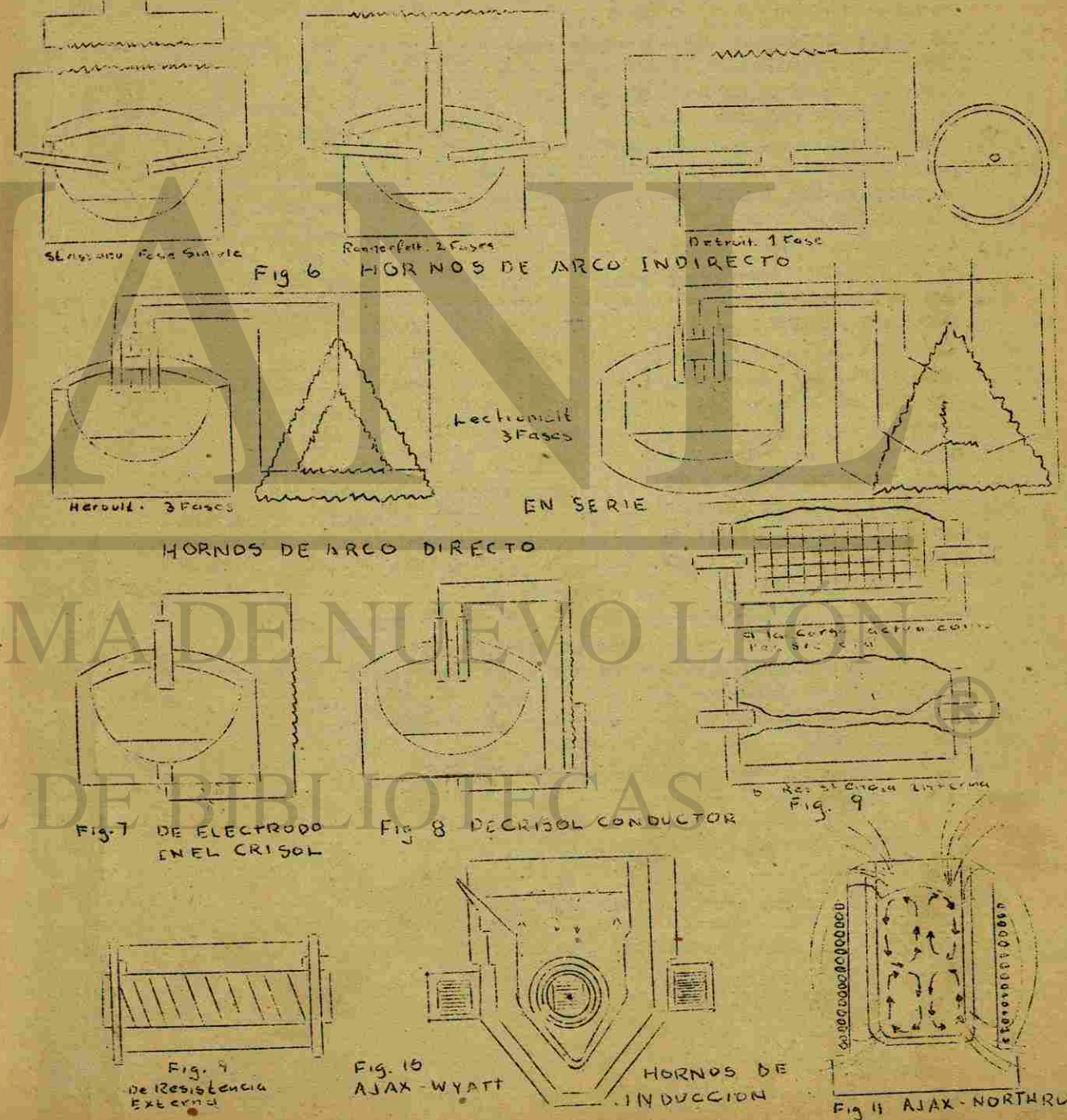
Hay una gran variedad de hornos eléctricos y los empleados para metales ferrosos (unos 25 principales) difieren algo de los empleados para metales no ferrosos, pero en conjunto pueden considerarse dentro de tres grupos: De Arco, de Resistencia y de Inducción.

**Hornos de Arco.**- Se caracterizan por la formación de un arco entre electrodos separados, a través de un gas o sea la descarga de electrones del electrodo positivo al negativo, conducidos por el gas ionizado, debido a una diferencia de tensión. Pueden ser de baja tensión (30 voltios) o de alta tensión (10,000 voltios). Los primeros se emplean en los hornos de acero y de carburos, producen una mayor temperatura que los de alta tensión, generalmente alrededor de 2,200 a 2,500° C. Pueden ser de una fase, de dos fases y de tres fases, éstos últimos son los más empleados, requieren un transformador para regular el voltaje, reactores en el circuito primario del transformador, para mantener la estabilidad del arco y las fluctuaciones de corriente dentro del valor deseado, switches, instrumentos y equipo medidor, electrodos con reguladores automáticos y un motor para el movimiento del horno. Pueden ser de arco indirecto y de arco directo, en los primeros, llamados también de arco de radiación, el arco se forma entre dos electrodos colocados horizontalmente por encima de la carga, de tal modo que ésta se calienta solamente por radiación (Fig. No.6) no son muy empleados, por las diferencias de calentamiento de la carga, la cual permanece fría en la parte inferior y también por la facilidad con que se rompen los electrodos. Los hornos de Arco directo, llamados también de Arco de Resistencia, se caracterizan por la formación de un arco entre la carga y los electrodos, para lo cual se colocan éstos verticalmente encima de la carga. Hay dos tipos, los de crisol no conductor o de arco en serie y los de crisol conductor que pueden ser de dos clases: en uno (Fig. No.7) el conductor pasa a través del fondo del crisol y se pone en contacto directo con la carga (hornos de electrodo en el crisol) y en otro el crisol es hecho conductor adicionándole en el fondo (de material refractario) una placa metálica pesada, generalmente de cobre (Fig. No.8).

**Hornos de Resistencia.**- No son muy empleados, se basan en la producción de calor por el paso de la corriente eléctrica a través de una resistencia apropiada, por ej.: de alambre de cromo, níquel o platino o también carbón o grafito (granular o en placas) Fig. No.9.

**Hornos de Inducción.**- Son en esencia transformadores, en los cuales la carga forma el circuito secundario, empleando una corriente de baja frecuencia, generalmente de cinco ciclos por segundo, para neutralizar las pérdidas causadas por histeresis Fig.No. 10), el círculo primario lo constituye un carrete de alambre de cobre provisto de un corazón de hierro en hojas, no son empleados para trabajos intermitentes, porque es necesario retener un residuo de metal fundido, de una carga a otra. Para materiales no conductores se emplean hornos de crisol conductor y corrientes de alta frecuencia, con campos magnéticos débiles (Fig. No.11).

Este tipo de hornos son poco empleados para Metalurgia ferrosa, pero en cambio se emplean extensamente para fusión de metales y aleaciones no ferrosas, sobre todo los hornos Ajax - Wyatt y Ajax - Northrup, ampliamente empleados para fusión de bronce y latones (95%), habiendo sustituido a algunos hornos de arco, como el móvil de Detroit y el Vailey de resistencia. En cambio los hornos de arco se emplean como ya se dijo para metalurgia del hierro y obtención del acero (heroult, Stassano, etc.) y algo para ferro-aleaciones y refractarios y por su parte los de resistencia son empleados para hornos de Recocido y Templado de metales, para productos cerámicos (Horno de Túnel), para vidrio fundido, carburo de Silicio y Mullita fundida (Refractarios).





## Capítulo II.

### METALES NO FERROSOS

**GENERALIDADES.-** Como ya se dijo anteriormente, no todos los metales son de importancia industrial, sino solamente unos 30 (son 70 los conocidos) y de estos pueden considerarse tres clases: Metales de importancia primaria, Metales de importancia secundaria y Metales para aleaciones. Se discutirán en este capítulo solamente los primeros; entre ellos se encuentran: Cobre (Cu), Zinc (Zn), Plomo (Pb), Estaño (Sn), Aluminio (Al), Magnesio (Mg) y Níquel (Ni). Entre los segundos están: Bismuto (Bi), Antimonio (Sb) y Cadmio (Cd) y entre los elementos para aleaciones: Cromo (Cr), Cobalto (Co), Vanadio (V), Tungsteno (W), Molibdeno (Mo), Titanio (Ti), Zirconio (Zr) y Tántalo (Ta).

#### C O B R E.-

**MINERALES.-** Es uno de los pocos metales que pueden hallarse al estado libre o nativo, en rocas generalmente de origen volcánico (1 al 4%), puede encontrarse también al estado de óxido rojo o cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), óxido negro o Melanconita ( $\text{CuO}$ ), como carbonato verde en la Malaquita ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) y como Sulfuro en la Calcocita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), Calcopirita ( $\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$ ). Bornita ( $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$ ) y Tetraedrita, los más importantes de estos son la Calcocita y la Calcopirita.

**OBTENCION.-** Los minerales de cobre tienen generalmente un porcentaje muy bajo de metal (10 a 15%), por lo cual son primero concentrados, variando los métodos seguidos con la clase de mineral. Los de cobre nativo se concentran por quebrado, molido y lavado (Flotación), el mineral concentrado (70% de Cu) se funde en un horno de reverbero o un alto horno, con un fundente adecuado, generalmente caliza. Los óxidos pueden fundirse con carbón y caliza en altos hornos, en un proceso similar al del fierro o bien mezclarse con los sulfuros. Los sulfuros después de concentrados por flotación se someten a tostación en hornos de reverbero o tostadores de hogares circulares múltiples superpuestos y provistos de rociadores mecánicos, con objeto de expulsar los óxidos de Arsénico y Antimonio y oxidar cerca de las  $3/4$  partes de azufre presente, el producto se funde en un Alto Horno (Mineral o grueso) o en hornos de reverbero (mineral fino) semejantes a los de hogar abierto básico, eliminando la ganga en forma de escoria, quedando una pequeña porción metálica llamada "Mata", la cual es una mezcla de sulfuros de cobre y hierro y de algunos otros metales.

La "Mata" se transforma en cobre en un convertidor, semejante al Bessemer, solo que de mayor capacidad y con entradas laterales del aire y revestimiento básico de Magnesita. En presencia del aire el azufre se quema dando anhídrido sulfuroso, el fierro queda en forma de óxido, que se elimina combinándolo con arena sílica, formando una escoria de silicato de fierro que se separa antes de continuar la operación.

El sulfuro de cobre se oxida parcialmente, reaccionando el óxido formado con el sulfuro de Hierro no transformado y dando sulfuro de Cobre y más óxido de Hierro. El sulfuro de Cobre (metal blanco) for-

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
MAY 1953 MONTREY, MEXICO



mado empieza a oxidarse, una vez terminada la transformación, (se nota por el color de la llama) se detiene el soplo y se vacía el cobre, que se solidifica formándose ampollas por el escape del anhídrido aprisionado, a este producto se le da el nombre de Cobre ampollado o cobre negro. La operación dura aproximadamente 5 horas, el metal obtenido se funde en hornos de reverbero, calentándolo con madera verde, la cual desprende gases que actúan como reductores del óxido de Cobre, al pasar a través de la masa fundida. El metal fundido se vacía en moldes para formar ánodos de 3 pies X 3/4" a 2" de grueso. Otros procesos son el de fusión de las piritas de alto contenido en sulfuro de hierro, con un alto horno con fundentes adecuados y el método de oxidaciones y reducciones alternadas con una serie de operaciones de calcinación y fusión en hornos de reverbero.

**REFINACION.**- El cobre obtenido por cualquiera de los Métodos anteriores, debe ser refinado para su empleo como conductor, pudiendo hacerse por dos métodos, por fusión en hornos de reverbero o por método electrolítico, éste último es el más empleado, dando un metal más puro, para esto los ánodos obtenidos son generalmente conectados en múltiple, entre hojas delgadas de cobre puro en una solución ácida de sulfato de cobre. Se pasa una corriente de bajo voltaje y alto emperaje y el ánodo se disuelve gradualmente, depositándose el cobre en el cátodo (Lámina de cobre puro), las impurezas se recogen en los lados anódicos (Plata, Oro, Platino, Bismuto, etc.).

**PROPIEDADES.**- Se caracteriza por su color rojo, aunque por transparencia, en láminas delgadas, aparece verde. A temperaturas cercanas a su punto de fusión se vuelve muy frágil, pulverizándose fácilmente; es muy dúctil pudiendo estirarse en hilos de 0.03 mm. Es el mejor conductor del calor y la electricidad, de los metales baratos, dependiendo su conductividad del grado de pureza, solo es aventajado por la plata en su conductividad eléctrica, tiene gran resistencia a la corrosión atmosférica y del agua de mar, y al ataque de gran cantidad de reactivos químicos, al aire húmedo y en presencia del CO<sub>2</sub> se recubre de una capa de carbonato básico verde. Su resistencia a la tensión varía notablemente según el tratamiento a que se haya sujetado, el cobre laminado en caliente tiene 7,000 a 8,000 lbs. Pulg.<sup>2</sup>, 500-550 Kgs. cms<sup>2</sup> con un alargamiento de 50%, mientras que el tratado en frío presenta mas de 20,000 lbs. pulg.<sup>2</sup>, (1,400 Kgs./cms<sup>2</sup>) con un alargamiento de 40%, su última fuerza es de 33,000 lbs/pulg.<sup>2</sup>. (2,310 Kgs./ cm<sup>2</sup>).

**USOS.**- Se emplea principalmente para propósitos eléctricos, una cuarta parte en la obtención de aleaciones (Bronces, Latones) y una pequeña parte en lámina para techos o en tubos para condensadores, evaporadores, etc., por su gran resistencia a la corrosión. El alambre de cobre se usa de sección circular o rectangular o en forma de solera. El 1o. para motores, forrado de plástico o para alambre común, el 2o. para transformadores (debe ser de gran precisión), en forma de solera se usa para conexiones internas de aparatos eléctricos.

#### P L O M O.-

**MINERALES.**- Se encuentra ampliamente distribuido, principalmente en forma de sulfuros, generalmente mezclado con Zinc en diferentes proporciones y también Plata y Antimonio. Los principales minerales son: la Galena (Pb S) y la Cerusita o Carbonato de Plomo (PbCO<sub>3</sub>), de menor importancia son: la Anglesita o Sulfato de Plomo (PbSO<sub>4</sub>) y la Piromorfita (3 Pb<sub>3</sub>P<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. PbCl<sub>2</sub>).

**OBTENCION.**- La metalurgia del plomo depende de los metales que lo acompañan y se adapta a la extracción de éstos. Si se requiere una concentración, el mineral es sometido a una flotación selectiva, separando primero en medio alcalino los sulfuros de Zinc y de Hierro, con adición de carbonato de sodio y algo de Cianuro de Sodio y Sulfato de Zinc. El mineral concentrado o no, se somete a la tostación oxidante, generalmente a temperaturas de 450 a 700°C., el material tostado se reduce en un alto horno enfriado con agua, de crisol rectangular, mediante el carbón y un fundente adecuado. Los minerales muy ricos pueden tratarse en hornos de reverbero, oxidándolos primero parcialmente y después procediendo de una manera semejante a la obtención del Cobre, dejando que el sulfuro residual reaccione con los óxidos formados. El Plomo obtenido contiene generalmente Plata y otras impurezas y se le llama Plomo Bullion, se somete a un proceso de suavización, oxidándolo para eliminar el arsénico, antimonio y cobre, que forman escoria. El Plomo suavizado se somete a un tratamiento que depende de su contenido en Bismuto, si éste es alto se trata por el proceso Patlison o de cristalización selectiva, (el Plomo solidifica primero), o por electrólisis en solución de fluorosilicato de Plomo (PbSiF<sub>6</sub>). Si el Bismuto es bajo se funde con Zinc a temperaturas cercanas al punto de fusión de este último, separándose una aleación de Zinc más ligera, con Plata, Oro, etc., recobrando más tarde el Zinc por destilación y separando la plata por copelación.

**PROPIEDADES Y USOS.**- El plomo es un metal blando (puede rasparse con la uña) y pesado, de color gris azulado y alto lustre metálico recién cortado, al aire se oxida perdiendo su lustre. Es muy maleable, pero muy poco dúctil. Cuando está caliente puede transformarse por presión hidráulica en tubos, varillas y alambres, las impurezas aumentan su dureza, su densidad y la resonancia. Cuando puro tiene una resistencia a la tensión de 1,900 lbs/pulg<sup>2</sup> (133 Kgs./cm<sup>2</sup>) y un alargamiento de 55% a una velocidad de 0.25 l. p. c. por minuto. No sufre alteración en presencia del aire seco o del agua libre de aire pero en contacto con el aire húmedo o agua con aire disuelto sufre hidratación y luego se carbonata; en aguas duras se cubre de una capa protectora de sales solubles, en este sentido solo puede emplearse con seguridad para tuberías de agua potable que conducen aguas un poco duras, porque sus sales solubles son venenosas. Es resistente a la acción de los álcalis y a la corrosión, cuando funde en contacto del aire se transforma en óxido, removiendo continuamente la película formada, si la temperatura no alcanza a fundir el óxido, se obtiene el Masicot y si lo funde el Litargirio, ambos empleados como secantes para pinturas, tienen la desventaja de ser venenosos y poder ser absorbidos a través de la piel.

El Plomo se emplea para tuberías de desagüe, sobre todo de plantas químicas, para el recubrimiento de cables eléctricos, para los acumuladores. Para planchas en plantas de Acido sulfúrico, con 5% de arsénico se emplea para perdigones, también se emplea para tipos de imprenta (con antimonio), para soldar, etc.

#### Z I N C.-

**MINERALES.**- El principal es el sulfuro de Zinc, Blenda o Sfaletita (ZnS), se encuentra asociado con sulfuros de Plomo, Hierro y Cobre, en Cristales bien formados o masas compactas de estructura



laminar, radial o arriñonada, de color pardo, a veces negro pero casi siempre blanquecino o amarillo rojizo. Otros minerales son: el Carbonato o Calamina ( $ZnCO_3$ ), llamado también Gemina, Smithsonita o Espato de Zinc, en masas compactas arriñonadas. gris amarillentas, pardas, rojizas y hasta verdes. El silicato de Zinc, o Willenita la Frankinita (mineral de Hierro, Manganeso y Zinc) y la Zincita u óxido de Zinc ( $ZnO$ ).

**OBTENCION.**- Los minerales de Zinc son previamente sometidos a tostación o calcinación para obtener el Oxido de Zinc, el anhídrido sulfuroso desprendido en la tostación se emplea para obtener ácido sulfúrico. Los minerales no sulfurosos después de sometidos a tostación se someten a separación magnética, por la formación de ferritos de Zinc. El tratamiento metalúrgico puede ser por los tres métodos generales, es decir, por hidrometalurgia, Pirometalurgia y electrometalurgia. En el Método electrolítico el mineral tostado es lixiviado con ácido sulfúrico (obtenido del anhídrido sulfuroso desprendido) para obtener una solución de sulfato de Zinc, que se somete a electrólisis en cubas electrolíticas con ánodos de carbón, plomo u óxidos metálicos y cátodos de Zinc o Aluminio. En el caso de la solución de ferrita de Zinc, el Hierro, junto con el Arsénico, Antimonio y Silicio se precipita neutralizando con óxido de Zinc.

En el proceso pirometalúrgico el óxido de Zinc se reduce en presencia de un exceso de carbón, porque la reacción es reversible y el Zinc es separado por destilación ( $907^{\circ}C.$ ), calentando a  $1,100^{\circ}C.$ ; la operación se hace en retortas o en hornos de mufla, para evitar la reacción del Zinc con el Oxígeno o el Anhídrido carbónico, condensando los vapores por encima de  $420^{\circ}C.$  puede obtenerse Zinc líquido y abajo de esta temperatura se obtiene polvo de Zinc. El Zinc resultante está impurificado con Cadmio y plomo y se le llama "Spelte" pudiendo purificarse por cuidadosa redestilación en retortas o licuación en hornos de reverbero, en este caso las inclusiones oxidadas o no aleadas se van a la superficie, mientras que las aleaciones de plomo, hierro y cadmio, con el zinc, se van al fondo.

En el proceso electrotérmico la reducción se hace con cok en un horno eléctrico, actuando la carga como resistencia. El horno es un cilindro vertical de gran altura (11 m.) con tres electrodos arriba y tres abajo y la carga en medio, se calienta hasta  $1,200^{\circ}C.$ , formándose Zinc y óxido de carbón, los cuales pasan a un condensador de gres con Zinc líquido, condensándose los vapores de Zinc. Para este proceso el mineral tostado se somete a "Sintetización" calentándolo a  $1,600^{\circ}C.$ , en hornos de gas con una fuerte corriente de aire, removiendo de este modo parte de las impurezas (Cadmio y Plomo), antes de pasar al horno eléctrico.

**PROPIEDADES.**- Metal de color gris azulado, de brillo metálico intenso, fractura cristalina en forma de hojas exagonales, a  $160^{\circ}C.$  produce por flexión un ruido débil, semejante al "grito del estaño". Funde a  $420^{\circ}C.$ , su densidad es 7.14, su dureza es mayor que la del cobre, disminuyendo con adición de estaño y aumentando con otras impurezas, es algo frágil a temperatura ordinaria, pero a  $100-150^{\circ}C.$ , es dúctil y maleable, a  $200^{\circ}C.$ , se vuelve quebradizo y se puede pulverizar, su resistencia a la tensión es de 380 Kgs./cm<sup>2</sup>, pudiendo aumentar a 2,000 cuando se lamina. Al aire húmedo forma carbonato básico, perdiendo su lustre; a  $500^{\circ}C.$  se enciende con llama amarillo verdosa, dando Oxido de Zinc, al agua pura no se altera, pero si, en presencia de  $CO_2$  y amoníaco, en forma de polvo descompone al agua formando hidrógeno y al aire húmedo puede encenderse espontáneamente, es prácticamente soluble en todos los ácidos.

**USOS.**-Se emplea para proteger el fierro contra la corrosión, por medio del galvanizado, de lámina, tubos, alambres, etc., también se emplea para la obtención del latón y otras aleaciones, para piezas vaciadas (por su gran fluidez), para fabricación de pigmentos y en forma de cloruro para el galvanizado y como preservativo de la madera. Una parte, en lámina para techos, partes de máquinas, lavadoras, cubiertas de mesa y tuberías. Se emplea para base de metales pre-acabados, recubriéndolo con Cromo, Níquel, Cobre, etc. para fabricación de Artículos por estampado en 2 o 3 operaciones.

#### ALUMINIO.-

**ALUMINIO.**- Es uno de los elementos más abundantes, sus minerales más importantes son: la Bauxita y la Criolita. La Bauxita es una mezcla de hidróxido de Hierro y Aluminio con 40-50% de Alúmina, de color variable con el contenido de Hierro, usualmente formada por gránulos embebidos en una masa de arcilla. Otros óxidos hidratados de Aluminio semejantes reciben nombres como Diasporo ( $Al_2O_3.H_2O$ ) e Hidrargirita ( $Al_2O_3.3H_2O$ ). En forma de óxido puro y cristalizado forma el "Corindón" que cuando es rojo se llama rubí y azul, Zafiro. La Criolita o Fluoruro de sodio y aluminio ( $3NaF.AlF_3$ ), se emplea como solvente de la Bauxita en la metalurgia del Aluminio, pero es muy cara y se prepara mejor artificialmente.

**OBTENCION.**- El único método de importancia comercial es el electrolítico. Consiste en someter a electrólisis la solución de Alúmina en criolita fundida, (a la cual se agregan diversas sales con fines variados (fluoruro de calcio, fluoruro de aluminio y cloruro de sodio), que se va añadiendo conforme se gasta en el proceso, La electrólisis se efectúa en cubas de hierro que actúan como cátodos, forradas interiormente de carbón y con ánodos de carbón suspendidos. La Alúmina empleada se prepara a partir de la Bauxita, la cual se muele y se digiere con solución de hidróxido de sodio en autoclaves, disolviéndose solamente el Aluminio en forma de aluminato de sodio y parte de la sílica, ésta última se precipita con adición de cal, antes del molido. El aluminato obtenido se filtra y se le añade hidróxido de Aluminio puro, precipitándose en forma de hidróxido, el cual se filtra y se calcina.

En la obtención del Aluminio se gastan enormes cantidades de energía eléctrica, por lo cual las plantas están colocadas en lugares donde aquella abunda, usualmente cerca de las caídas de agua o de plantas hidroeléctricas. El Aluminio obtenido tiene una pureza hasta de 99.5, pero puede refinarse aún más por medio de una nueva electrólisis (Método Hoopé).

**PROPIEDADES.**- Metal blanco brillante, semejante a la plata cuando puro, pero con un ligero matiz azulado el Aluminio comercial. Si se calienta a fusión y se deja enfriar lentamente, cristalizada en octaedros regulares, es sumamente ligero, con densidad de 2.7, lo cual lo hace sumamente útil. Es más duro que el Estaño y Zinc, pero más blando que el cobre, funde a  $658^{\circ}C.$ , si se calienta pierde su resistencia y se disgrega al sacudirlo poco antes de fundir, transformándose en una masa pastosa granular. Su resistencia y tenacidad aumentan con su pureza y abajo de  $98^{\circ}C.$  se vuelve frágil y quebradizo. Es muy dúctil y sumamente maleable (casi tanto como el oro), sus propiedades mecánicas son fuertemente influenciadas por los tratamientos térmicos o mecánicos, así, la resistencia a la tensión va



ría de 800 Kgs./cm.2 (15-25% de alargamiento en 2") para el vaciado, hasta 1,800 a 3,500 Kgs./cm.2 para el alambre. El trabajo en frío lo endurece excesivamente y debe ser templado repentinamente. Tiene una gran conductividad eléctrica y una gran ligereza y resistencia, en proporción a su peso. Cuando se calienta al aire se oxida fácilmente, formándose una capa de óxido de Aluminio que evita la continuación de la oxidación, en piezas delgadas o en polvo, arde con llama brillante, formando óxido de Aluminio. No es atacado por el vapor de agua, pero si por el agua cargada de sales, particularmente de Fierro y con especial energía en presencia de vestigios de otros metales (Hg, Cu, Fe, etc.) por la formación de un elemento galvánico. No es atacado por el ácido nítrico frío, sulfúrico diluido, y ácido clorhídrico cuando está puro, pero si en la forma comercial. Es un enérgico reductor, empleándose por esto en la obtención del acero, aleado con el fierro, se puede soldar con Flux de cloruro de Zinc.

USOS.- Después del fierro es uno de los metales más usados en la construcción, por su gran resistencia y ligereza, aleado con pequeñas cantidades de metales se utiliza para fabricación de lámina para techos, aviones, automóviles, aparatos químicos, etc., grandes cantidades se emplean para fabricación de utensilios de cocina. Al estado puro se emplea como sustituto del cobre, especialmente para alambres, varillas, etc., conductores de la corriente eléctrica, para conductores en los rotores de los motores y algo en láminas para equipo eléctrico. También para la fabricación de tuberías, para los procesos aluminotérmicos y la fabricación de bronce de Aluminio, en polvos finamente divididos para pinturas protectoras contra la corrosión y en litografía, para preparación de explosivos y en pirotecnia. Se está empleando para proteger el Fierro y Acero por inmersión, después de reducir la pieza con Hidrógeno (Alplate), para alambres, varillas y lámina. Recubierto con Cromo o con Níquel, forma metales pracalados para gran número de operaciones.

### ESTAÑO.-

MINERALES.- El único mineral de importancia es el Oxido de estaño, Casiterita o piedra de estaño (SnO<sub>2</sub>), existente en arenas aluviales o en lodos en venas, en unas cuantas partes, sobre todo en los Estados Malayos, algunas islas Holandesas y en Bolivia. El mineral de depósitos aluviales es más rico y produce un metal más puro (Minerales asiáticos, Banca), esto es de importancia porque comercialmente la pureza del estaño depende de los yacimientos de que proviene.

OBTENCION.- La concentración previa del mineral es más importante que para otros metales. Los aluviales se concentran por lavados sucesivos, mientras que los de vena, que generalmente están impurificados con sulfuros, se someten después de quebrados y lavados al proceso de flotación y en muchos casos a tostación, para eliminar el azufre, arsénico y antimonio; los óxidos de cobre, bismuto y hierro se pueden eliminar lixivian-do el mineral tostado, con soluciones diluidas de ácido sulfúrico o clorhídrico o tostado con cloruro de sodio o carbonato de sodio.

El mineral ya concentrado se lleva a Altos hornos u hornos de reverbero, reduciendo con carbón y empleando fundentes apropiados. El estado fundido se puede refinar por oxidación emérgica, introdu---

ciendo madera verde en el baño o por métodos electrolíticos, usando un baño de ácido fluosilícico.

Gran cantidad de estaño puede recobrase de la escoria por métodos electrolíticos o químicos.

PROPIEDADES.- Se encuentra en dos formas alotrópicas,  $\alpha$  y  $\beta$ , -- cristalizadas respectivamente en el sistema cúbico y en el tetragonal. La forma  $\alpha$  o Estaño blanco es estable por encima de los 180°C., teniendo tendencia a cambiar a la forma  $\beta$ , (de color gris) cuando se enfría, aunque muy lentamente, aumenta a temperaturas abajo de 15°C. y es muy rápida a 48°C., por lo cual no puede emplearse en recipientes que se guarden a baja temperatura por largo tiempo. La transición aumenta con la presencia de material transformado (Peste de estaño). En presencia de pequeñas cantidades de impurezas se vuelve frágil por encima de 161°C., pudiendo convertirse en polvo. El estaño blanco es un metal blanco plateado, lustroso, extremadamente maleable, funde a 232°C. Es más duro, más dúctil y algo más resistente que el plomo, su resistencia y dureza disminuyen con algo de Arsénico o Antimonio. Su ductilidad depende de la temperatura de vaciado, su resistencia a la tensión varía de 175 a 350 Kgs./cm.2. Es pobre conductor del calor y la electricidad y cuando se dobla produce un sonido característico conocido como "Grito del Estaño", debido al deslizamiento de los cristales. Es sumamente resistente a la corrosión, empleándose para proteger lámina de fierro (estañado) en latas, botes, tubos, etc., aunque tiene la desventaja de que rompiéndose la placa ya no sirve, también se emplea para proteger otros metales. Por encima de su punto de fusión (231.8° C.) se oxida fácilmente, arriba de 1,500° C. se enciende y arde con llama blanca, Es atacado lentamente por los ácidos sulfúrico y clorhídrico diluidos en frío, con ácido nítrico concentrado forma nitratos insolubles hidrolizables con el agua.

USOS.- Se emplea para el estañado de lámina de Fierro (hoja de lata) y de lámina para techos (aleado con plomo). Para obtención de soldaduras, de metal Babbit y de bronce, algo en hacer alambres, tubos para pastas, metal blanco, reactivos químicos y lámina de estaño. Tiende a sustituirse, por su escasez cada vez mayor.

### NÍQUEL.-

OBTENCION.- El Níquel proviene casi enteramente de dos fuentes, del Distrito de Sudbury en Ontario Canadá y de la Isla de Nueva Caledonia, en Australia. En el primero se halla en forma de sulfuro, mezclado con cobre (3.% de Ni y 2% de Cu) y fierro y en el segundo en forma de silicato (6.8% Ni). Para extraer el Níquel de los sulfuros se procede como en el caso del Cobre, concentrando y tostando el mineral y fundiéndolo con carbón y sulfato de sodio en un alto horno, la masa obtenida se separa en dos capas al solidificarse, la capa superior contiene sulfuro de cobre y sodio y la inferior parte del fierro que no se elimina en la escoria y algo de cobre. Se purifica por oxidación en un convertidor, para eliminar el hierro y por fusiones sucesivas, por electrólisis o por volatilización en forma de un compuesto orgánico de Níquel, para separarlo de las otras impurezas. Al tratar la "Mata" en el convertidor se obtiene óxido de Níquel, que puede ser reducido con carbón en tubos de fierro o en hornos de reverbero o reduciendo con Hidrógeno naciente (del gas de agua calentando a 300°C.).



**PROPIEDADES Y USOS.**- Es un metal blanco plateado, brillante, capaz de alcanzar un alto lustre, es casi tan duro como el acero suave y con algo de carbón es sumamente maleable, pero es menos dúctil que el acero suave, mejorando su ductilidad con la presencia de Magnesio. Es ferromagnético abajo de 360°C., funde a 1,452°C. y tiene una densidad de 8.85. Su resistencia a la tensión es de 700 Kgs. cm.2. cuando está laminado y templado y de 1,000 Kgs./Cm.2 para alambre endurecido. Es muy resistente a la corrosión, comunicándole esta propiedad a los metales con los cuales forma aleaciones, se emplea por lo tanto para el niquelado de objetos de hierro, acero y otros metales y para la obtención de aleaciones.

**MAGNESIO.-**

**MINERALES.**- Es el séptimo metal más abundante en la costra terrestre, (2.1%). Los principales minerales son: Dolomita o carbonato de calcio y Magnesio (CaCO<sub>3</sub>.Mg CO<sub>3</sub>), Magnesita o carbonato de magnesio (MgCO<sub>3</sub>) y Carnalita o cloruro doble de Potasio y Magnesio (K Cl. MgCl<sub>2</sub>. 6H<sub>2</sub>O).

**OBTENCION.**- Se obtiene por los procesos del cloruro o del óxido. En el proceso del cloruro se somete a electrólisis una mezcla de cloruros de sodio, potasio y magnesio. El cloruro de magnesio usado se obtiene como subproducto de la purificación del cloruro de sodio. Los cloruros de sodio y de potasio se añaden para evitar su descomposición durante el calentamiento. La electrólisis se verifica en recipientes de hierro con cierre hermético, actuando las paredes como cátodo y con un ánodo de grafito dentro de un tubo de porcelana por el cual escapa el cloro. El Magnesio se deposita en el cátodo, elevándose a la superficie por su ligereza y eliminándose para refinarse fundiéndolo en el vacío o en presencia de fundentes (cloruro doble de sodio y magnesio) o destilándolo cuando se quiere muy puro. (1120°C).

**PROPIEDADES.**- Es el metal mas ligero usado en Ingeniería (e= 1.74 7/10 de la del Aluminio), más duro que el aluminio (DB=30. vaciado, y DB = 40, laminado). Se oxida rápidamente, en forma de polvo o cinta se enciende fácilmente al aire, dando gran cantidad de rayos ultravioleta, por lo que se usa en fotografía. En caliente es fuertemente reductor, usándose en este sentido en metalurgia (Ni). Es soluble en agua, ácidos y sales, pero no en álcalis, al aire húmedo se cubre de una capa protectora de hidróxido. Resiste menos a la corrosión que el aluminio, sobre todo cuando es impuro. Tiene un alto coeficiente de dilatación térmica y alta conductividad, enfriándose rápidamente, funde a 651°C. Puede ser soldado con técnicas especiales, es fácil de trabajar y alcanza un alto brillo. Tiene una resistencia semejante a la del aluminio (13,000 lbs/pulg.2), por lo cual lo sustituye en construcciones ligeras.

**USOS.**- Se emplea mucho en aleaciones con otros metales, excepto hierro y cromo (Al, Zn, Cd, Mn. y Cu.) usadas para construcciones ligeras (aviones, etc.), aleado con manganeso (2%) es resistente a la corrosión. En forma de polvo y mezclado con agentes oxidantes se emplea en fotografía (flash) y en pirotecnia.

**ALEACIONES.**

**GENERALIDADES.**- En la práctica moderna se requieren materiales metálicos que reúnan ciertas características que no se encuentran en los metales puros (aún cuando estos sufren modificaciones en su estructura cristalina que alteran sus propiedades mecánicas (alotropía) y que solamente pueden obtenerse por la influencia mutua de dos o más metales entre sí, en productos llamados "aleaciones". Una aleación se define como "una masa metálica coherente, producida por la asociación íntima de dos o más metales". Sin embargo en muchos casos se forman en un metal con un no metal, tales como: Carbón, Fósforo, Silicio, Boro, Azufre, etc., por ejemplo: Fierro-Carbón, y aun la introducción de algunos gases (nitrógeno, oxígeno, etc.) puede tener influencia marcada en las propiedades de un metal o aleación.

**ESTRUCTURA.**- Se considera que tanto los metales como las aleaciones están formadas por un agregado de granos o cristales de tamaño variable (.0001" a 1"), rodeados o cementados por delgadas películas de metal amorfo. La estructura de un metal o aleación puede observarse puliendo la superficie y tratándola con reactivos adecuados, se forman figuras características para cada aleación, que pueden ser observadas al microscopio y sirven para definir el tipo de aleación producido. Los compuestos de una aleación pueden quedar simplemente mezclados, como individuos químicos separados o existir combinados formando compuestos definidos, además, entre estos dos estados existen estados intermedios (soluciones sólidas), con dos o más formas distintas (frases).

**OBTENCION.**- En la obtención de aleaciones, el proceso más común es el de fusión de los constituyentes y vaciado en moldes, a veces se emplea el proceso de difusión, que consiste en someter el material metálico sólido a la acción de un material difusible (véase proceso de cementación), a temperaturas relativamente altas, por grandes períodos de tiempo. No debe creerse, sin embargo, que bastaría poner los elementos en la proporción indicada, para obtener una aleación definida, sino que tanto la determinación de la proporción conveniente, como la forma de proceder, dependen de varios factores que es necesario considerar. Con este objeto estudiaremos los tipos de aleaciones más comunes y las condiciones que regulan su equilibrio y formación.

**REGLA DE LAS FASES.**- Los cristales que forman una aleación pueden ser de una o varias clases, es decir, forman sistemas homogéneos o heterogéneos. Las partes diferentes entre sí, pero físicamente homogéneas se conocen con el nombre de "Fases", no importa si son sólidas, líquidas o gaseosas. La formación de estas fases alcanza un estado de equilibrio cuando no hay variación permanente (equilibrio real) o temporal (equilibrio falso), en el número final de fases. Hay una relación definida entre el número de fases en equilibrio, la temperatura y la concentración (variables) de los componentes, establecida por W. Gibbs con el nombre de Regla de las fases y que se representa para las aleaciones por la fórmula:

$$F - P = C - 1 \dots (7)$$

o sea: "El número de grados de Libertad (F), más el número de Fases



heterogénea de cristales muy pequeños, diferentes entre sí y continuando la solidificación en la forma explicada, hasta depositarse cobre puro en el punto N.

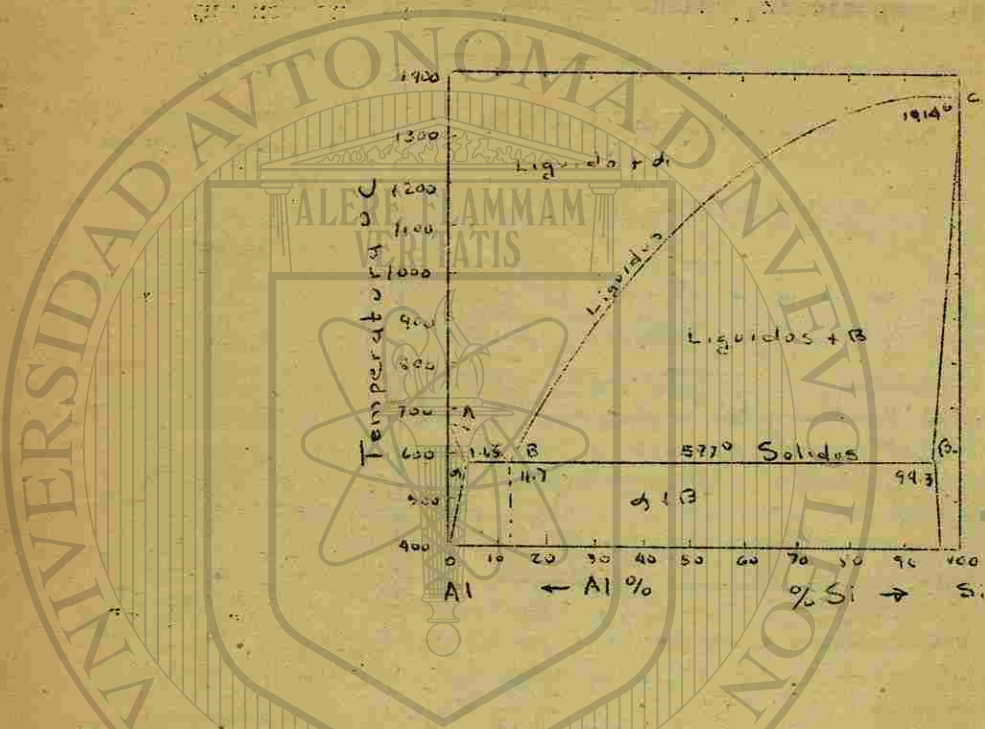


Fig. 17.- Sistema Aluminio Silicio.

B.-ALEACIONES DE SOLUBILIDAD PARCIAL.- Se representan en la figura No.17, se caracterizan por la formación de soluciones sólidas de composición definida, dentro de ciertos límites de temperatura, las cuales se comportan como nuevas fases sólidas, haciendo el sistema invariante. Para distinguir estas soluciones se les nombra con las letras griegas: Alfa ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ), Gamma ( $\gamma$ ), etc. La figura representa el diagrama para una aleación aluminio (Al) Silicio (Si), en la que el punto de fusión de cada metal es disminuido por la presencia del otro. Si el de uno aumenta el del otro disminuye, se forma un sistema invariante de tres fases del Tipo llamado Peritético, en lugar de Eutéctico (Plata-Plomo). En el sistema Al - Si, la solubilidad disminuye con la temperatura. El aluminio disuelve un máximo de 1.65% de Silicio formando la solución alfa ( $\alpha$ ) y por su parte el Silicio disuelve 5.7% de Aluminio, dando la solución Beta ( $\beta$ ) a 577° C. Las curvas AB y BC (líquidos) se interceptan a 11.7% de Silicio (Punto B), formando un punto Eutéctico invariante, semejante al sistema Cadmio-Bismuto (Fig.15), sólo que los componentes de la Eutéctica no son metales puros, sino las soluciones Alfa y Beta ya descritas. La interpretación del diagrama es la misma que para el tipo Eutéctico, excepto en la parte que indica la forma-

ción de las soluciones A y B, para aleaciones cuya proporción cae dentro de la indicada. Al final, las aleaciones entre 1.65% (Eutéctica) y 11.7% de Si, están formadas por cristales de Eutéctica con un exceso de solución  $\alpha$  y las de 11.7% a 95% de Aluminio, por Eutéctica con un exceso de solución  $\beta$  (Véase Fig. 15).

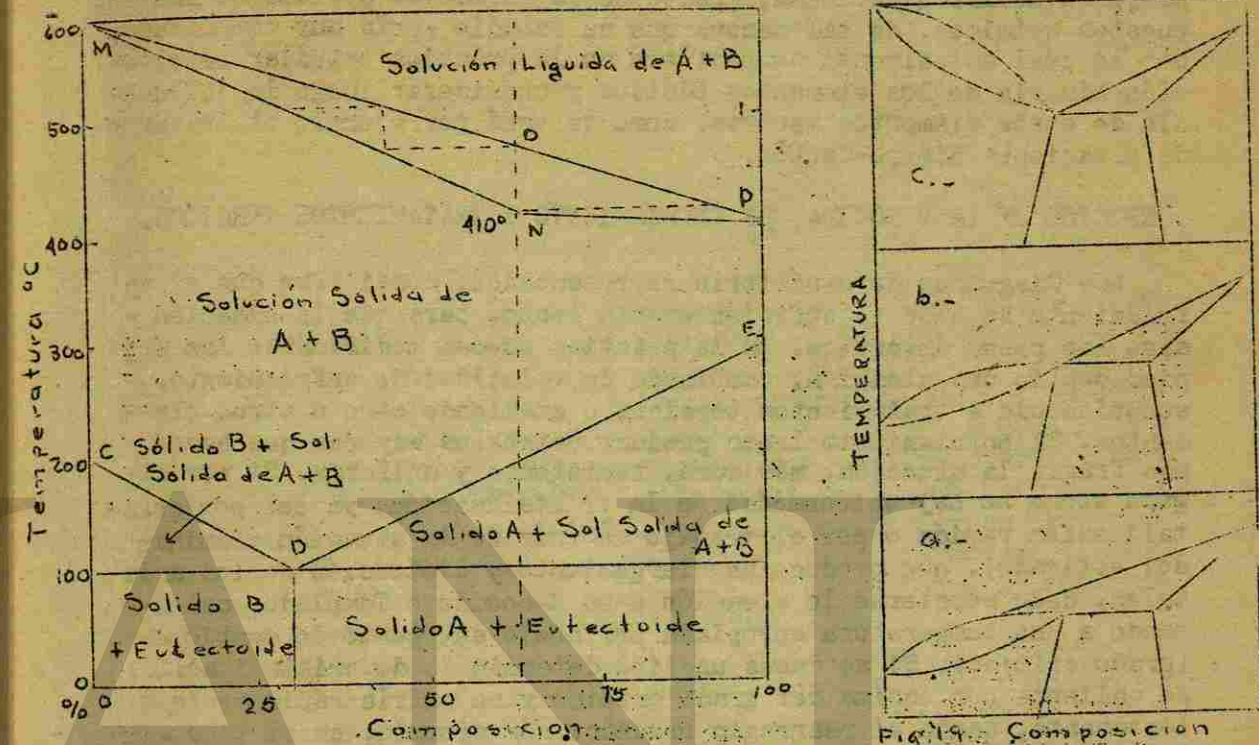


Fig. 18.- Solución Combinada de Sólidos y Eutectoide.

4.- TIPOS COMBINADOS.- Uno de ellos se muestra en la figura No. 18; representa el equilibrio de dos componentes (A y B) que forman soluciones sólidas dentro de ciertos límites de temperatura (área - M.N.P.E.D.C.), pero que sufren cambios cuando la temperatura disminuye a lo largo de la línea CDE, comportándose como una aleación Eutéctica. Según puede observarse en el diagrama, la parte superior corresponde al tipo de solubilidad total (Fig. No. 16) y la inferior a la Eutéctica (Fig. No.15), así que la explicación será análoga a la descrita en éstas. En este caso la mezcla Eutéctica no es formada a partir del estado líquido, sino del sólido, por lo cual se le conoce con el nombre de "EUTECTOIDE". En la figura 19 se representan otros tipos modificados, los que pertenecen a aleaciones Aluminio-Zinc, Cobre-Plata y Cadmio-Mercurio. Puede observarse en ellas que los cambios de uno a otro tipo pueden deberse no solamente a cambios de comportamiento a diferentes temperaturas, sino también a las diferentes proporciones de los elementos. De cualquier manera, se estudia el diagrama siguiendo las líneas de sólidos para cada aleación definida, como si se tratara del correspondiente a un solo tipo.

5.-FORMACION DE COMPUESTOS INTERMETALICOS.- La presencia de compuestos intermetálicos aumenta la complejidad del sistema (véase sistema Fe-C), por ejemplo, refiriéndose a la Fig. No.19 en que se forma un compuesto intermetálico A, B, homogéneo, generalmente diferente en propiedades a los metales que lo forman y que puede alearse con A por una parte, formando aleaciones de Solubilidad Completa, y con B por la otra, formando aleaciones heterogéneas del tipo Eutéctico, pero ninguna aleación de la serie presentará ambos ele-



mentos al estado libre. Para estudiar este tipo de aleaciones se separan como en la figura, estudiándose para ciertos límites de composición como si fuera un tipo de aleación definido.

6.- ALEACIONES CON VARIOS COMPONENTES.- Como ya se explicó en un principio, el aumento en el número de componentes aumenta la complejidad de las aleaciones, aparte de la formación posible de compuestos químicos, de tal manera que su estudio sería muy complicado, por lo cual actualmente se prefiere en la práctica estudiar la aleación binaria de los elementos básicos y considerar luego la influencia de otros elementos menores, como se verá por ejemplo al tratar de aleaciones Hierro-Carbón.

EFFECTOS DE LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO Y TRATAMIENTOS TERMICOS.

Los Diagramas de equilibrio representados, consideran que el enfriamiento ha sido lo suficientemente lento, para que la aleación siga los pasos descritos. En la práctica pueden modificarse las propiedades de una aleación, cambiando la velocidad de enfriamiento, sometiendo a tratamientos térmicos o añadiendo otro u otros elementos. El enfriamiento lento produce cristales mayores que hacen más frágil la aleación, más dura, resistente y uniforme. Si por alguna causa no hay uniformidad en la cristalización, ya sea por cristalización rápida o por el trabajo en frío de la aleación (láminado, estirado), que produce un alargamiento y distorsión de los cristales, debe someterse la aleación a un Recocido o Templado, calentando a una temperatura apropiada por abajo del punto de cambio (grado crítico). Si se desea un tipo determinado de cristalización, se calienta por encima del grado crítico y se enfría rápidamente o lentamente, según el rearrreglo buscado. Por ejemplo, en el tipo 4 (Fig. No. 18), si se calienta una aleación normal por encima del punto D (punto crítico) o sea de 100° C. y se enfría rápidamente, pierde sus características de Eutectoide dando una solución sólida. En el sistema Aluminio-Silicio (Fig. No.17) las aleaciones de 1.65% de Si, depositarían solución a más de 400° C., pero al bajar la temperatura podría formarse solución, por la baja solubilidad, endureciéndose la aleación, por lo cual deben tratarse en caliente para controlar la solidificación.

PRINCIPALES ALEACIONES NO FERROSAS.

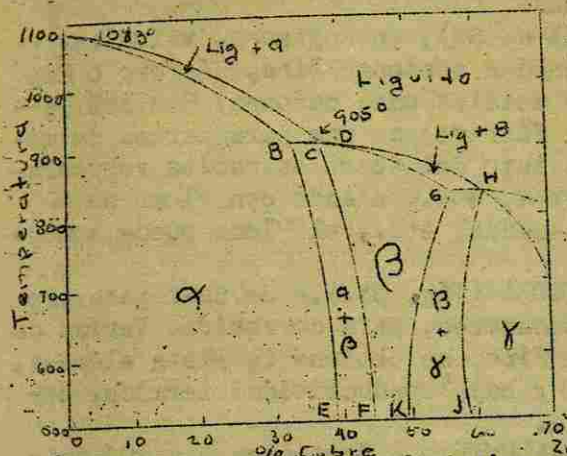
A.- ALEACIONES DE COBRE.-

División.- Se consideran dos tipos principales: Latones y Bronces. Los primeros son aleaciones de Cobre-Zinc y los segundos de Cobre y Estaño; además hay aleaciones de Cobre-Aluminio, Cobre-Berilio, Cobre-Níquel, etc.

a.- LATONES.- Los más valiosos contienen de 60 a 90% de Cobre y de 10 a 40 % de Zinc. Hasta 35 % se obtiene una solución sólida conocida como fase "Alfa", de cristales de tipo a.- (átomos en el centro de las caras de un cubo); por encima de 35% en caliente y de 39 % en frío se forma (véase Fig. 20) otra fase llamada beta, de cristales cúbicos centrados, que tiende a aumentar la resistencia y dureza (latones resistentes a la tensión). De 46 a 50% de Zn, sólo aparece la fase beta y el latón se hace frágil y no puede usarse comercialmente. Los latones se obtienen usualmente por vaciado, sobre todo los de 30 a 40 % de Zinc, fundiendo el Cobre y añadiéndole raspadura de Cobre y Zinc previamente fundida; debe evitarse el calenta-

miento excesivo y el contacto con el aire, para evitar la oxidación. Las piezas de latón bajas en Zinc se pueden obtener por forjado en frío.

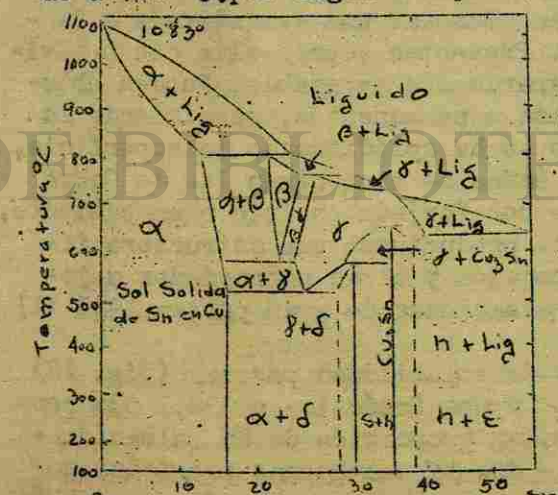
Propiedades.- El color de los latones varía de un blanco plateado cuando predomina el Zinc, a un rojo Cobre cuando contienen poco Zinc ( de 20 %), siendo afectado por la velocidad de enfriamiento. Poseen en general excelentes propiedades mecánicas, son resistentes a la corrosión y fácilmente maquinables. Son más fuertes y dúctiles que sus componentes, pero su conductividad eléctrica es menor que la del Cobre. La resistencia a la tensión aumenta con el contenido de Zinc, pero a más de 35 % de Zn disminuye la ductilidad. La máxima ductilidad corresponde a 25-35 % de Zinc. La adición de 2 % de Estaño aumenta la dureza, la fragilidad y la resistencia a la corrosión por el agua de mar (aleación naval, metal admiralty).



1 a 2 % de Plomo lo suavizan y lo hacen más fácilmente trabajable, reduciendo la ductilidad y la resistencia. El Aluminio en cantidades no mayores de 5 % aumenta la resistencia a la tensión y la dureza, y facilita el vaciado, disminuyendo la ductilidad.

Usos.- Los más empleados o latones comunes, son los de relación 2 Cu : 1 Zn (2 : 1) para hojas, alambres, tubos de condensadores, calderas, etc. y gran cantidad de artículos vaciados. Los latones estañados se emplean para tubos de condensadores. También es muy empleada la aleación Muntz (60 % de Cu y 40 % de Zinc).

b.- BRONCES.- Pertenecen al tipo de aleaciones de solubilidad parcial, presentan en diagrama de equilibrio (véase Fig.21) más complejo que los latones, formando cuatro soluciones sólidas -- hasta 50 % de estaño (Sn), (alpha, beta, gamma, y delta), tendiendo a formar además el compuesto Cu3 Sn. Sin embargo, abajo de 16 % de Sn presenta solubilidad total (solución epsilon), por lo cual en la práctica sólo se emplean aleaciones con menos de 16 % de estaño, además, para obtener el mayor % de solución se requiere un buen recocido o templado a 700° C. por algún tiempo. (Pag. 62).



Propiedades.- La dureza y la resistencia mecánica aumentan con la proporción de Estaño, hasta un máximo de 20 %, más allá del cual disminuyen rápidamente la resistencia a la Tensión y a la Compresión (25 %). La ductilidad disminuye con un contenido de Estaño mayor de 5%. La adición de 2 a 4 % de Zinc aumenta la fluidez, la resistencia y la ductilidad. El plomo en cantidad no mayor de 2% mejora el maquinado de las piezas, se añade para cojinetes. La adición de fósforo tiene un efecto notable, eliminando el oxígeno presente y aumentando la resistencia a la tensión y a la

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
MAYO 1975



elasticidad, sin embargo, la cantidad residual en la aleación no debe ser muy grande (menos de 1%), porque aumenta la dureza y la fragilidad. El Bronce desoxidado puede ser laminado, estirado, vaciado etc., y parece que es más resistente a la corrosión que el ordinario. El silicio y el Manganeso producen un efecto similar, hasta anularse 20% dando aleaciones muy frágiles. Entre 15 y 25% muestran gran sonoridad (metal para campanas).

Usos.- Para maquinaria (19-13% de Sn), en engranes, válvulas, anillos, tubos, plomería, etc., pueden contener Zinc, Fósforo o Manganeso. Para bronce resistentes (metales para cañones) 8 a 10% de Estaño. El Bronce desoxidado (con Fósforo) se usa para partes de motor, válvulas, etc., como un sustituto del Acero en cables resistentes a la corrosión, tubería resortes, etc., aleado con Plomo se usa para cojinetes, para cargas pesadas, etc., el Plomo puede aumentar hasta 10 o 20%.

c.- ALEACIONES COBRE-NIQUEL (Pág. 35).- Se usan para proyectiles, monedas, tubos de condensadores, para corrosión. Varían de 5 a 40% de Níquel. Con 5 a 45% de Zinc, se obtiene la Plata alemana, de gran resistencia y plasticidad y baja conductividad térmica, empleada para cuchillería y plomería.

d.- ALEACIONES DE COBRE-ALUMINIO.- Contienen 5 a 10% de Aluminio con algo de Hierro, formando solución alfa en estos límites, tienen alta resistencia (500 Kgs./cm<sup>2</sup>) y dureza y gran resistencia a la corrosión. Con más de 10% la resistencia cae rápidamente y disminuye la ductilidad, pueden ser vaciados fácilmente, laminados en caliente, forjados o estirados. Se emplean para hélices de barco, uniones, aparatos de piclado, bombas para ácidos, tuberías, etc. En construcción de maquinaria y automóviles, etc.

e.- COBRE-BERILIO.- Contienen de 2 a 3 % de Berilio (2.33) Tienen una alta resistencia a la corrosión, no producen chispas al golpearlas, por lo que se usan para martillos, cinceles, etc. Son afectadas por los tratamientos térmicos, adquiriendo templado.

#### B.- ALEACIONES DE ALUMINIO.-

Modernamente han tenido un desarrollo considerable las llamadas "Aleaciones ligeras", sobre todo en lo que respecta a la industria automovilística y en la aeronáutica, entre ellas destacan principalmente por sus notables propiedades, las aleaciones de Aluminio. La resistencia necesaria se obtiene por adición de Cobre o Zinc principalmente. Algunas pueden alcanzar una resistencia a la tensión de 4,000 a 4,500 Kgs./cm<sup>2</sup>. Presentan además alta conductividad térmica y eléctrica y tienen apariencia agradable. Pueden obtenerse por vaciado en moldes de arena o permanentes, permitiendo la adición de un metal después de que se ha solidificado la superficie, dando piezas sin cavidades. Entre éstas se encuentran las de Cobre y Silicio también pueden obtenerse por forjado en frío o en caliente, laminado estirado, troquelado, etc. produciendo una estructura fibrosa, con gran resistencia a la tensión y otras propiedades mejoradas. Este método se emplea para aleaciones de gran pureza (94% Al) o el Duraluminium.

El cobre produce aleaciones de solubilidad parcial (Fig. 17) dando una solución sólida hasta 5.7 y una Eutéctica a 33%. A 53% produce una solución sólida. Se emplea en proporción de 8% (aleación No. 12) a veces con algo de Fe, Si o Zn, tienen buenas propiedades mecánicas, son fáciles de maquinar, se usan para cajas de transmisión y Carter y otras en automóviles, para limpiadores de vacío, lavado

42200

ras, etc. El silicio produce aleaciones semejantes (Fig. 17), se usa en proporción de 5 a 12% o con 14% (Alpax), puede vaciarse normalmente dando grandes placas o agujas o en forma modificada, en partículas muy finas, tratando la aleación fundida con fluoruros alcalinos, sodio o potasio. Tienen mayor resistencia a la tensión, de 1,800 Kgs./cm<sup>2</sup> a 2,000 Kgs./cm<sup>2</sup>, por 1,250 a 1,500 Kgs/cm<sup>2</sup> de las de cobre, tienen mejores características de vaciado que las de cobre y mayor resistencia a la corrosión.

El magnesio da con el aluminio solución sólida hasta 15%, disminuyendo como en las anteriores con la temperatura y separando una segunda fase (α), las de 10% deben recocerse para evitarlo, dan alta resistencia a la tensión (3,000 Kgs./cm<sup>2</sup>), usándose para carros de ferrocarril, chasis de camiones, etc. Con menos de 2% da aleaciones más ligeras, de 1800 a 3,000 Kgs./cm<sup>2</sup>, enfriadas rápidamente. Con algo de Cu, Ni, Sn o Pb, se llama Magnalium y se emplea como desoxidante. Con 4 a 5%, tienen buenas propiedades mecánicas, fáciles de trabajar, de gran resistencia y ductilidad. Las aleaciones forjadas son principalmente del tipo del "Duraluminium", con 3.5 a 4.5 de Cu, con magnesio, manganeso y silicio (.5 a 1% de c/u). Esta puede tratarse para dar 4,000 Kgs/cm<sup>2</sup> y alta ductilidad y alargamiento (19%), se asemeja al acero de bajo carbón, pero es mucho más ligera. El tratamiento consiste en calentarla a 510°C. y enfriarla subitamente, al principio es algo suave y maleable, pero con el tiempo (envejecimiento) se vuelve dura y resistente. Resiste la fatiga y la corrosión, se emplea en aviones y dirigibles. Tiene la desventaja de fallar por corrosión intercrystalina, para evitarlo se protege con lámina de aluminio (Alclad).

El zinc puede adicionarse hasta el 25% dando aleaciones sensibles a las altas temperaturas, de baja resistencia, frágiles a más de 50°C. Con menos de 15% se usan en construcción por su ligereza.

#### C.- ALEACIONES DE NIQUEL.

Las aleaciones de Cobre-Níquel (Pag. 35) con gran cantidad de níquel comprenden: El metal Monel, que puede obtenerse directamente de la "Mata" Níquel-Cobre, contiene 67% de níquel, 28% de cobre y algo de hierro con Mn, Si y C. (0.26), tiene gran resistencia a la corrosión, se usa para equipo de piclado, calentadores, equipo para alimentos y otros aparatos donde la corrosión es intensa, también para válvulas, agitadores, etc. Pueden modificarse sus propiedades aumentando el contenido de Fe y Mn. con Aluminio forma el Monel K.

Aleaciones con Fierro y Cromo.-65% Ni, 15%Cr, se usan como aleaciones para resistencias eléctricas, en hornos, estufas, etc., resisten a 1,000°C. sin oxidación (Nicro y Cromel).

Aleaciones de fierro con 30 a 40% de níquel (inuar), se emplean para instrumentos, relojes, termostatos, etc. por su baja expansión térmica.

#### D.- ALEACIONES DE PLOMO.-

Las de plomo-antimonio son del tipo de solubilidad parcial (Pag. 36). El plomo disuelve un máximo de 2.9% de Antimonio, dando una solución α. A 13% forma una Eutéctica. Disminuye algo la solubilidad con la temperatura (100°C). La dureza y la fragilidad aumentan con la cantidad de Antimonio, Con más de 15% constan de una Eutéctica suave con cristales de antimonio. Generalmente se usan, con 10 a 25% de Sb. para cojinetes bajo presión. Con 3 a 8% de estaño se usan para tipos de imprenta. Con 5 a 50% de estaño y 10 a 20% de



antimonio, se usan para cojinetes para cargas moderadas (metales Magnalia, Sb-16, Sn, 6).

Las de plomo-estaño se usan para soldadura, peltre y juguetes, son del mismo tipo, el estaño aumenta la resistencia y dureza. La de relación 1:1 (pb-Sn) se usa para soldadura en aparatos eléctricos. Las de relación (2:1) (soldadura para plomeros) se emplea como plomo para soldadura tiene la propiedad de conservarse plástico antes de la soldificación, dando tiempo para extenderla.

E.- ALEACIONES DE ESTAÑO.-

La principal es el metal Babbitt, con 7% de Antimonio (u 8 a 12% y 4% de cobre (ó 3 a 10%). Está formado por cristales duros de solución de Estaño-Cobre y Estaño-Antimonio, en una masa suave rica en Estaño. Se emplea principalmente para cojinetes y metales anti-fricción.

F.-ALEACIONES DE MAGNESIO.-

Pertenecen al tipo de aleaciones ligeras, presentan buena resistencia y resisten a la corrosión. Varían en densidad las de alto Magnesio de 1.76 a 1.86, menor que las de Aluminio (2.55 a 2.85), - por lo que para un mismo peso presentan mayor resistencia. Sin embargo tienen ciertas desventajas sobre las de aluminio. No deben ser moldeadas en frío, sino calentarse a 225°C. Están formadas por cristales de paquete hexagonal, que no permiten un cambio rápido de forma, tal como el producido por martinetes o prensas, pero pueden trabajarse en prensas hidráulicas, aplicando lentamente la presión. El laminado debe desarrollarse a temperaturas mayores de 300°C.

Las aleaciones de Magnesio no contienen más de 10% de otros elementos, de los cuales el más usado es el Aluminio, variando de 4 a 8%. Algunas contienen hasta 3% de Zinc y todos contienen de 0.2 a 0.3% de Manganeso, el cual mejora la resistencia contra la corrosión.

La adición de Aluminio disminuye la conductividad térmica, formando aleaciones conocidas como metales Dow, con 8.5%, se emplean para vaciados en arena, con 0.4% de Zinc y para trabajos de prensa. Con un 9% da una solución sólida (?), de mayor resistencia y ductilidad que el Magnesio. Con 9 a 11% de aleaciones para vaciados que requieren gran fluidez (vaciado en dados). Mas de 12% de Al. produce fragilidad para ciertos usos, aunque aumenta la resistencia.

Capítulo IV.

MATERIALES FERROSOS.

HIERRO BRUTO DE FUNDICION.

GENERALIDADES.- Se conoce como Hierro bruto de Fundición, o Hierro de primera fusión, al estado líquido o bien Arrabio o lingote - de primera fusión al estado Sólido. El producto resultante de la reducción directa de los óxidos de Fierro y eliminación de la ganga. Constituye la materia prima para la obtención del Hierro de segunda fusión, Hierro colado de Hierro vaciado (empleado para formas moldeadas), o bien para la obtención de Hierros Maleables. Se caracteriza por su elevado contenido de impurezas 2.5 a- 4.5% de Carbón, 1 a 5 de Silicio, (a veces hasta 4.0%), 0.1 a 1. ó más de Fósforo, 0.04 á 0.1% de Azufre y 0.2 a 1.5% de Manganeso, variable de acuerdo con las materias primas empleadas y el tratamiento seguido en su obtención, pudiendo obtenerse distintos grados, según la aplicación que se le vaya a dar. En este sentido, adquiere nombres especiales como: Hierro de Grado Bessemer (Acido o Básico) de Grado Siemens (Acido o Básico). Para Hierro de Pudelado, para Hierro colado, etc. Cuando predomina un determinado elemento en su composición adquiere nombres especiales, tales como: Ferrofósforo, Ferromanganeso, Ferrocromo, Spiegeleisen, etc.

MINERALES.- Los minerales de Hierro de mayor importancia son -- los óxidos, pues aún cuando también se encuentran en forma de carbonatos (Siderita) o de sulfuros (Pirita) no tienen aplicación por su bajo contenido en Fierro (deben tener de 40 a 60% de Fe) y las operaciones de preparación necesarias, que aumentan el costo. De los óxidos tienen importancia:

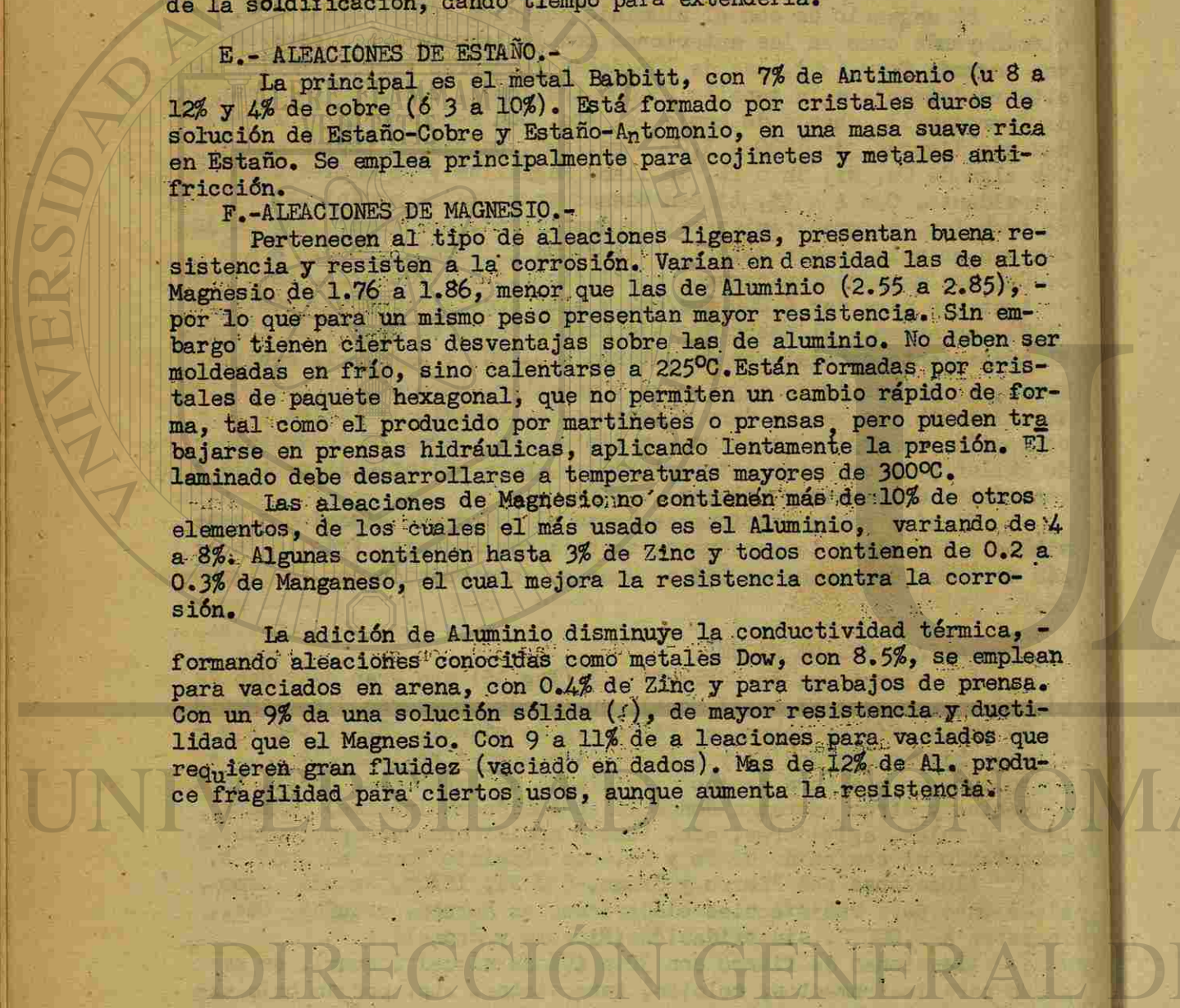
Magnetita.- Es un óxido ferroso férrico (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, 72.4% Fe), y el mineral de mayor contenido en fierro. Tiene color gris o negro, muy duro y fuertemente magnético, se le llama también piedra imán. Presenta un elevado punto de fusión, sobre todo por la presencia de óxido de titanio, por lo cual está restringido su empleo. Se usa mucho en España.

Hematita Roja.- Se llama también Oligisto, es un óxido férrico anhidro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 70% Fe). de color café o rojo según su pureza. Es el mineral más importante, impurificado con arcilla forma el -- Ocre rojo, empleado para pinturas.- Hematitas Pardas o Limonitas. Óxidos hidratados de color amarillo, presentan varios tipos según el grado de hidratación, adquiriendo distintos nombres. Turgita (2:1), Goetita (1:1), Limonita (2:3), Xantosiderita (1:2) y Limonita (1:3). Impurificados con arcilla forman el Ocre amarillo, empleado en pinturas. Se hallan impurificados con fósforo, por lo cual se benefician por el proceso Thomas, sobre todo en Europa.

OBTENCION.- Se lleva a cabo en un Alto Horno (Pag. 18) y consiste esencialmente en una reducción de los Oxidos de Fierro por medio de cok, en presencia de fundentes, generalmente calizas, para la eliminación de la ganga.

CARACTERISTICAS DEL ALTO HORNO.- Varían en capacidad de 100 a - 1,000 toneladas de Hierro, con 700 como promedio, consumiendo aproximadamente por tonelada de Hierro bruto, 3,500 toneladas de carga, constituidas por unas 2,000 de mineral, 1,000 de cok y 500 de caliza. Desde luego que las cantidades de estos dos últimos dependen -- del tipo de mineral y de su concentración, así como de las características del fierro deseado.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
MEXICO, D.F.





El tamaño del horno varía de 25 a 30 metros, con diámetro interior de 5 a 9 metros. Se construye de lámina de palastro revestida interiormente de ladrillo refractario. El crisol lo constituye un cilindro, también de palastro, de unos 3 metros de altura y 7 a 8 metros de diámetro, el cual lleva dos orificios situados a .60 -1 mt. y a 5 - 6 mts. del fondo y que son respectivamente para la salida del hierro y de la escoria. En la parte superior del crisol van introducidas de 8 a 16 toberas de Bronce o Cobre, enfriadas por agua y conectadas a un gran tubo común que rodea al horno a manera de anillo y que conduce el aire necesario para la operación. La zona de fusión es enteramente de ladrillo refractario, de casi un metro de grueso y de 3 a 4 metros de altura, con un diámetro de 8 metros en la parte más ancha y recubierta exteriormente por una serie de placas de dobles paredes por las que circula agua de enfriamiento. La parte superior del Horno por encima de la zona de fusión, se halla sostenida por 8 a 12 columnas a su alrededor y forrada con ladrillo refractario. Disminuye de diámetro hasta 5 o 6 metros y tiene una altura de 20 a 22 metros, lleva dos orificios cerca de la parte superior para la salida de los gases de combustión, los cuales son llevados a un sistema de tratamiento para su aprovechamiento. La parte superior del horno, tragadero, boca o cargadero, lleva dos campanas cónicas que funcionan alternadamente y que permiten el paso del material al interior del horno, sin que los gases se escapen al exterior.

**Accesorios.** Están en primer lugar las estufas o recalentadores, que tienen por objeto el calentamiento del aire necesario (3,000 toneladas diarias). Son cilindros más o menos elevados (25 a 30 metros de lámina de acero forrada con ladrillo refractario y provistos de un relleno interior de ladrillo, los gases se queman en una cámara de combustión, cediendo su calor a los ladrillos, que se precalientan (2 a 3 horas) cediendo a su vez el calor al aire comprimido (15 a 18 lbs./pulg.2), funcionando más tarde en sentido contrario. Pueden ser de dos o tres pasos, con chimenea común o individual respectivamente y en número de 3 o 4 por cada horno, funcionando alternadamente; mientras dos se están calentando, la 3a. está calentando el aire y una cuarta puede servir de reserva para cuando se requieren reparaciones.

**Sistema de Tratamiento de Gases.** Los gases del alto horno contienen una gran cantidad de monóxido de carbono (20% o más), el cual puede aprovecharse como combustible en las calderas o estufas, después de purificados. La purificación consiste en eliminar las materias en suspensión (carbón, mineral, etc.) que arrastran y el Anhidrido Carbónico. Para lo primero se pasan los gases a través de una serie de colectores de polvo y lavadores; para eliminar el CO2 se pasan a través de una serie de lavadores en contracorriente con una lechada de cal, generalmente mediante un soplador, para darle la presión que se había perdido en la operación anterior.

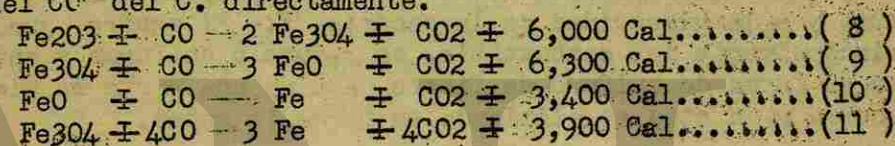
**Compresores.** La presión del aire es producida por medio de compresores, generalmente del tipo centrífugo o turbo compresores, aunque pueden emplearse también compresores rotatorios o de pistón de aire. Se requieren alrededor de 60,000 pies de aire por minuto y de 4,500 a 5,000 H.P. para un horno de 700 toneladas.

**Otros.** Se requiere una instalación que quebradores para la trituración de la piedra caliza a un tamaño adecuado, generalmente de 2 a 3" y potencia para el manejo del material y la carga del horno, y para el bombeo de las enormes cantidades de agua necesarias para el enfriamiento (24,000.000 litros por día).

**OPERACION.** El horno de carga con capas alternadas de mineral, cok y caliza, en las proporciones calculadas, se inicia el "Soplo" (introducción del aire) y la carga desciende lentamente, produciéndose primeramente un secado y un precalentamiento y más tarde una serie de reacciones que conducen a la formación de fierro libre, -- productos de la reducción del mineral y "escoria" de la combinación de la ganga con el fundente. Después de 10 a 15 horas de iniciado el soplo se hace una primera eliminación de Escoria y después cada dos horas, disminuyendo los intervalos a medida que el hierro fundido va aumentando en el crisol. La primera eliminación (picada) del hierro se hace 20 a 30 horas después de iniciado el soplo y las siguientes cada 4 a 5 horas. La temperatura en el interior del horno no es uniforme, sino que aumenta desde 300 a 400°C. en la parte superior hasta 1,400 a 1,500°C. en la zona de toberas.

Reacciones Esenciales en la Cuba. Pueden considerarse los siguientes puntos:

1.- Los óxidos de fierro se reducen sucesivamente por la acción del CO del C. directamente.

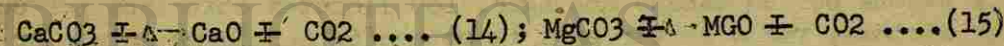


Las reacciones con carbón son semejantes, solo que formándose Co en lugar de CO2. La primera reacción (8) se verifica muy fácilmente desde la parte superior del horno, la reacción (9) probablemente se verifica a temperaturas bajas (menores de 700°C.) y la 7 y la 8 a temperaturas de 700 a 950°C. Las reacciones con el carbón empiezan, alrededor de los 850°C., predominando sobre las de CO, por tener el carbón mayor poder reductor. El hierro formado es esponjoso, pero al llegar a la zona de fusión (1,000 - 1,400°C.) empieza a licuarse, escurriendo hacia el fondo del horno.

2.- El combustible no se quema hasta llegar a la zona de inyección de aire, formando anhídrido carbónico (12) que casi inmediatamente reacciona con el C dando óxido de carbono que pasa a la cuba. Las reacciones son reversibles.



3.- La caliza añadida como fundente, o sea el carbonato de calcio y otros carbonatos (de magnesio, de fierro etc.) sufren una disociación térmica al llegar a temperaturas de 700°C. o más, formando anhídrido carbónico y el óxido correspondiente.



4.- Reacciones en la Zona de fusión y en el crisol. a.- Los óxidos de calcio y de magnesio formados, reaccionan con la sílice de la "ganga" formando silicatos que van a la escoria, la viscosidad de la cual depende de la relación de óxidos alcalinos (CaO  $\mp$  MgO) a óxidos ácidos (SiO2) y tiene un papel importante en la composición del hierro resultante. b.- El hierro esponjoso absorbe de 3 a 5% de carbón del combustible o del óxido de carbono, formando carburo de fierro que pasa al metal fundido.

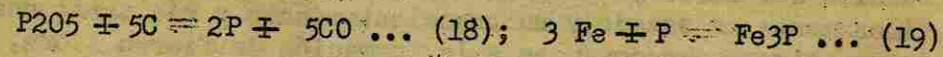


BIBLIOTECA UNIVERSITARIA "ALFONSO REYES" 1925

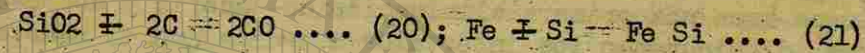


c.- Los óxidos de otros elementos se reducen con el carbón, reaccionando con el fierro y pasando parcialmente al metal fundido.

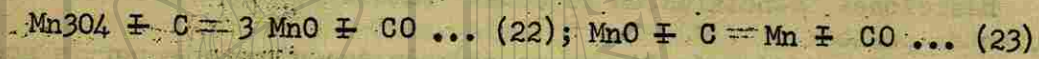
El fósforo da fosfuro de fierro y no es eliminado en la escoria, aunque ésta sea básica, la mayor parte proviene de los fosfatos que acompañan a los minerales.



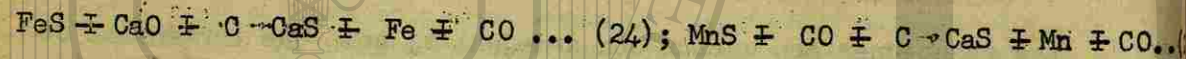
d.- El silicio puede dar Siliciuro de fierro parcialmente, pero la mayor parte pasa a la escoria en forma de silicatos.



Su proporción en el fierro disminuye con el aumento en la basicidad de la escoria y con la disminución de temperatura, y aumenta en caso contrario. e.- El manganeso, que entra al horno en el mineral o en escorias ricas en manganeso de la misma Planta, también -- puede pasar al Fe. (50 - 70% del total).



Su proporción en el fierro es directamente proporcional a la -- temperatura y a la viscosidad de la escoria. f.- El azufre, que proviene principalmente del combustible, se reduce a sulfuros y entra al fierro en forma de sulfuro de fierro, aunque una parte se pierde en la escoria y la otra es eliminada en forma de gases.



#### MANEJO DE LOS PRODUCTOS.-

##### A.- Hierro bruto de Fundición.-

1.- Cuando se va a utilizar dentro de la misma fábrica se lleva mediante canales de arena a tinas de fierro recubiertas de ladrillo refractario, con capacidad de 20 a 30 toneladas, las cuales se colocan sobre una plataforma con ruedas para ser transportadas a un recipiente llamado "Mezclador". Consiste éste, en un cilindro de fierro forrado de ladrillo refractario, provisto de movimiento de vaivén mediante cremalleras, y calentando con gas. Tiene por objeto conservar la temperatura del fierro mientras no se usa y la obtención de un producto más uniforme por la mezcla de fierro procedente de diferentes picadas. Ocasionalmente se transporta directamente el Hierro a los hornos de aceración.

2.- Cuando no se va a utilizar de inmediato se pasa a moldes de arena sílice, formados por una serie de canales distribuidos adecuadamente en el piso del horno o bien a una serie de moldes de acero recubiertos con lechada de cal y transportados por una cadena sin fin, enfriándose el fierro rápidamente al aire y a veces pasando la cadena por un tanque con agua. Los lingotes obtenidos por cualquier sistema, van a servir para la obtención de fierro colado en la misma fábrica o en multitud de pequeñas fábricas que producen determinados artículos, o bien como materia prima para la obtención de aceros.

B.- Escoria.- Se pasa por medio de canales separados, a tinas de fondo cónico o bien a torres o piletas en las que se pone en contacto con una fina lluvia de agua para su rápido enfriamiento. En el primer caso, la escoria resulta como una masa dura de color obscuro, que se aprovecha como material de relleno para pisos o

pavimentos. Las escorias ácidas se solidifican lentamente, pasando por un estado pastoso, mientras que las básicas experimentan una solidificación brusca. Las escorias normales son de color gris azulado o azul verdoso, las que contienen muchos óxidos de fierro son de color obscuro, casi negro y las que tienen mucho manganeso de color verde olivo. En el segundo caso resulta un producto húmedo, granuloso de color blanquecino, de gran poder de fraguado y cuya composición es semejante a la del cemento, por lo cual se emplea como materia prima para cementos (Cap. XII.) y a veces para obtención de ladrillos.

##### C.- Gases del Horno.- Véase sistema de tratamiento de gases.

PROPIEDADES COMPOSICION Y USOS.- Las propiedades del fierro obtenido varían con las impurezas que tiene. Presenta una gran dureza y una resistencia razonable. Su punto de fusión varía de 1,075°C. a 1,275°C. La presencia de fósforo en exceso aumenta su fluidez, lo cual tiene importancia en la manufactura de ciertos tipos de fierro colado. Su dureza depende también de la forma en que se encuentre el carbón, que puede estar combinado en forma de carburo de fierro (Fe<sub>3</sub>C) dando la llamada "Fundición Blanca" o libre en forma de Grafito dando la llamada "Fundición Gris", aunque esta última se obtiene principalmente refundiendo en Hornos de Cubilote, formando lo que se llama Hierro Colado o Hierro Vaciado. El azufre provoca la formación de carbón combinado, aumentando la dureza y el silicio -- por el contrario la disminuye, por tender a dejar carbón libre.

El fósforo aumenta la formación de Grafito cuando el Silicio es alto, por el contrario cuando éste es bajo, la disminuye. El Manganeso aumenta la proporción de carbón combinado cuando hay un exceso sobre la cantidad que se combina con el azufre para dar MnS., cuando es menor, la disminuye. Otras impurezas presentes, como el Titanio (.07%), Cobre, Níquel y Cromo (.02 a 0.05%), no afectan mucho sus propiedades.



## Capítulo V

### HIERROS MAFABLES.-

**GENERALIDADES.-** El hierro de primera fusión se somete a procesos de refinación, con el objeto de disminuir su contenido de carbón y otras impurezas, aumentando al mismo tiempo su punto de fusión y convirtiéndose en productos que se caracterizan por su maleabilidad y que se llaman por esto Hierros Maleables. Sin embargo hay que aclarar que su maleabilidad es directa, es decir que no proviene de algún tratamiento especial, porque también hay hierros de fundición (blanca), que pueden hacerse maleables y que se distinguen con el nombre de hierros de fundición maleable. Así mismo, ciertas aleaciones de acero no son maleables más que dentro de ciertos límites de temperatura.

**CLASIFICACION.-** Se dividen en dos tipos principales: 1.- Hierros dulces y 2.- Aceros. Tanto unos como otros pueden obtenerse al estado sólido o al estado líquido, llamándose en el primer caso Hierros ó Aceros Soldados, Batidos o Forjados y en el segundo Hierros y Aceros de Fusión ú Homogéneos.

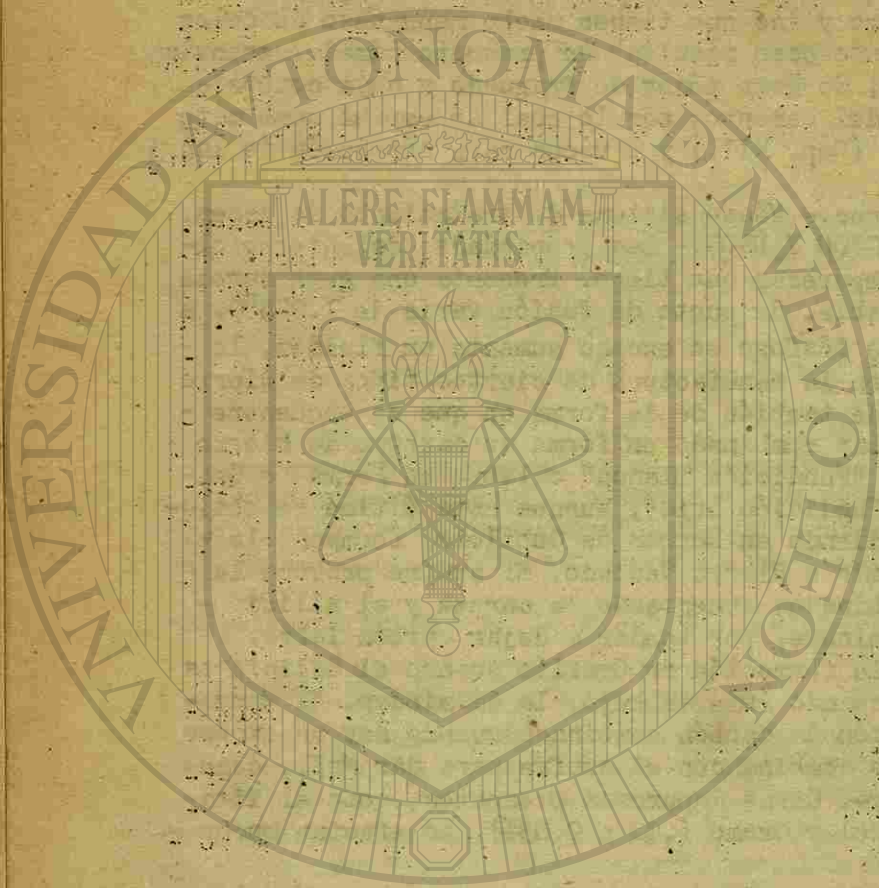
Los hierros dulces se caracterizan por su bajo contenido en carbón (varía de .04 a .06%) y de otras impurezas, considerándoseles como los hierros más puros. Son más blandos que los aceros, tienen un punto de fusión más elevado, (mayor de 1,500°C.) y en general no alteran sus propiedades con la velocidad de enfriamiento, sin embargo, los límites de separación con los aceros no están bien definidos, por lo cual se acostumbra distinguirlos por su resistencia a la tensión, llamándose hierros dulces a los que resisten menos de 45 kgs./mm<sup>2</sup>.

Los aceros presentan mayor contenido de carbón (0.06 á 1.5) y menor punto de fusión (1,400 á 1,500°C.), por su mayor contenido de impurezas. Se caracterizan principalmente porque pueden sufrir alteraciones en sus propiedades (endurecimiento), cuando varía su velocidad de enfriamiento o se les somete a tratamientos térmicos especiales (templado, recocido, etc.) y sobre todo por tener una resistencia mayor de 45 kgs./mm. Los aceros son los más importantes en la práctica y presentan una gran variedad de tipos, pudiendo clasificarse de distintas maneras. De acuerdo con su contenido de carbón en: Aceros de bajo carbón, o aceros suaves o blandos (0.05 á 0.15%), Aceros medios (0.15 á 0.3%, aceros semiduros (0.3 á 0.6%) y aceros duros o de alto carbón (0.6 á 1.5%).

Según el uso a que se destinan de acuerdo con sus propiedades, pueden considerarse; Acero para rieles, Para maquinaria, Para resortes, Acero estructural, etc. Según el método de obtención puede llamarse: Acero Bessemer, Acero Duplex, Acero Eléctrico, Acero de Cementación, etc. Las aleaciones especiales de acero pueden nombrarse según el elemento aleado que predomine, por ej.: Acero Manganeso, Acero Cromo, etc. y según su proporción con nombres especiales.

### HIERRO DULCE.-

**GENERALIDADES.-** El hierro dulce constituye como ya se dijo la forma más pura de hierro, cuando se obtiene por los mismos métodos que los aceros se le llama "Hierro de Lingote" y cuando se obtiene el estado sólido se le llama "Hierro de Pudelado" en su variedad principal o también hierro soldado o forjado. La obtención de los primeros se lleva a cabo por los mismos métodos que los ace



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

"ALFONSO REYES"

Crede. 1975. MONTERREY, NUEVO LEÓN



ros, por lo cual solo se estudiarán los Hierros de Pudelado o Hierros Forjados. En realidad casi se les ha sustituido por los aceros de bajo carbón, constituyendo actualmente solo un 2% de la producción anual de hierro y acero, sin embargo, por sus buenas propiedades de soldado y por su resistencia a la corrosión, se emplean para tubos soldados, lámina para techos, cadenas de grúa, áncoras, remaches y como base para la obtención de aceros para herramientas.

Históricamente el hierro de pudelado tiene importancia por haber sido obtenido con anterioridad al acero. El proceso fué inventado en 1,784 por Cort y mejorado en 1,830 por Hall.

Se considera "como un material ferroso formado por la solidificación de una masa de partículas pastosas de hierro casi puro, sin subsecuente fusión, a la cual se ha incorporado uniformemente una pequeña cantidad de escoria".

**MÉTODOS DE MANUFACTURA.**- Dos son los métodos de mayor importancia. El Proceso de Pudelado y el Proceso de Astone-Byer.

**Proceso de Pudelado.**- Se emplea hierro bruto de fundición alto en silicio (1 a 1,5%) y bajo en fósforo y azufre. La operación se desarrolla en un horno de Reverbero, de capacidad generalmente de 3,000 lbs. por día, provisto de un pequeño crisol con el fondo y las paredes recubiertas con una capa de 2 a 3" de óxido de hierro, con una pequeña cantidad de escoria de la operación anterior, y de un gran enrejado para la entrada de suficiente aire. La operación se desarrolla en cuatro períodos: La materia prima se funde y se cubre con una delgada capa de escoria (período de fusión), empezando la oxidación del silicio y otros elementos presentes, una vez fundida la carga, se agita con espátulas (Período de aclarado o refinación) para aumentar la velocidad de las reacciones, de esta manera se eliminan, el silicio en forma "silicato de hierro, (principal componente de la escoria), parte del manganeso y una porción de fósforo y azufre. Para aumentar la oxidación suele añadirse también óxido de hierro. Terminada la oxidación, se eleva la temperatura (Período de alta ebullición) y se añade escoria u óxido de hierro para eliminar el carbón, el cual pasa a través de la escoria en forma de óxido de carbono, que se quema en la superficie, formando un gran número de llamitas que se llaman "candiles de pudelado", a medida que se elimina el carbón, aumenta el punto de fusión del hierro, por lo cual la masa se va haciendo menos fluida, hasta que se empiezan a formar pequeños cristales de hierro, los cuales se van soldando entre sí (período de solidificación) hasta formar grandes bolas que cuando son suficientemente compactas, se sacan del horno y se llevan a una serie de cilindros rotatorios o se golpean para eliminar el exceso de escoria (cintadura) y se llevan más tarde a los laminadores. Las bolas de pudelado pesan de 90 a 100 Kilos.

**Proceso ASTONE.**- Consiste en vaciar hierro fundido (1,500°C.) de composición apropiada, sobre escoria de silicato de hierro (1,260°C.) previamente preparada fundiendo óxido de hierro y arena sílice en hornos de hogar abierto. La operación se desarrolla en recipientes provistos de movimiento en todas direcciones para facilitar el mezclado. Durante este proceso el hierro añadido se solidifica en pequeñas partículas, debido a la mayor temperatura de la escoria, desprendiendo gran cantidad de gas en forma de pequeñas explosiones. Las partículas de hierro se soldan entre sí formando una masa que se va al fondo en forma de bolas semejantes a las de pudelado. Estas bolas, pesando de 3,000 a 4,000 Kgs. se llevan a prensas para eliminar el exceso de escoria y se someten a laminado. El hierro utilizado se obtiene fundiendo hierro bruto de grado Bessemer

en hornos de cúpula para eliminar el azufre, con adición de carbonato de sodio y oxidándolo más tarde en un Horno Bessemer.

**PROPIEDADES.**- Sus propiedades se asemejan a la del hierro puro, por su bajo contenido de impurezas. Se caracterizan por la presencia de granos de ferrita (Pag.59) más o menos rodeados de filamentos de escoria, en forma de líneas irregulares de varios gruesos, que le dan estructura fibrosa característica, diferenciándose por esto de los hierros de lingote y de los aceros de bajo carbón, probando su ruptura en probetas entalladas. Se diferencian también de los aceros por su bajo contenido en Manganeso, presentan un elevado punto de fusión (mayor de 1,500°C), una gran resistencia al choque y una gran tenacidad. Se pueden soldar por cualquier método, sólo que requieren una temperatura elevada, teniendo la ventaja de que la escoria actúa como fundente, produciendo una soldadura uniforme. Esta propiedad se debe a la gran plasticidad que adquiere cuando se le calienta. En presencia del aire se cubre de una capa de óxido que dificulta la unión, por lo cual se le añade algún fundente para disolverlo. Son fáciles de trabajar en frío o en caliente y no son alterados por los cambios de calor (no-templables).

Químicamente son fácilmente atacados por los ácidos clorhídrico y sulfúrico, sobre todo diluidos, dejando bandas de escoria sin atacar, lo cual constituye uno de los mejores métodos de reconocimiento. Al igual que el acero y hierro de lingote se oxidan con el aire húmedo y en agua que contiene oxígeno disuelto, acelerándose esta oxidación por la presencia de electrólitos. El proceso de oxidación probablemente es de naturaleza electrolítica (actuando el hierro como ánodo y la impureza como cátodo), formándose hidróxido férrico  $Fe(OH)_3$ , el cual se deshidrata parcialmente y se precipita sobre el hierro metálico en forma de Orín ( $3 Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ) que es una sustancia porosa, poco adherente, que no se protege al metal (como en el caso de otros metales, plomo, zinc, etc.), por lo cual el ataque continúa mientras haya metal. Para proteger al hierro contra este ataque se cubre con una capa de Zinc (galvanizado) o estaño (estañado) o también de un esmalte (Peltre) o de una capa de aceite, grasa o pintura. Las tuberías enterradas se protegen empleando un metal que sustituya al hierro como ánodo, en forma de barras, principalmente Magnesio ó zinc, o descargando la corriente de tiempo en tiempo, a través de la tubería.

#### ACEROS.-

**GENERALIDADES.**- Los hierros dulces y otras formas de hierro muy puros, son demasiado suaves y dúctiles para muchos de los propósitos y por otra parte los hierros de fundición son demasiado duros y frágiles, por lo cual no se pueden trabajar, de tal manera que en la práctica el 80% de la producción de hierro bruto de fundición se destina a la obtención de productos intermedios, que reciben el nombre de Aceros. Se consideran como tales, aleaciones de hierro y carbón maleables cuando menos dentro de cierto grado de temperatura, capaces de obtenerse por enfriamiento de una masa inicialmente maleable o de endurecerse por súbito enfriamiento, o de las dos cosas (H. M. Howe). Se distinguen además de las propiedades ya mencionadas (Pag.49) por que generalmente son altos en Manganeso (Sauveur). Esto es por lo que se refiere a los aceros ordinarios, ya que hay otro grupo que comprende aleaciones de hierro y carbón con otros elementos, considerándose como aceros especiales o aleaciones de acero, que pueden dividirse en aceros de aleación baja, media, semi-elevada y elevada.

**MANUFACTURA.**- Los métodos de obtención del acero o procesos de



aceración pueden ser: 1o. por carburación del hierro dulce y 2o. por refinación del hierro bruto de fundición, ya sea solo o mezclado con desperdicios de hierro (chatarra). En el primer caso se encuentran dos métodos que presentan modernamente poco interés práctico y que son más bien históricos. El proceso de la Cementación, que produce acero carburizado sin fusión, llamado Acero de Cementación y el Proceso de Crisol, en el cual si se efectúa fusión. En el segundo caso quedan comprendidos dos métodos principales: El Proceso Bessemer y el Proceso de Hogar abierto. Existe un tercer método que tiene mas importancia para la obtención de aceros especiales o Aleaciones de Acero y que es el método Electrotérmico.

1.- CARBURIZACION DEL HIERRO DULCE.

PROCESO DE CEMENTACION. Se basa en que el hierro maleable, absorbe carbón a la temperatura del rojo brillante, formando una solución sólida de hierro y carburo de hierro, típico de los aceros de alto carbón; consiste en calentar capas alternadas del material y carbón en forma de grafito, en hornos rectangulares con cubierta especial a base de piedra, la cual permite inicialmente el paso de los gases, pero que se hace mas tarde impermeable. El proceso dura de 9 a 14 días, según el producto deseado (aceros blandos 7 a 8, medios 9 1/2, duros 11), calentándose a una temperatura de 800 a 1,000°C, mas o menos uniforme, lograda en los primeros dos días. Durante la operación se sacan muestras para analizar el contenido de carbón, el cual penetra gradualmente de la superficie al centro; logrado el contenido adecuado se deja enfriar por 5 a 6 días y se saca. El material resulta cubierto de una serie de ampollas, debido al desprendimiento del monóxido de carbono, formado al combinarse el carbón con el óxido de hierro del hierro utilizado. Para darle el acabado final se corta en pequeños trozos, se calienta a 800°C. y se lamina convirtiéndolo en pequeñas barras. Este proceso es muy empleado en América, se emplea algo en Inglaterra para cuchillería y herramientas, también se emplea en otros países de Europa para obtención de ejes, engranes, cojinetes, etc. También se emplea para endurecer la superficie de piezas que van a soportar choques, mientras el núcleo permanece suave, lo cual comunica a las piezas cierta ductilidad que evita las rupturas.

PROCESO DE CRISOL.- Consiste en fundir mezclas de carbón, hierro forjado y ferromanganeso, en recipientes de forma de barriles o vasos (crisoles), hechos de arcilla refractaria, sola o mezclada con grafito; con capacidad de 25 a 50 Kgs., los cuales se colocan en hornos especiales, generalmente de reverbero, con regonadores de calor (véase Pag. ). La temperatura se eleva gradualmente hasta la fusión de la carga que dura de 2 a 4 horas, según el material empleado, terminada la fusión se calienta y se añaden ferromanganeso o ferrosilicio, como desoxidante (4 a 5 m.) retirando los crisoles cuando termina el desprendimiento de gases, se elimina la escoria y se vacía el acero en moldes de hierro o en formas especiales. Este método da aceros muy puros, de propiedades y composiciones variables, pero que resultan muy costosos, por lo cual se aplican solo para aceros especiales (acero-cromo, acero níquel, acero tungsteno, acero de alto carbón, acero para herramientas, etc.)

2.- PROCESOS POR REFINACION.

GENERALIDADES.- Para la obtención de aceros y hierros por fusión, se parte como base del hierro de fundición, el cual debe someterse a un proceso de refinación o aceración, o sea de purificación por eliminación de las impurezas que lo acompañan ( S, C, P, Si, Mn. ), hasta lograr el por ciento correspondiente a la especificación re-

querida. Los procesos, según el tipo de escoria formada pueden dividirse en Ácidos y Básicos. Los primeros como su nombre lo indica, se efectúan en medio ácido y tienden a la eliminación del Silicio - Manganeso y Carbón, pero no así el fósforo y el azufre, por lo cual debe utilizarse materia prima más baja en éstos elementos, por lo mismo, el material del crisol de los hornos empleados, debe ser también ácido (ladrillo sílica). Los procesos básicos forman escoria básica, eliminando fácilmente el fósforo, azufre y manganeso y solo en parte el silicio, por la adición de materiales básicos, principalmente Caliza o Dolomita. El recubrimiento empleado consiste en ladrillos de Dolomita o Magnesita con una capa suelta de las anteriores. Es frecuente emplear para el resto del horno material ácido, separando ambos materiales con una capa de ladrillo neutro o ladrillo Cromita. En el Método ácido la duración es menor, por el menor contenido de impurezas del material y por no necesitar calor para calentar y descomponer el fundente básico (caliza, etc.). Según el tipo de hornos empleados, pueden ser: Bessemer, de hogar abierto y eléctrico, teniendo cada uno dos variedades: Acido y Básico, además un proceso que combina el Bessemer ácido con el de hogar abierto básico y que se llama proceso "Duplox".

El acero producido en cualquiera de éstos procesos se vacía en tinas de hierro recubiertas de ladrillo refractario, de gran capacidad (35 a 60 Tons.), provistas de un orificio en la parte inferior para el vaciado del producto en las lingoteras. Este orificio está obturado por una barra recubierta con una serie de cilindros de arcilla refractaria y que lleva en su parte inferior un tapón de grafito y una palanca en la parte superior para su movimiento. Las lingoteras son una serie de moldes de hierro con una sección interior rectangular, de 18"x 18", mayor en 3" en su parte inferior, las cuales llevan unas orejas laterales para su manejo y descansan sobre una base rectangular colocada sobre unos rieles, para su movimiento y arrastre. El lingote se deja enfriar lo más lento posible, para evitar demasiados defectos y finalmente se separa levantando el molde con una grúa.

PROCESO BESSEMER.- Se llama también proceso Neumático, porque en él se somete el hierro a la acción oxidante de una fuerte corriente de aire. Los hornos empleados reciben el nombre de Convertidores (Pag.19), Bessemer el ácido y Thomás el básico, siendo este último de mayor tamaño para la misma capacidad. El recubrimiento del primero (ácido), dura alrededor de 800 sopladas el de las paredes y de 25 a 30 el del fondo. El del segundo (básico), dura de 180 a 200 operaciones el de las paredes y 20 a 40 el del fondo, además en cada nueva operación debe recubrirse el horno con una capa de Dolomita quemada y alquitrán. La capacidad total del horno debe ser tres veces mayor que la de operación (15 a 25 Tons.) a.-Proceso ácido.-El hierro empleado como materia prima se llama hierro de grado Bessemer, debe ser bajo en fósforo y azufre y de un contenido de Silicio y Manganeso dentro de ciertos límites. Debe ser líquido, de tal modo que si está en lingotes se funde previamente en hornos de cubilote.

Para la operación o Soplo se coloca el convertidor en posición horizontal, se añade la carga y se empieza a elevar poco a poco, al mismo tiempo que se inyecta aire por las toberas del fondo, hasta llegar al máximo cuando el convertidor está vertical. El aire penetra a través del hierro, permitiendo que actúe el Oxígeno como oxidante del Silicio y Manganeso, en presencia del hierro, que actúa como catalizador.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Cada. 1971. MONTEVIDEO, URUGUAY



aceración pueden ser: 1o. por carburación del hierro dulce y 2o. por refinación del hierro bruto de fundición, ya sea solo o mezclado con desperdicios de hierro (chatarra). En el primer caso se encuentran dos métodos que presentan modernamente poco interés práctico y que son más bien históricos. El proceso de la Cementación, que produce acero carburizado sin fusión, llamado Acero de Cementación y el Proceso de Crisol, en el cual si se efectúa fusión. En el segundo caso quedan comprendidos dos métodos principales: El Proceso Bessemer y el Proceso de Hogar abierto. Existe un tercer método que tiene mas importancia para la obtención de aceros especiales o Aleaciones de Acero y que es el método Electrotérmico.

1.- CARBURIZACION DEL HIERRO DULCE.

PROCESO DE CEMENTACION. Se basa en que el hierro maleable, absorbe carbón a la temperatura del rojo brillante, formando una solución sólida de hierro y carburo de hierro, típico de los aceros de alto carbón; consiste en calentar capas alternadas del material y carbón en forma de grafito, en hornos rectangulares con cubierta especial a base de piedra, la cual permite inicialmente el paso de los gases, pero que se hace mas tarde impermeable. El proceso dura de 9 a 14 días, según el producto deseado (aceros blandos 7 a 8, medios 9 1/2, duros 11), calentándose a una temperatura de 800 a 1,000°C, mas o menos uniforme, lograda en los primeros dos días. Durante la operación se sacan muestras para analizar el contenido de carbón, el cual penetra gradualmente de la superficie al centro; logrado el contenido adecuado se deja enfriar por 5 a 6 días y se saca. El material resulta cubierto de una serie de ampollas, debido al desprendimiento del monóxido de carbono, formado al combinarse el carbón con el óxido de hierro del hierro utilizado. Para darle el acabado final se corta en pequeños trozos, se calienta a 800°C. y se lamina convirtiéndolo en pequeñas barras. Este proceso es muy empleado en América, se emplea algo en Inglaterra para cuchillería y herramientas, también se emplea en otros países de Europa para obtención de ejes, engranes, cojinetes, etc. También se emplea para endurecer la superficie de piezas que van a soportar choques, mientras el núcleo permanece suave, lo cual comunica a las piezas cierta ductilidad que evita las rupturas.

PROCESO DE CRISOL.- Consiste en fundir mezclas de carbón, hierro forjado y ferromanganeso, en recipientes de forma de barriles o vasos (crisoles), hechos de arcilla refractaria, sola o mezclada con grafito; con capacidad de 25 a 50 Kgs., los cuales se colocan en hornos especiales, generalmente de reverbero, con regonadores de calor (véase Pag. ). La temperatura se eleva gradualmente hasta la fusión de la carga que dura de 2 a 4 horas, según el material empleado, terminada la fusión se calienta y se añaden ferromanganeso o ferrosilicio, como desoxidante (4 a 5 m.) retirando los crisoles cuando termina el desprendimiento de gases, se elimina la escoria y se vacía el acero en moldes de hierro o en formas especiales. Este método da aceros muy puros, de propiedades y composiciones variables, pero que resultan muy costosos, por lo cual se aplican solo para aceros especiales (acero-cromo, acero níquel, acero tungsteno, acero de alto carbón, acero para herramientas, etc.)

2.- PROCESOS POR REFINACION.

GENERALIDADES.- Para la obtención de aceros y hierros por fusión, se parte como base del hierro de fundición, el cual debe someterse a un proceso de refinación o aceración, o sea de purificación por eliminación de las impurezas que lo acompañan ( S, C, P, Si, Mn. ), hasta lograr el por ciento correspondiente a la especificación re-

querida. Los procesos, según el tipo de escoria formada pueden dividirse en Ácidos y Básicos. Los primeros como su nombre lo indica, se efectúan en medio ácido y tienden a la eliminación del Silicio - Manganeso y Carbón, pero no así el fósforo y el azufre, por lo cual debe utilizarse materia prima más baja en éstos elementos, por lo mismo, el material del crisol de los hornos empleados, debe ser también ácido (ladrillo sílica). Los procesos básicos forman escoria básica, eliminando fácilmente el fósforo, azufre y manganeso y solo en parte el silicio, por la adición de materiales básicos, principalmente Caliza o Dolomita. El recubrimiento empleado consiste en ladrillos de Dolomita o Magnesita con una capa suelta de las anteriores. Es frecuente emplear para el resto del horno material ácido, separando ambos materiales con una capa de ladrillo neutro o ladrillo Cromita. En el Método ácido la duración es menor, por el menor contenido de impurezas del material y por no necesitar calor para calentar y descomponer el fundente básico (caliza, etc.). Según el tipo de hornos empleados, pueden ser: Bessemer, de hogar abierto y eléctrico, teniendo cada uno dos variedades: Acido y Básico, además un proceso que combina el Bessemer ácido con el de hogar abierto básico y que se llama proceso "Duplox".

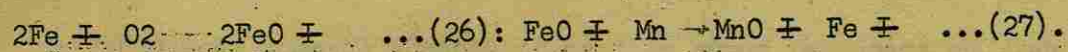
El acero producido en cualquiera de éstos procesos se vacía en tinas de hierro recubiertas de ladrillo refractario, de gran capacidad (35 a 60 Tons.), provistas de un orificio en la parte inferior para el vaciado del producto en las lingoteras. Este orificio está obturado por una barra recubierta con una serie de cilindros de arcilla refractaria y que lleva en su parte inferior un tapón de grafito y una palanca en la parte superior para su movimiento. Las lingoteras son una serie de moldes de hierro con una sección interior rectangular, de 18"x 18", mayor en 3" en su parte inferior, las cuales llevan unas orejas laterales para su manejo y descansan sobre una base rectangular colocada sobre unos rieles, para su movimiento y arrastre. El lingote se deja enfriar lo más lento posible, para evitar demasiados defectos y finalmente se separa levantando el molde con una grúa.

PROCESO BESSEMER.- Se llama también proceso Neumático, porque en él se somete el hierro a la acción oxidante de una fuerte corriente de aire. Los hornos empleados reciben el nombre de Convertidores (Pag.19), Bessemer el ácido y Thomás el básico, siendo este último de mayor tamaño para la misma capacidad. El recubrimiento del primero (ácido), dura alrededor de 800 sopladas el de las paredes y de 25 a 30 el del fondo. El del segundo (básico), dura de 180 a 200 operaciones el de las paredes y 20 a 40 el del fondo, además en cada nueva operación debe recubrirse el horno con una capa de Dolomita quemada y alquitrán. La capacidad total del horno debe ser tres veces mayor que la de operación (15 a 25 Tons.) a.-Proceso ácido.-El hierro empleado como materia prima se llama hierro de grado Bessemer, debe ser bajo en fósforo y azufre y de un contenido de Silicio y Manganeso dentro de ciertos límites. Debe ser líquido, de tal modo que si está en lingotes se funde previamente en hornos de cubilote.

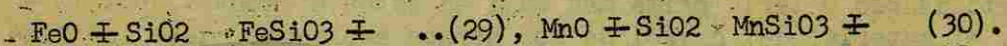
Para la operación o Soplo se coloca el convertidor en posición horizontal, se añade la carga y se empieza a elevar poco a poco, al mismo tiempo que se inyecta aire por las toberas del fondo, hasta llegar al máximo cuando el convertidor está vertical. El aire penetra a través del hierro, permitiendo que actúe el Oxígeno como oxidante del Silicio y Manganeso, en presencia del hierro, que actúa como catalizador.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Cada. 1971. MONTEVIDEO, URUGUAY





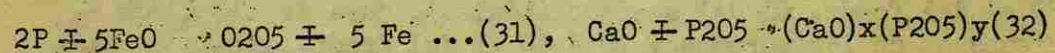
Los óxidos de Manganeso y fierro reaccionan con el anhídrido silícico (sílice) para formar silicatos que pasan a la escoria.



El calor desprendido ( ) en éstas reacciones, aumenta notablemente la temperatura de la carga, produciendo una dilatación, (de aquí que el volumen del Horno sea mayor que su capacidad). La temperatura se controla agregando Ferrosilicio cuando se quiera aumentar y pedacería de fierro cuando se quiera disminuir, o también inclinando el Horno para que algunas toberas queden al descubierto, disminuyendo así la cantidad de aire y por lo tanto la combustión del silicio y manganeso. En esta parte del proceso se produce una llama roja obscura, no muy grande, que comenza a brillantarse a los 5-6 m, indicando la oxidación del carbón a óxido de carbono, al mismo tiempo que aumentan su temperatura y tamaño, hasta alcanzar una longitud de 10 o más metros. Hacia el final del "Soplo" empieza a acortarse, cambiando su color y el número de chispas, al llegar éste momento, se inclina el convertidor y se vacía el producto en tinas. El tiempo total del proceso varía de 10 a 20 m, según la clase de fierro utilizado y el producto deseado.

Generalmente el soplo se continúa hasta eliminación total del carbón, recarburizando más tarde, ya sea en el mismo horno o en la tina, con la adición de productos tales como: Cok, Antracita, Ferromanganeso, (80% de Mn) Spiegeleisen (12 a 20% de Mn, 5 a 7% de C), carburo de silicio, Silico-Manganeso y Silico-Spiegel. Estos agentes actúan también como desoxidantes, reduciendo los óxidos presentes y dando un producto homogéneo. Cuando se requieren algunos elementos en determinado porcentaje, se adicionan éstos en forma libre (Cu), o de compuestos (S, Mn, Al,).

b.- Proceso Básico.- El fierro empleado debe ser alto en Fósforo y Manganeso, ocasionalmente en azufre y bajo en carbón y silicio. El Manganeso produce el calor necesario y ayuda a la eliminación del azufre. La primera parte del proceso es análoga al anterior, oxidándose rápidamente el Silicio y parcial y lentamente el Manganeso y más tarde el carbón, después de lo cual el fósforo presente se oxida a pentóxido, combinándose con la cal añadida y dando fosfato tricálcico reversible, que pasa a la escoria; al mismo tiempo se elimina la mitad del azufre.



El proceso básico es mas costoso y dura un poco más, ya que la primera parte dura de 9 a 12 m, y la segunda de 5 a 6 m, además se requiere gran habilidad, ya que no hay indicación de la terminación del "Soplo" y el tiempo se juzga por la experiencia. Para la recarburización requiere la eliminación de la escoria, porque el fósforo, en presencia del manganeso recarburizante, vuelve a ser reabsorbido por la carga.

PROCESO DE HOGAR ABIERTO.-Se le llama también proceso Siemens Martín, porque emplea el principio regenerativo del calor de los Hermanos Siemens (1862) (empleando gas producido para obtener altas temperaturas, precalentando el gas y el aire por regeneración) para la producción de acero (1862-1868) por oxidación de fierro de fundición con óxido de fierro y la modificación introducida por Mar-

tín de dilución del fierro bruto con desperdicios de fierro (chatarra) y subsecuente refinación, empleando minerales de fierro. El proceso difiere del Bessemer en que se desarrolla muy lentamente (8 a 10 horas) por la baja velocidad de oxidación de las impurezas, de aquí que se requiera calentar para mantener el estado de fusión, sin embargo, su capacidad mucho mayor (50 a 250 tons.), la producción de aceros de diferentes calidades y el empleo de desperdicios, ha hecho que el proceso se coloque en primer lugar en la producción de aceros (1910). Actualmente se obtiene 10 veces más acero que por el método Bessemer, a pesar de que éste se desarrolló mas rápidamente.

Descripción del horno.-(Véase fig. 22). Es un Horno de reverbero, fijo o móvil, tipo rectangular, de ladrillo refractario, rodeado de ángulos y tirantes de acero, su capacidad varía de 50 a 250 tns. con un promedio de 100, con las dimensiones siguientes: Largo, 24 mts. ancho, 6.7 mts.; profundidad del crisol, 60 a 90 cms. El crisol puede ser de ladrillo refractario recubierto con arena sílica (50 cms.) en capas sucesivas, en el ácido, o bien de ladrillo magnesita cubierto con magnesita o dolomita calcinada y alquitrán (10%), en el básico. El resto es de ladrillo sílice, con una capa de cromita (neutro) alrededor del crisol, en el básico. Las porciones laterales del horno se llaman Cabezales y en ellas se introducen los quemadores (cuando los tiene), tienen un nivel exterior é interior mayor que el centro, elevado interiormente, dos conductos rectangulares para la salida de los gases de combustión y entrada del aire (de mayor tamaño), los cuales conducen a las cámaras de regeneración, pasando por cámaras intermedias llamadas recogedores de escoria. Los regeneradores están en número de dos, abajo del piso de carga y a cada lado del horno, son cámaras rectangulares rellenas de ladrillo refractario en forma tal que dejen conductos para la circulación de los gases. Operan alternadamente, saliendo por un lado los gases calientes de combustión (ceden su calor a los ladrillos) y entrando por el otro el aire y el gas combustible (cámara chica) (toman el calor absorbido por los ladrillos); cada 20 m. se invierte el proceso. Cuando se emplean quemadores para la inyección del combustible, el aire entra por las dos cámaras. Las cámaras comunican con una chimenea o directamente al aire, por medio de un sistema de compuertas.

a.- Proceso Básico.- Es el empleado para la producción de la mayor parte del acero, ya que se producen 150 veces mas acero que por el ácido. Después de cada operación el crisol se recubre de una capa de caliza o dolomita. Se carga la chatarra y cuando está parcialmente fundida ú oxidada, se añade el fierro (1 a dos horas después), en este momento se efectúa una violenta acción entre las impurezas de aquella y el óxido de fierro, oxidándose la carga y reaccionando con el óxido de calcio (Pag. 54) de la caliza descompuesta, formando una escoria poco básica, pero muy viscosa, que se eleva a la superficie por el óxido de carbono formado y se elimina al terminar este período, por un orificio situado por encima del nivel normal de la escoria. Después de esto se eleva la temperatura del horno, completándose la descomposición de la caliza y la fusión de la chatarra, se produce una violenta agitación debido al anhídrido carbónico desprendido formándose una escoria muy básica que arrastra la mayor parte del fósforo: Finalmente, se regula la eliminación de las impurezas (fósforo, carbón y azufre) con adiciones de mineral (oxidación del carbón) o caliza (eliminación del fósforo), indicados por análisis rápidos de muestras. Terminada la operación se vacía la carga por un orificio situado en la parte posterior del horno, -

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
CALLE 1425 - MONTEVIDEO, URUGUAY



en tinas de gran capacidad colocadas a un nivel inferior, se desoxida con Ferrosilicio o Ferromanganeso y se carburiza con carbón en polvo, también pueden añadirse otros materiales, según el acero requerido. La escoria se deja rebosar, recogiendo en una tina mas pequeña.

b.- Proceso Acido.- Se asemeja al Bessemer ácido o sea; eliminación del Silicio y parte del Manganeso en el período de fusión (3 á 4 horas.) y oxidación del carbón en proporción inversa del contenido de aquellos, en general, 2/3 del total de éste se eliminan hasta fusión completa de la carga y el resto se oxida lentamente, acelerándose con adición de mineral. El tiempo de operación es menor que en el básico. La recarburización y desoxidación pueden desarrollarse en la tina, pues no hay el peligro de inversión de la escoria, añadiéndose los materiales 20 á 40 . antes de la picada.

PROCESO DUPLEX.- Es una combinación del proceso Bessemer ácido y del de Hogar abierto básico. Puede desarrollarse de dos maneras, o bien se eliminan el Silicio y Manganeso y parte del carbón en el Bessemer (5 a 6 m.) y el resto se trata en el de hogar abierto o se baja el carbón hasta unos décimos y se mezcla con hierro de fundición. En ambos casos se procede en el horno de hogar abierto como ya se explicó.

PROCESO ELECTROTÉRMIICO.- Se emplea para la producción de aceros especiales y aleaciones de acero (acero Stainless, Acero manganeso, acero para imanes, etc.) a partir de acero Bessemer o de Hogar abierto. Se pueden emplear los tres tipos de hornos descritos (Pag. 19) pero el mas empleado es el horno Heroult que es un horno del tipo de arco de resistencia, formando la carga parte del circuito eléctrico y siendo los arcos operados en serie. Emplean corriente alterna de tres fases (conductores con 3 corrientes de fase simple, con un desplazamiento angular de 120°) y tres electrodos para los tipos pequeños, con sección horizontal circular y de 6 electrodos para los de gran tamaño, empleando dos circuitos trifásicos y de sección horizontal oval. También se emplea mucho el horno Lectromelts para trabajos de hierro y acero vaciado, similar al de Heroult, diseñado para rápida fusión y de recubrimiento generalmente ácido, pero fácilmente intercambiable. Emplea tres electrodos ajustables en formación triangular y corriente trifásica conectada en estrella, además, está dotado de movimiento como los hornos de Heroult, los chicos giran sobre muñones y cremalleras y los grandes en un sistema basculante. La electrotermia presenta grandes ventajas, como son: a.- El calor puede suministrarse rápidamente, de tal modo que pronto se alcanzan altas temperaturas, b.- La temperatura puede regularse fácilmente y mantenerse por cualquier período de tiempo. c.- La carga puede tratarse en atmósferas reductora ú oxidante, según las impurezas a eliminar y se puede sustituir una escoria por otra sin dificultad, d.- Se puede controlar fácilmente la eliminación o permanencia de ciertos constituyentes en el baño, introduciendo metales por la reducción de sus óxidos, e.- El material no es impurificado por gases de combustión, de tal modo que se obtiene un acero mas puro. Sin embargo, el alto costo de la corriente eléctrica lo hace inapropiado para producir acero directamente del hierro bruto.

Operación.- Si el acero se va a obtener de carga fría se añade pedacería de hierro de propiedades físicas y composición adecuada, fundiéndose lo mas rápidamente posible; una vez fundida la carga, se adiciona cal mezclada con espato fluor o arena como fundentes, con el objeto de formar una escoria mas flúida. La escoria resultante es muy básica y oxidante, debido al óxido de hierro de la carga formado

durante la fusión, llamándosele "Escoria negra". Si se van a eliminar grandes cantidades de fósforo, manganeso, etc. se debe añadir mineral de hierro para aumentar la oxidación, o eliminar la primera escoria una vez fosforizada y formar otra nueva, cuyo carácter vá a ser también básico; pero reductora en lugar de oxidante, formada principalmente por cal con espato fluor, arena y carbón de cok en polvo; a ésta escoria se le da el nombre de "Escoria blanca". En este segundo período se desarrollan las siguientes operaciones: a.- El azufre se elimina casi totalmente por formación de sulfuro de calcio, aumentando su eliminación con la presencia de manganeso, b.- Se produce una desoxidación del baño, por la reacción del óxido de hierro con el carburo de calcio formado al reaccionar la cal con el carbón, c.- Los metales que se desean alear con hierro pueden añadirse en forma de ferroaleaciones o en forma de óxidos, por las condiciones reductoras de la escoria.

Una vez que los elementos se han pasado al hierro, se deja reposar la carga durante un tiempo más o menos largo después de la eliminación de la escoria, con el objeto de eliminar los gases, óxidos, etc., si es necesario se recarburiza y después de un tiempo conveniente se vacía el acero. Si se emplea acero Duplex o de Hogar abierto la operación se desarrolla únicamente con escoria reductora. La operación dura alrededor de 6 horas.

PROPIEDADES.- (Véase capítulo siguiente).

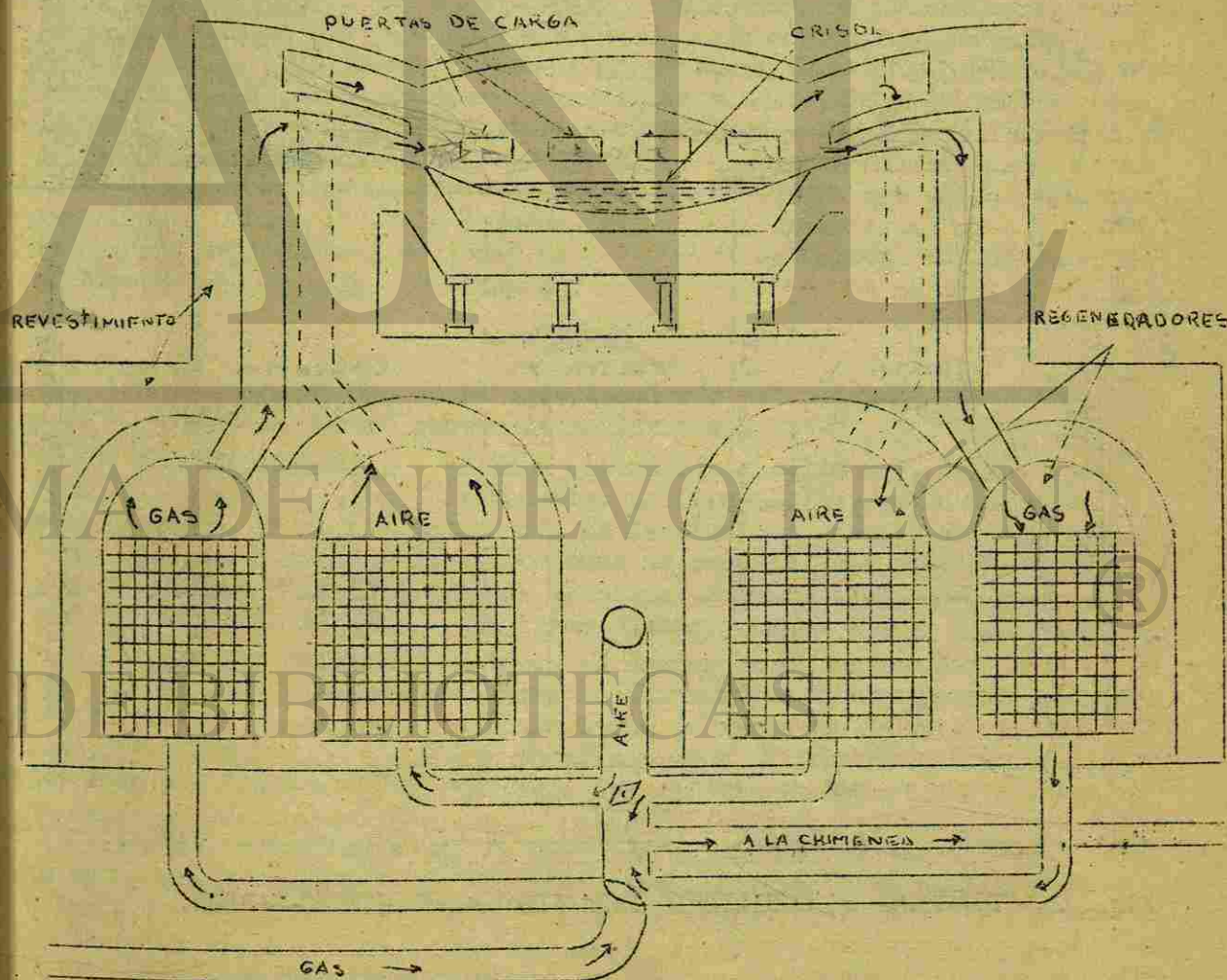


Fig. 22.- HORNO DE HOGAR ABIERTO.

UNIVERSIDAD

UN

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO BETES"  
Cada. 1971



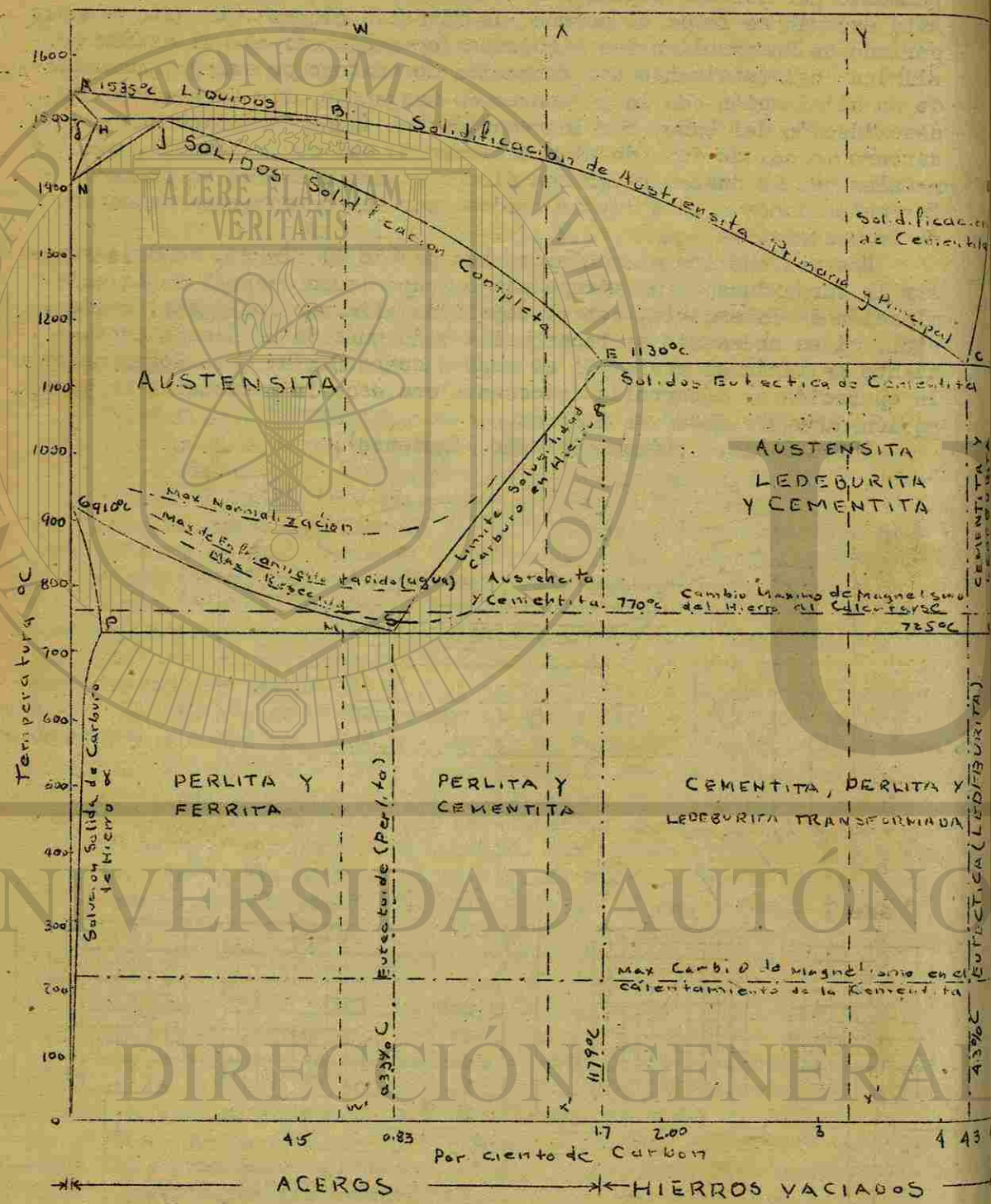


Fig. 24.- DIAGRAMA DE EQUILIBRIO PARA ALEACIONES HIERRO-CARBON.

ESTRUCTURA Y CONSTITUCION DE LOS METALES FERROSOS

CLASIFICACION.-Desde el punto de vista de su constitución (Fig. 24) los hierros se clasifican en dos grandes grupos: 1.- Hierros Maleables y 2.- Hierros de Fundición.

1.- Comprenden: a.- Los hierros puros, con un contenido de carbón menor que 0.08% y b.- Los Aceros, que varían desde pequeñas cantidades de carbón hasta 1.7%. Los que contienen menos de 0.83% se llaman "Hipoeutectoides" y los que contienen mas, "Hipereutectoides", los que contienen de 1.7 a 2.2% se les llama Semi-aceros, nombre que también se aplica a los hierros de fundición maleable.

2.- Los hierros de fundición son aquellos que contienen mas de 2.2% de carbón, hasta 6.7% que representa el máximo, aunque en la práctica los hierros con mas de 5% de carbón no son de importancia. Los que tienen menos de 4.3% se llaman "Hipoeutectoides" y los que tienen mas de 4.3% se llaman "Hipereutectoides". Por su forma de solidificación y en parte de su constitución, se dividen en: Hierros de fundición Blanca, Hierros de Fundición gris y Hierros de fundición atruchada.

DIAGRAMA DE EQUILIBRIO.- Aunque las propiedades de los hierros varían mucho con la presencia de varios elementos, tales como; carbón, silicio, manganeso, azufre, etc. se puede considerar primero la aleación hierro-carbón y después la influencia de los demás elementos. En la figura 24 (Pag. 58) se encuentra el diagrama de constitución. Se observa que es una combinación de varios tipos simples. El primero o sea hasta 1.7% de carbón (punto E) es de un tipo de combinación, indicando una aleación de dos elementos (Fe y C) solubles al estado líquido y sólido a alta temperatura y parcialmente solubles al enfriarse. La primera parte se representa por el área ABCE (el área ABJNH correspondiente al hierro delta no se considera por no ser de importancia. (Fig. 16) y la segunda por el área inferior.(Fig. 17). El segundo representa aleaciones de 1.7 a 6.7% de Carbón. similares al tipo Eutéctico (Fig. 15, Pag. 34).

1.- HIERROS.

Quedan comprendidos en el lado izquierdo del Diagrama (área AHN y GPO). Presentan cuatro puntos de inflexión: 1,535°C., 1,400°C y -- 770°C. correspondiente a 4 estados alotrópicos: Delta ( $\delta$ ), Gamma ( $\gamma$ ), Beta ( $\beta$ ), y Alfa ( $\alpha$ ), respectivamente. La forma Delta, que es la primera obtenida, no es de importancia en la práctica, puesto que se forma solo por encima de la temperatura de Forjado y de trabajo en caliente (1,400 a 1,535°C), tiene cristales cúbicos con átomos centrales y carácter magnético. La forma  $\gamma$  existe entre 910° y 1,400°C, está formada por cristales cúbicos con átomos en el centro de las caras, no es magnética. La forma Beta se llama mejor hierro para magnético, ya que se ha encontrado que tiene la misma estructura cristalina que el hierro  $\alpha$  y solo se manifiesta por un pequeño cambio en la curva al llegar a 770°C, habiendo una pérdida de magnetismo abajo de ésta temperatura. La forma  $\alpha$  se presenta abajo de los 910°C, tiene cristales cúbicos de átomo central, es magnética. Al transformarse en hierro  $\gamma$  cambia la estructura cristalográfica y se afecta la solubilidad del hierro-carbón, lo cual tiene gran influencia en las propiedades físicas y en la estructura. A 1,130°C la solubilidad máxima del carbón es de 1.7% (hierro  $\gamma$ ) mientras que a 723°C ( $\alpha$ ) es so-



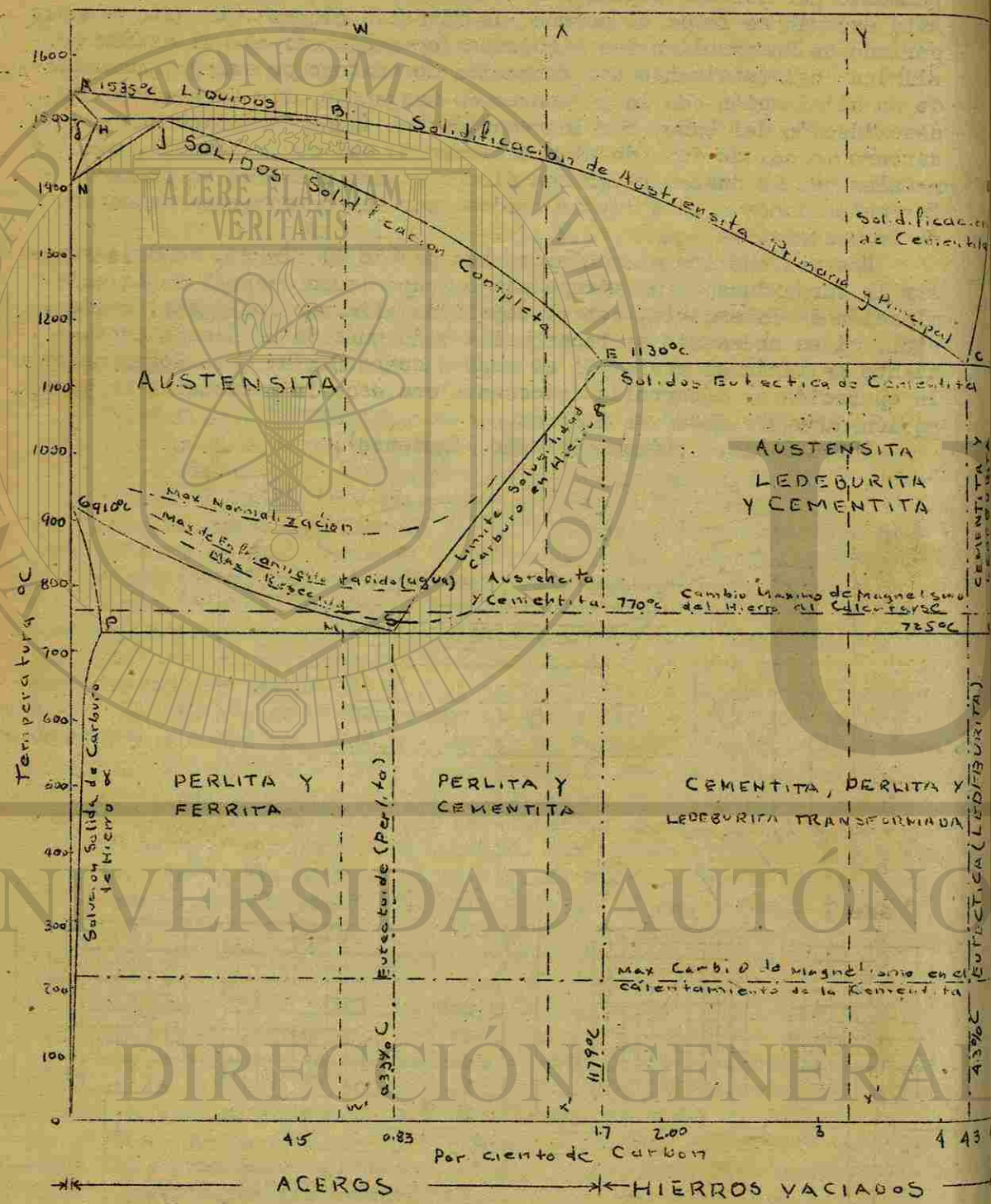


Fig. 24.- DIAGRAMA DE EQUILIBRIO PARA ALEACIONES HIERRO-CARBON.

ESTRUCTURA Y CONSTITUCION DE LOS METALES FERROSOS

CLASIFICACION.-Desde el punto de vista de su constitución (Fig. 24) los hierros se clasifican en dos grandes grupos: 1.- Hierros Maleables y 2.- Hierros de Fundición.

1.- Comprenden: a.- Los hierros puros, con un contenido de carbón menor que 0.08% y b.- Los Aceros, que varían desde pequeñas cantidades de carbón hasta 1.7%. Los que contienen menos de 0.83% se llaman "Hipoeutectoides" y los que contienen mas, "Hipereutectoides", los que contienen de 1.7 a 2.2% se les llama Semi-aceros, nombre que también se aplica a los hierros de fundición maleable.

2.- Los hierros de fundición son aquellos que contienen mas de 2.2% de carbón, hasta 6.7% que representa el máximo, aunque en la práctica los hierros con mas de 5% de carbón no son de importancia. Los que tienen menos de 4.3% se llaman "Hipoeutectoides" y los que tienen mas de 4.3% se llaman "Hipereutectoides". Por su forma de solidificación y en parte de su constitución, se dividen en: Hierros de fundición Blanca, Hierros de Fundición gris y Hierros de fundición -atruchada.

DIAGRAMA DE EQUILIBRIO.- Aunque las propiedades de los hierros varían mucho con la presencia de varios elementos, tales como; carbón, silicio, manganeso, azufre, etc. se puede considerar primero la aleación hierro-carbón y después la influencia de los demás elementos. En la figura 24 (Pag. 58) se encuentra el diagrama de constitución. Se observa que es una combinación de varios tipos simples. El primero o sea hasta 1.7% de carbón (punto E) es de un tipo de combinación, indicando una aleación de dos elementos (Fe y C) solubles al estado líquido y sólido a alta temperatura y parcialmente solubles al enfriarse. La primera parte se representa por el área ABCE (el área --ABJNH correspondiente al hierro delta no se considera por no ser de importancia. (Fig. 16) y la segunda por el área inferior.(Fig. 17). El segundo representa aleaciones de 1.7 a 6.7% de Carbón. similares al tipo Eutéctico (Fig. 15, Pag. 34).

1.- HIERROS.

Quedan comprendidos en el lado izquierdo del Diagrama (área AHN y GPO). Presentan cuatro puntos de inflexión: 1,535°C., 1,400°C y --770°C. correspondiente a 4 estados alotrópicos: Delta ( $\delta$ ), Gamma ( $\gamma$ ), Beta ( $\beta$ ), y Alfa ( $\alpha$ ), respectivamente. La forma Delta, que es la primera obtenida, no es de importancia en la práctica, puesto que se forma solo por encima de la temperatura de Forjado y de trabajo en caliente (1,400 a 1,535°C), tiene cristales cúbicos con átomos centrales y carácter magnético. La forma  $\gamma$  existe entre 910° y 1,400°C, está formada por cristales cúbicos con átomos en el centro de las caras, no es magnética. La forma Beta se llama mejor hierro para magnético, ya que se ha encontrado que tiene la misma estructura cristalina que el hierro  $\alpha$  y solo se manifiesta por un pequeño cambio en la curva al llegar a 770°C, habiendo una pérdida de magnetismo abajo de ésta temperatura. La forma  $\alpha$  se presenta abajo de los 910°C, tiene cristales cúbicos de átomo central, es magnética. Al transformarse en hierro  $\gamma$  cambia la estructura cristalográfica y se afecta la solubilidad del hierro-carbón, lo cual tiene gran influencia en las propiedades físicas y en la estructura. A 1,130°C la solubilidad máxima del carbón es de 1.7% (hierro  $\gamma$ ) mientras que a 723°C ( $\alpha$ ) es so-



lo de 0.4%, disminuyendo a lo largo de la línea "GS". La línea "ES" indica que el aumento en la proporción de carbón disminuye la temperatura de transformación del hierro en hierro.

PROPIEDADES.- La forma normal de los hierros es el hierro con algo de carburo de hierro. Desde el punto de vista práctico pueden considerarse como "PERRITA" cuyas propiedades presentan. Se caracterizan por ser más resistentes a la corrosión que los aceros de bajo carbón, sin embargo son fácilmente atacados por los ácidos diluidos, para protegerlos de la oxidación se galvanizan. Las propiedades del hierro forjado ya fueron estudiadas (véase Pág. 51). La Ferrita se pone de manifiesto cuando se tratan muestras pulimentadas con tintura de yodo o solución alcohólica de ácido Pícrico al 5%, dando formas poliédricas, derivadas del sistema cúbico. Cuando aparece en aceros extradulces indica fragilidad. Es suave, dúctil, soluble, de baja relación elástica. Resistencia a la tensión 2,800 kgs./cm<sup>2</sup> (28 Kgs/mm<sup>2</sup>) alargamiento 40% en 2".

2.- ACEROS.

CONSTITUCION.- En la región de los aceros se presentan los cambios siguientes: 1.- Si se enfría una aleación fundida de composición "W", correspondiente a los aceros Hipoeutectoides (Hasta .83% de C), no sufre ningún cambio hasta el punto B, aquí empieza a solidificarse como una aleación de carburo de hierro (cementita) en hierro "Gamma" llamada "AUSTENSITA" (tipo de solubilidad total, pág.35). La austensita no sufre cambio hasta el punto M, pero al llegar se transforma en hierro puro a lo largo de la línea GS, aumentando el contenido de carbón de la solución hasta 8.83%, correspondiente a la formación del Eutectoide (S) a 723°C. La estructura resultante es una mezcla de Ferrita y Cementita, típica de los aceros Hipoeutectoides llamada "PERLITA", no habiendo mayor cambio de fases con el enfriamiento. La aleación final es una estructura heterogénea, consistente de Ferrita mas Perlita, dependiendo la proporción de ésta del contenido de carbón, alcanzado 100% a .83%.

2.- Los cambios de enfriamiento de una aleación "X" son típicos de Aceros Hipereutectoides (0.83 - a 1.7% de C), la solidificación empieza a la temperatura "e" con la separación de Austensita y se completa a la temperatura "f"--; el mecanismo es similar al descrito para la aleación "W", no habiendo cambio al enfriarse hasta "g", aquí se empieza a solidificar Cementita (Fe<sub>3</sub>C) a lo largo de la línea "ES" disminuyendo la proporción de Austensita, hasta llegar a la composición "S" (0.83% a 723°C, en que se forma el Eutectoide o perlita, estabilizándose la aleación en una estructura Heterogénea de Cementita y Perlita. La Cementita aumenta y disminuye la Perlita cuando el contenido de carbón aumenta de 0.83 a 1.7%. La proporción de los componentes puede verse en el diagrama de composiciones (arriba). La Perlita se tiñe de blanco con ácido Pícrico o yodo dando estructura laminar (láminas paralelas superpuestas) o globular cuando se observa a gran aumento (500 a 1,500 diámetros). Es dura y menos dúctil que la ferrita, resistencia a la tensión 9,000 kgs./cm<sup>2</sup>, con un alargamiento de 15% en 2 ". La Cementita no se tiñe con el ácido Pícrico sino con soluciones de Picratos alcalinos, apareciendo en forma de estrías negras. Se forma en los aceros recocidos y durante el proceso de cementación, es de gran dureza y fragilidad, tiene un elevado límite elástico, igualando a su resistencia a la tensión.

Los cambios descritos solo se efectúan cuando el enfriamiento es lento, pero cuando no es así, se verifica una serie de cambios --

que hacen variar las propiedades de los aceros (véase pág.38, efectos de la velocidad de enfriamiento). Si el enfriamiento pudiera ser inmediato, se formaría "Austensita" pura, pero esto no se logra en la práctica mas que para Acero níquel y Acero manganeso. Cambiando la velocidad de enfriamiento se forman diferentes productos de transformación de la austensita, propiedad que tiene gran importancia en la práctica para cambiar las propiedades de un acero dado. La velocidad de enfriamiento lograda, depende del tamaño de la pieza y del medio enfriador, en este sentido pueden usarse en orden de rapidez: -- Plomo fundido (327°C), aire, aceites minerales (pesado, medio y ligero), mezclas de glicerina y agua y finalmente agua helada. En estas operaciones se calienta la pieza por encima del grado crítico antes del endurecimiento, para disminuir los efectos del enfriamiento o de los tratamientos mecánicos, la elevación de temperatura debe ser lenta y se introduce en el medio cuando está aumentando. La operación de calentamiento anterior se conoce como "Recocido", la temperatura de calentamiento disminuye con el porcentaje de carbón, de 900°C (.12) a 800°C (1.0). Si el enfriamiento se efectúa al aire y no en el horno como en la anterior, la operación se llama "Normalización". El enfriamiento en agua de hielo produce la "Martensita", producto semejante a la Austensita, pero con cristales de átomos centrales, magnética, en forma de agujas (aciculares), de gran dureza, aunque no tanto como la cementita, pero muy frágil. Su dureza y fragilidad aumentan con su contenido de carbón. La de menos de .83% de C. tiene Ferrita (suave) y la hipereutectoide "Cementita", más dura. Se considera como una solución excesivamente saturada de carbón en hierro alfa, que cede por calentamiento partículas de carburo. Es el principal constituyente de los aceros endurecidos. Si el enfriamiento se verifica en aceites (mas lento), se forma la llamada "Troostita". Forma masas amorfas en los aceros bien templados, se caracteriza porque junto con la "Troos-sorbita" (troostita-Sorbita), de propiedades semejantes, se tiñe de color negro con el ácido pícrico y de azul oscuro con solución anilica de ácido nítrico; vista con poco aumento aparece formada por Perlita finamente laminada; cuando se obtiene por templado de la Martensita, o sea por calentamiento de 200° a 400°C. se llama "Troostita secundaria" y aparece como una estructura granular, con partículas de carburo finamente divididas. Es algo mas suave y dúctil que la Martensita, pero de gran dureza. Tiene una resistencia de 11,000 Kgs/cm<sup>2</sup> y un alargamiento de solo 4% en 2". Se emplea para partes de herramienta, por su gran dureza. Finalmente, cuando el enfriamiento es lento, por ejemplo al aire o en plomo fundido para aceros bajos, o en aceites para aceros medios, se produce una mezcla finamente dividida de Troostita y Perlita, llamada "Sorbita". Es de color gris plata, brillante, característica por su gran tenacidad, por lo cual se emplea en aceros para rieles, puentes, vigas, etc. y en general para piezas sujetas a choques. Se ataca con ácido pícrico, dando una masa oscura en vetas delgadas, de estructura laminar, también puede obtenerse por calentamiento de la Martensita entre 400 y 600°C., en este caso presenta estructura granular, con gruesas partículas de carburo, tiene una resistencia de 9,000 kgs./cm<sup>2</sup>. Se considera como una Perlita no bien desarrollada, de la cual se distingue por su mayor resistencia y límite elástico con una gran ductilidad, siendo mas dúctil que la Troostita, pero menos que la Perlita, con un alargamiento de 10% en 2".

El endurecimiento producido por enfriamiento rápido (Martensita)

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEÓN  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
1955



aumenta para los aceros de alto carbón y las piezas resultantes quedan en un estado de esfuerzo o tensión que tiende a romperlas, sobre todo aquellas que presentan ángulos agudos. Por esto debe seguirse abajo de la crítica (según la estructura requerida para estabilizar el material. A esta operación se le conoce con el nombre de "Templado". Después del calentamiento las piezas pueden enfriarse rápidamente si la temperatura sigue aumentando, o lentamente cuando se puede evitar su aumento. Calentando hasta 200°C. se conserva la "Martensita" pero a ésta temperatura empieza a transformarse en "Troostita" llegando al máximo a 400°C, se forma luego "Sorbita", la cual existe por encima de los 600°C y finalmente, por encima de la temperatura crítica se formaría "Austensita". La Perlita no puede obtenerse por recalentamiento a temperaturas cercanas al grado crítico (723°C), formándose en su lugar gran cantidad de glóbulos o esferas de cementita, llamándose a esta estructura Cementita Esférica y a la operación "Esferización". El acero producido tiene excelentes propiedades de maquinado. Esta operación se aplica a aceros de alto carbón y a los hierros de fundición, éstos últimos se transforman en Fundición maleable (Maleabilización).

PROPIEDADES DE LOS ACEROS.-

Varían notablemente, no solo con su composición sino con su constitución, según los cambios térmicos o mecánicos experimentados. Respecto a su composición no solo el carbón influye en el cambio de propiedades, sino también la presencia de otras impurezas como Silicio, Azufre, Fósforo, Manganeso, etc. (véase más adelante). En la práctica la mayor parte de los aceros usados en construcción son del tipo Hipoeutectoide, es decir menos de .83% de carbón, calculándose éste por un balance adecuado de las propiedades buscadas. El carbón aumenta la resistencia y la dureza, pero disminuye la ductilidad, su resistencia a la tensión aumenta al máximo cuando se aproxima al Eutectoide, probablemente debido a las características de la Perlita, (el aumento es de unos 70 kgs./cm<sup>2</sup>, por cada aumento de 0.01% de carbón), varía de 3,500 kgs./cm<sup>2</sup> para aceros de bajo carbón (0.09%) a un máximo de 8,500 Kgs./cm<sup>2</sup> para aceros Eutectoides (0.83%, variando su alargamiento desde 30% hasta 15%. La dureza aumenta con la proporción de Cementita, disminuyendo su ductilidad y resistencia al impacto. Una de las principales características de los aceros la constituye sin duda sus propiedades magnéticas. El contenido de carbón debe ser menor de 0.1%, ya que disminuye con el aumento en % de carbón. El silicio aumenta la resistividad, reduciendo las pérdidas de corriente Foucault ó Parásitas, aumenta algo la permeabilidad en campos magnéticos débiles, pero la disminuye en los fuertes. El Manganeso parece que es perjudicial en cantidades mayores de 0.3%. El azufre y Fósforo juntos, en proporción mayor de 0.3%, también son perjudiciales. El magnetismo es afectado también por los cambios de temperatura, de una manera aproximada puede decirse que aumenta hasta los 200°C y disminuye a la temperatura crítica, acentuándose con la proporción de carbón. Respecto a su constitución, sus propiedades varían con la proporción de los constituyentes antes mencionados (Martensita, Troostita, Sorbita, etc.) que a su vez depende de los tratamientos sufridos y de la proporción de carbón. Por ejemplo, en el recodido la dureza Brindell aumenta de 100 para aceros de bajo carbón (0.12) a 217 (0.71). En general la dureza aumenta con la velocidad de enfriamiento y el contenido de carbón. El alargamiento disminuye de 40% a 17%. La resistencia a la tensión varía de 3,600 a 7,800 Kgs./cm<sup>2</sup>. Estas propiedades varían también con la temperatura utilizada. Otro factor

que tiene gran influencia en las propiedades físicas es el tamaño del grano; el acero de grano fino es mas tenaz y ofrece mayor resistencia a la cizalla y menos tendencia a romperse en las esquinas. Se emplea para trabajos de Forjado o estampado. Puede obtenerse sujetando el acero a Normalización. Los aceros de grano grueso producen forjados de mayor resistencia y densidad, por la tendencia a producir metal mas sonoro y de flujo mas uniforme. En aceros de grano medio disminuye la resistencia al impacto.

El tratamiento mecánico (laminado, forjado, troquelado, etc.) puede efectuarse en caliente o en frío, abajo o encima del grado crítico, altera la forma de los agregados cristalinos, produciendo distorsión y aplastamiento del grano en la dirección de la presión y creando esfuerzos internos. El tamaño final del grano depende de las temperaturas inicial y final durante el tratamiento mecánico, y del proceso de enfriamiento seguido; trabajando en caliente se produce un mejoramiento en las propiedades físicas, por verificarse una refinación del grano. Los mejores resultados se obtienen combinando los tratamientos térmicos con los mecánicos, de acuerdo con las condiciones de servicio requeridas.

En el trabajo en frío los efectos producidos en el grano aparecen al final, aumenta la densidad, la dureza, la resistencia a la tensión (20 a 45%) y después de un reposo el límite elástico (15 a 97%), sin embargo disminuyen la ductilidad y la resistencia al impacto o sea su tenacidad, por lo cual solo se emplea para piezas de pequeña área seccional transversal, tales como alambre, tornillos, pernos, pequeños ejes, tubos, etc.

3.- HIERROS DE FUNDICION.

CONSTITUCION.- Las aleaciones de mas de 1.7% de C. tienen una estructura heterogénea después de su solidificación a 1,130°C. Aleaciones conteniendo de 1.7 a 4.3% de carbón (Tipo Y.) se solidifican a lo largo de la línea "AC" en Austensita de 1.7% de C, aumentando el por ciento de carbón en el líquido residual hasta llegar a la temperatura Eutéctica (1,130°C) o sea a 4.3% de C., aquí se solidifica como una mezcla Eutéctica llamada "LEDEBURITA", que consiste en Austensita saturada con Cementita.

Cuando la temperatura baja hasta 723°C, se separa cementita a lo largo de la línea "ES", disminuyendo el contenido de carbón de la solución. A la temperatura del Eutectoide (723°C), la Austensita residual se transforma en Perlita. Abajo del Eutectoide el hierro está formado por una estructura compleja de Cementita y Ferrita, pudiendo tener la Cementita 5 grados de agregación debido a la separación selectiva y la Ferrita 2 (la perlita y la eutéctica). La Ledeburita es una mezcla de carburos de hierro de composiciones comprendidas entre Fe<sub>2</sub>C y Fe<sub>3</sub>C, no se tiñe con ácido pícrico y se presenta en formas blancas amorfas. Es el constituyente principal de los aceros muy carburados que han sido templados.

Las aleaciones de composición mayor de 4.3% (hierro Hipereutéctico) se separan durante la solidificación a lo largo de la línea "DC" en Cementita y un líquido residual que se solidifica en la Eutéctica en Ledeburita, la Austensita de la Ledeburita se transforma en Cementita y Perlita como en la anterior. Abajo del Eutectoide el hierro tiene una estructura compleja de cementita y perlita, la cementita puede tener 4 grados de agregación. La cantidad de carbón que el hierro retiene al solidificarse depende de la composición --



del hierro y la proporción en forma de cementita o de grafito de la presencia de impurezas (véase adelante) y de la velocidad de enfriamiento. El rápido enfriamiento produce cementita, mientras que el enfriamiento lento de carbón libre en forma de grafito, desde luego que para ciertas composiciones no sucede así. Algunas veces se busca el endurecimiento de una parte solamente, lo cual se logra al vaciar piezas moldeadas, poniendo la superficie que se quiere endurecer en contacto directo con hierro recubierto de aceite, para evitar que se pegue, siendo el resto del molde de arena, la parte en contacto con el hierro se enfría rápidamente. Para hierro vaciado se puede disminuir el tamaño del grano fundiéndolo o refinándolo a una alta temperatura (1,500°C) en un horno eléctrico y dejando enfriar lentamente en un molde. El hierro usado debe ser bajo en carbón (2.2 a 3.1%), alto en silicio (1.2 a 2.2%) y con 0.5 a 1.5 de Manganeso, obteniéndose así una matriz perlítica con pequeñas capas finamente divididas de grafito. Cuando se enfría el hierro gris, se precipita grafito de la Eutéctica de Austenita y Cementita y como el grafito ocupa mas espacio, aumenta su volumen, sobre todo en presencia de fósforo a 1,000°C., al caer la temperatura sufre cierta contracción pero luego a 200°C ocurre otra precipitación de grafito, aumentando nuevamente el volumen, sobre todo en presencia de alto Silicio, debido a la transformación de Perlita en Ferrita y grafito. Un efecto semejante se produce al calentar arriba de 500°C piezas ya solidificadas.

**INFLUENCIA DE LAS PRINCIPALES IMPUREZAS. Silicio.-** Forma soluciones sólidas con el hierro, en todas proporciones, probablemente con formación de siliciuro de fierro. Se añade al metal fundido para eliminar el oxígeno y disminuir los poros (en los aceros), pero raramente excede de 0.5% en aceros al carbón y de 0.25% en aceros estructurales. En proporción menor de 1.75% parece aumentar la última fuerza y el límite elástico, sin disminuir la ductilidad, aumentando también la dureza. Tiene una tendencia marcada a evitar la solución del carbón en el hierro, por lo cual es necesario evitar el calentamiento prolongado a elevadas temperaturas. En los hierros de fundición, en proporción de 1 a 3%, disminuye el porcentaje de carbón necesario para saturación, permitiendo que el exceso se separe en forma de grafito, variando las propiedades de acuerdo con la proporción de Silicio y la velocidad de enfriamiento. El grafito separado no se tiñe con ningún reactivo y aparece en las preparaciones en forma de vetas gruesas o manchas irregulares de color negro.

**Azufre.-** Se encuentra en el hierro en forma de sulfuro (FeS) tiene una influencia opuesta mayor que la del Silicio, aumentando la tendencia del carbón a existir en forma combinada, en este sentido puede neutralizar 15 veces su proporción de silicio. Tiene el mismo efecto sobre el acero que sobre el hierro de fundición, aumenta la dureza y la fragilidad, sobre todo a elevadas temperaturas, lo cual puede ser sumamente perjudicial en aceros que se usan en tales condiciones, causando dificultades en el laminado u otras operaciones mecánicas (véase ensayo de materiales) -----Sin embargo, el acero con alto contenido de azufre se corta facilmente en el maquinado, por lo cual se emplea para formas tales como tornillos, pernos, etc. con un contenido mayor de azufre que el permitido en acero estructural (menos de 0.05%). El azufre afecta el comportamiento del hierro en la solidificación y enfriamiento y produce fracturas cuando está en exceso. Para neutralizar sus efectos se puede añadir el doble de manganeso.

**Fósforo.-** Tiende a aumentar la proporción de carbón combina-

do, especialmente cuando el Silicio está en baja proporción; en cambio, cuando su proporción es alta alarga el tiempo de solidificación, permitiendo la precipitación del grafito. Su presencia en elevada proporción vuelve a los aceros frágiles a baja temperatura, por lo cual es indispensable en productos tales como rieles, etc. que se sujetan a cargas de impacto en frío. Para aceros estructurales debe ser menor de 0.5%, sin embargo, tiene un efecto benéfico en aumentar la fluidez, lo cual tiende a facilitar el laminado y a aumentar la exactitud de los vaciados, por lo tanto es útil para vaciados complicados o delgados, en donde un hierro menos fluido no produciría una buena impresión. En estos casos puede elevarse hasta 1-1.5%, mientras que el contenido normal debe ser de 0.5%.

**Manganeso.-** En cantidades mayores que las necesarias para combinarse con el azufre y oxígeno se combina con el carbón formando el compuesto. (Fe, Mn) 3C2 o sea, carburo de manganeso con cementita. Actúa como endurecedor, tiende a disminuir la proporción de C combinado, aumentando su solubilidad en aleaciones de alto carbón e impidiendo la precipitación del grafito. Aumenta la dureza y la fragilidad de los aceros. En hierros de alto carbón aumenta la solubilidad de éste e impide su precipitación en el enfriamiento.

**Otros.-** A menudo contienen los hierros y aceros pequeñas cantidades de óxidos de Hierro y Manganeso y silicatos de hierro y manganeso en suspensión en el metal (inclusiones de escoria), produciendo regiones microscópicas de debilitamiento que causan una concentración de esfuerzo indeseable y que en gran cantidad producen fragilidad.

**PROPIEDADES DE LOS HIERROS DE FUNDICION.**

**GENERALIDADES.-** Cualquier hierro que contenga mas de 1.7% de Carbón, se considera como hierro de Fundición, los de mayor importancia contienen de 2 a 4.5% de C, 0.05 a 1.0% de Mn; 0.1 a 1.0% de P; 0.05 a 0.2% de S y 0.5 a 3.0% de Silicio.

La constitución es mucho mas compleja, debido a la variedad de compuestos que pueden formarse entre los elementos presentes, pero el que regula en mayor extensión las propiedades es el Carbón, el cual según la forma en que se presente divide a los hierros de fundición en tres clases principales ya mencionadas.

**a.- FUNDICION GRIS.-** Contiene usualmente de a.75 a 3.25% de C, una gran proporción en forma de grafito al estado libre, lo que le da fractura gris o negruzca, con puntos brillantes de cristales de hierro y formada por placas irregulares de grafito, generalmente alargadas y curvadas, en matriz de Ferrita o Cementita. Se llama también Hierro Colado o Hierro de segunda Fusión, por obtenerse por refusión del hierro bruto en hornos de Cubilote y vaciado y colado en moldes, generalmente de arena. Se emplea para el moldeo, por su fácil fusión y por expansionarse durante el enfriamiento relleno fácilmente los contornos del molde. Por su tamaño de grano pueden considerarse como de "grano fino", formada por cristales muy pequeños, con escamas de grafito y de "grano grueso", de color oscuro y de cristales grandes. Sus propiedades dependen de la cantidad, composición y estructura de la matriz y del tamaño y forma de las partículas de grafito, pero pueden ser controladas por la composición, la velocidad de enfriamiento y el tratamiento térmico. El control principal es buscar la formación de una matriz como en los aceros, para aumentar su resistencia, que se ve disminuida por la presencia del grafito. Proporcionalmente al aumento del tamaño de sus partícu-

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA "ALFONSO REYES"



Las, las propiedades mecánicas son afectadas por la proporción de grafito y por el tamaño y distribución de las capas. La resistencia a la tensión varía de 1,350 a 3,850 Kgs./cm<sup>2</sup>. Resistencia a la compresión de 4,500 a 11,000 kgs./cm<sup>2</sup>. Resistencia al corte de 1,900 a 4,000 Kgs./cm<sup>2</sup>. Su peso específico disminuye con el contenido de carbón, por la tendencia del grafito y de la cementita de ocupar mayor volumen, varía de 6.8 a 7.2 Kgs./cm<sup>3</sup>. La tenacidad y la resistencia al impacto son mayores en las variedades de grano fino. Presenta una dureza moderada que le permite ser trabajada por herramientas (Pulido, cepillado, fresado, etc.). Su dureza Brinell varía de 150 a 270.

b.- FUNDICION BLANCA.- Contiene prácticamente todo el carbón en forma combinada, como carburo de hierro (Fe<sub>3</sub>C) o Cementita. Se llama así por su fractura metálica característica, por la presencia de Perlita y Cementita. Se produce a baja concentración de silicio y alta velocidad de enfriamiento, tiene un punto de fusión menor que la gris, presenta menor fluidez al estado líquido y se contrae casi dos veces más. Su densidad es mayor, 7.6 Kgs./cm<sup>3</sup>. Tiene poca importancia en Ingeniería por su gran dureza y fragilidad y porque es prácticamente intrabajable, sólo utilizándose como producto intermedio para la obtención de los hierros de fundición Maleable. -- Tiene tres variedades: Una Mate no cristalina, de aspecto poco brillante. La Radiolar, con una serie de rayos centrales y la variedad Especular, cristalina y muy brillante.

c.- FUNDICION ATRUCHADA.- Se llama también Moteada o Matizada, representa un estado intermedio de las variedades anteriores, tanto en su aspecto como en sus propiedades, con el grafito solo parcialmente separado (partes oscuras) y una masa blanquecina de carburo de hierro, dependiendo sus propiedades de la proporción de ésta.

d.- HIERROS DE FUNDICION MALEABLE.- Se fabrican por la Maleabilización del hierro de Fundición Blanca, su composición varía según las propiedades deseadas, de: 2 a 2.5C, 0.6 - 1.2 Si, 0.4-0.6 Mn, menos de 0.2% S y menos de 0.1% de Fósforo. La Maleabilización consiste en un "Recocido" del material apropiadamente empaquetado con un material adecuado. Se calienta por varios días a la temperatura de 850°C por 6 a 7 días en América, pero en Europa se calienta a temperaturas mas altas y por mayor número de días, penetrando mas profundamente la descarburización. La microestructura de esta clase de hierros consiste de una matriz de Ferrita, en la cual las partículas de grafito, mas finas y mas redondeadas se hallan dispersas mas uniformemente que en el hierro gris, llamándosele "Carbón de Temple". Cuando la estructura final consiste esencialmente de Ferrita, se obtienen los hierros de corazón blanco. Se producen en Europa, a una alta temperatura de maleabilización por largo tiempo, con lo cual se descarboniza notablemente el hierro, por oxidación del carbón. Cuando la apariencia de la superficie fracturada es negra, se llaman hierros maleables de centro negro, que son los producidos comúnmente en América, en condiciones no oxidantes, aislando el vaciado con escoria de silicato ferroso.

Los hierros maleables combinan las ventajas de los hierros de fundición con las propiedades de maquinado de los aceros de alto carbón y con las propiedades físicas de los aceros de bajo y medio carbón, a los cuales se asemejan. Se utilizan en la manufactura de artículos o formas demasiado complicadas para un forjado económico, que tengan propiedades de resistencia y tenacidad que no se obtengan con la gris. También para partes de maquinaria, implementos de

agricultura, herramientas, ruedas de ferrocarril, palancas, etc.

## Capítulo VII.

### PIEDRAS DE CONSTRUCCION.

GENERALIDADES.- Se comprende con este nombre todas aquellas rocas que en una u otra forma pueden intervenir directamente en la construcción, ya sea como material ornamental (Granito, Mármol, etc.), para construcción de paredes, puentes edificios o como material para cimientos, pavimentos, etc. o material quebrado para fabricación del Concreto.

COMPOSICION.- Las rocas están formadas por gran número de compuestos, de los cuales algunos son "Esenciales", característicos o primordiales y otros "accesorios" o secundarios o bien se presentan solo como impurezas. Según que contengan uno o varios minerales esenciales pueden llamarse Simples o Compuestas. Aún dentro de un tipo de roca definido, las propiedades dependen de la clase y proporción de dichos constituyentes. Se pueden reconocer éstos algunas veces a simple vista y otras con ayuda de una lente o examinando los cristales individuales o capas delgadas del material al microscopio, a menudo se examinan a la luz polarizada, en la cual presentan colores y aspecto bastante vivos, a menudo característicos. Cada constituyente tiene una serie de propiedades características que pueden servir para su identificación y que comunican en mayor o menor grado a las rocas, de acuerdo con su composición. Cuando el examen óptico no es suficiente, se determinan la dureza, fractura, estructura, color del polvo, etc., desintegrando la roca y separando los constituyentes por medios mecánicos. También puede probarse su comportamiento con determinados reactivos (ácidos, bases, sales, etc.), a la acción del soplete, o a la formación de las perlas de Borax, etc.

PROPIEDADES.- Las propiedades varían según la clase y proporción de los constituyentes que las forman, predominando las de aquellos que existen en mayor cantidad, aunque la presencia de ciertas impurezas, aún en pequeña cantidad puede alterar sus cualidades. Se describirán algunas de las propiedades sobresalientes de los constituyentes y rocas que forman y su influencia en el comportamiento de las mismas.

Dureza.- Se fija por la conocida escala de Moh (Talco, yeso, calcita, fluorita, espatito, ortoclasa, cuarzo, topacio, zafiro o esmeralda y diamante). De los constituyentes comunes, el cuarzo es el de mayor dureza, no es rayado por el acero y en cambio raya al vidrio. El talco y el yeso son los mas blandos, fácilmente rayados por la uña. Los intermedios pueden ser cortados con la navaja, con dificultad progresiva del 3 al 6. La dureza de los constituyentes afecta en las rocas la resistencia a la abrasión, aumentando para las que contienen constituyentes duros en mayor cantidad, por ejemplo en las rocas Graníticas, cuarzosas, etc.

Fractura.- Presentan una fractura definida, que puede indicarse con los términos: Fácil, Distinta ó Indistinta, Perfecta o Imperfecta, o indicando el ángulo de corte o su dirección. Cuando es en forma de láminas, laminar, etc.

Estructura.- Puede servir para clasificar las rocas, se pueden considerar: Compacta, de partículas muy finas, bastante juntas. Sacaroida, de cristales pequeños como los de azúcar. Esquistosa, con hendiduras en la misma dirección, a veces poco notadas, Gránulosa, de granos mas o menos grandes. Fibrosa o en forma de fibras. Escamosa



Las, las propiedades mecánicas son afectadas por la proporción de grafito y por el tamaño y distribución de las capas. La resistencia a la tensión varía de 1,350 a 3,850 Kgs./cm<sup>2</sup>. Resistencia a la compresión de 4,500 a 11,000 kgs./cm<sup>2</sup>. Resistencia al corte de 1,900 a 4,000 Kgs./cm<sup>2</sup>. Su peso específico disminuye con el contenido de carbón, por la tendencia del grafito y de la cementita de ocupar mayor volumen, varía de 6.8 a 7.2 Kgs./cm<sup>3</sup>. La tenacidad y la resistencia al impacto son mayores en las variedades de grano fino. Presenta una dureza moderada que le permite ser trabajada por herramientas (Pulido, cepillado, fresado, etc.). Su dureza Brinell varía de 150 a 270.

b.- FUNDICION BLANCA.- Contiene prácticamente todo el carbón en forma combinada, como carburo de hierro (Fe<sub>3</sub>C) o Cementita. Se llama así por su fractura metálica característica, por la presencia de Perlita y Cementita. Se produce a baja concentración de silicio y alta velocidad de enfriamiento, tiene un punto de fusión menor que la gris, presenta menor fluidez al estado líquido y se contrae casi dos veces más. Su densidad es mayor, 7.6 Kgs./cm<sup>3</sup>. Tiene poca importancia en Ingeniería por su gran dureza y fragilidad y porque es prácticamente intrabajable, sólo utilizándose como producto intermedio para la obtención de los hierros de fundición Maleable. -- Tiene tres variedades: Una Mate no cristalina, de aspecto poco brillante. La Radiolar, con una serie de rayos centrales y la variedad Especular, cristalina y muy brillante.

c.- FUNDICION ATRUCHADA.- Se llama también Moteada o Matizada, representa un estado intermedio de las variedades anteriores, tanto en su aspecto como en sus propiedades, con el grafito solo parcialmente separado (partes oscuras) y una masa blanquecina de carburo de hierro, dependiendo sus propiedades de la proporción de ésta.

d.- HIERROS DE FUNDICION MALEABLE.- Se fabrican por la Maleabilización del hierro de Fundición Blanca, su composición varía según las propiedades deseadas, de: 2 a 2.5C, 0.6 - 1.2 Si, 0.4-0.6 Mn, menos de 0.2% S y menos de 0.1% de Fósforo. La Maleabilización consiste en un "Recocido" del material apropiadamente empaquetado con un material adecuado. Se calienta por varios días a la temperatura de 850°C por 6 a 7 días en América, pero en Europa se calienta a temperaturas más altas y por mayor número de días, penetrando más profundamente la descarburización. La microestructura de esta clase de hierros consiste de una matriz de Ferrita, en la cual las partículas de grafito, más finas y más redondeadas se hallan dispersas más uniformemente que en el hierro gris, llamándosele "Carbón de Temple". Cuando la estructura final consiste esencialmente de Ferrita, se obtienen los hierros de corazón blanco. Se producen en Europa, a una alta temperatura de maleabilización por largo tiempo, con lo cual se descarboniza notablemente el hierro, por oxidación del carbón. Cuando la apariencia de la superficie fracturada es negra, se llaman hierros maleables de centro negro, que son los producidos comúnmente en América, en condiciones no oxidantes, aislando el vaciado con escoria de silicato ferroso.

Los hierros maleables combinan las ventajas de los hierros de fundición con las propiedades de maquinado de los aceros de alto carbón y con las propiedades físicas de los aceros de bajo y medio carbón, a los cuales se asemejan. Se utilizan en la manufactura de artículos o formas demasiado complicadas para un forjado económico, que tengan propiedades de resistencia y tenacidad que no se obtengan con la gris. También para partes de maquinaria, implementos de

agricultura, herramientas, ruedas de ferrocarril, palancas, etc.

## Capítulo VII.

### PIEDRAS DE CONSTRUCCION.

GENERALIDADES.- Se comprende con este nombre todas aquellas rocas que en una u otra forma pueden intervenir directamente en la construcción, ya sea como material ornamental (Granito, Mármol, etc.), para construcción de paredes, puentes edificios o como material para cimientos, pavimentos, etc. o material quebrado para fabricación del Concreto.

COMPOSICION.- Las rocas están formadas por gran número de compuestos, de los cuales algunos son "Esenciales", característicos o primordiales y otros "accesorios" o secundarios o bien se presentan solo como impurezas. Según que contengan uno o varios minerales esenciales pueden llamarse Simples o Compuestas. Aún dentro de un tipo de roca definido, las propiedades dependen de la clase y proporción de dichos constituyentes. Se pueden reconocer éstos algunas veces a simple vista y otras con ayuda de una lente o examinando los cristales individuales o capas delgadas del material al microscopio, a menudo se examinan a la luz polarizada, en la cual presentan colores y aspecto bastante vivos, a menudo característicos. Cada constituyente tiene una serie de propiedades características que pueden servir para su identificación y que comunican en mayor o menor grado a las rocas, de acuerdo con su composición. Cuando el examen óptico no es suficiente, se determinan la dureza, fractura, estructura, color del polvo, etc., desintegrando la roca y separando los constituyentes por medios mecánicos. También puede probarse su comportamiento con determinados reactivos (ácidos, bases, sales, etc.), a la acción del soplete, o a la formación de las perlas de Bórax, etc.

PROPIEDADES.- Las propiedades varían según la clase y proporción de los constituyentes que las forman, predominando las de aquellos que existen en mayor cantidad, aunque la presencia de ciertas impurezas, aún en pequeña cantidad puede alterar sus cualidades. Se describirán algunas de las propiedades sobresalientes de los constituyentes y rocas que forman y su influencia en el comportamiento de las mismas.

Dureza.- Se fija por la conocida escala de Moh (Talco, yeso, calcita, fluorita, espatito, ortoclasa, cuarzo, topacio, zafiro o esmeralda y diamante). De los constituyentes comunes, el cuarzo es el de mayor dureza, no es rayado por el acero y en cambio raya al vidrio. El talco y el Yeso son los más blandos, fácilmente rayados por la uña. Los intermedios pueden ser cortados con la navaja, con dificultad progresiva del 3 al 6. La dureza de los constituyentes afecta en las rocas la resistencia a la abrasión, aumentando para las que contienen constituyentes duros en mayor cantidad, por ejemplo en las rocas Graníticas, cuarzosas, etc.

Fractura.- Presentan una fractura definida, que puede indicarse con los términos: Fácil, Distinta o Indistinta, Perfecta o Imperfecta, o indicando el ángulo de corte o su dirección. Cuando es en forma de láminas, laminar, etc.

Estructura.- Puede servir para clasificar las rocas, se pueden considerar: Compacta, de partículas muy finas, bastante juntas. Sacaroide, de cristales pequeños como los de azúcar. Esquistosa, con hendiduras en la misma dirección, a veces poco notadas, Gránulosa, de granos más o menos grandes. Fibrosa o en forma de fibras. Escamosa



en forma de escamas. Hojosa o foliácea, de hojas mas o menos delgadas, Tabular cuando son gruesas. Vitrea cuando se asemeja al cristal. Estratificada, formada por capas o estratos de composición diversa. La estructura tiene gran importancia en la resistencia de las rocas a los agentes físicos exteriores o Durabilidad; así, las rocas estratificadas deben de colocarse a lo largo de los estratos, las pizarras, micas, etc. de estructura hojosa, son facilmente separables, por lo cual son poco resistentes, en cambio las Compactas o las de grano fino resisten muy bien, aún a la destrucción por el fuego.

Color.- Sirve a veces para reconocer un constituyente o roca determinada, pero a menudo se ve alterado por la presencia de impurezas coloreadas y por su composición química. A veces es mas representativo el color del mineral pulverizado.

Lustre.- Puede ser Vitreo o Vidrioso, Grasoso, Perlítico, Resinoso, Sedoso, Metálico, etc., según su apariencia a la luz reflejada.

Cristalinidad.- No es condición normal en todos los constituyentes pero cuando existe puede servir para la identificación.

Densidad.- En los constituyentes se considera el Peso específico ( P.e ), en las rocas varía con la Porosidad, de tal manera que en la práctica se expresa mejor la densidad aparente ( D.a ). Las rocas densas sufren menos ataque que las porosas (congelación, fuego, etc.). Las demasiado porosas no deben ser colocadas húmedas en la obra.

Absorción.- Depende de la porosidad y es importante en el ataque de las rocas, sin embargo, si los poros son grandes y rectos, la roca es menos afectada por la congelación, que si son chicos y tortuosos, aún cuando su absorción sea la misma.

Resistencia al calentamiento y al fuego.- Al calentarse una roca, sus diferentes constituyentes se dilatan de un grado diverso, provocando esfuerzos internos que las debilitan paulatinamente (Pag. 79). Si el calentamiento continúa pierden su agua de adsorción (secado) y mas tarde la de combinación y cristalización, deteriorandose algunas, finalmente se descomponen los carbonatos, a temperaturas mayores de 650°C, desintegramos las calizas, dolomitas, etc. Las areniscas y granitos densos sufren menos la acción del calor, pero aunque tardan en desintegrarse se rompen facilmente. En general las rocas de construcción no soportan temperaturas mayores de 850°C.

Durabilidad.- Indica la resistencia a los agentes exteriores (véase productos de desintegración), depende de la composición, porosidad, densidad, etc. ya mencionadas y además del método de extracción, corte, acabado, etc. Por ejemplo, las obtenidas con cargas fuertes de dinamita resultan mas afectadas y por lo tanto menos resistentes, así mismo las acabadas por labrado a golpes son menos resistentes que las aserradas. También las pulidas son menos atacables que las rugosas. Para aumentar la durabilidad es conveniente recubrirlas de una capa protectora ( Pág. ) tal como cera o parafina disueltas o fundidas, aceite de linaza, creosota (evita desarrollo de los hongos), etc.

CONSTITUYENTES MINERALES MAS COMUNES.

GENERALIDADES.- Las rocas se encuentran formadas por dos tipos de minerales: 1.- Los originalmente formados o primarios, los cuales

son esencialmente silicatos complejos de aluminio, hierro, calcio, magnesio, potasio y sodio, distribuidos según Clarke en la siguiente forma: Feldespatos 57.8%, Cuarzo 12.7, Mica 3.6. 2o.-Minerales Ferromagnesianos (Hornblenda, Olivino, etc.).- Minerales formados por destrucción de los anteriores y que se llaman por esto secundarios.

CUARZO.- Anhidrido Silícico (SiO2) ó cristal de roca. No tiene fractura, es incoloro, blanco o gris y aún negro. Su polvo es blanco, lustre vidrioso, insoluble en ácido clorhídrico. Dureza 7, P. -2.6. Se halla en grandes masas o vetas y en fragmentos de todos tamaños en rocas de tipo ígneo (Pág. 71.) y en las areniscas. La sílice se encuentra algo en el agua como resultado de la descomposición de los feldespatos. Amorfa (pedernal) se halla en algunas rocas facilmente triturables, de color negro translúcido o amarillo castaño cuando se han erosionado.

FELDESPATOS.- Son grupos de silicatos dobles de aluminio y potasio (Ortoclasa (KAlSi3O8), de sodio (Oligoclasa, Albita,) o de calcio (Anortita, Labradorita), Dureza 6, P.e, 2.62 á 2.75. Polvo blanco, lustre vidrioso a perlítico, varían en color, de rosa débil a rosa profundo (Ortoclasa), o de blanco a gris (Plagioclasa). Son menos durables que el cuarzo. La ortoclasa predomina en las rocas ígneas ácidas, en las intermedias los sódico-potásicos y sodico-cálcicos y en las básicas la Anortita. Sufren la Caolinización (Pág. 80).

FELDESPAROIDES.- Silicatos aluminicos con sodio, potasio o calcio o 2 á 3 de éstos. Atacables por el ácido clorhídrico en frío, lo que los distingue de los anteriores, entre ellos se encuentran:- Nefelina, Leucita y Sodalita.

MICAS.- Silicatos dobles de aluminio y potasio (H2KAl3(SiO4) (Moscovita), o con fierro ferroso, potasio y magnesio (HK2(MgFe)2. (AlFe)2(SiO4)3) (Biotita). Dureza 2 á 3, P.e, 2.7 á 3.2. Estructura foliácea, lustre vitreo a perlítico, polvo incoloro o gris. La Moscovita es clara, a menudo gris, amarillenta, verdosa o rosada. La biotita varía de color café a negro o verde oscuro. No resisten bien las condiciones atmosféricas, al erosionarse se dividen en pequeñas laminillas que resisten fuertemente los cambios químicos, por lo cual se hallan como constituyentes de las arenas y areniscas. A veces se hallan en forma hidratada (Illita) como constituyentes de las arcillas. Una variedad de mica con litio en lugar de magnesio se llama Lepidolita.

MINERALES FERROMAGNESIANOS.- Son silicatos complejos de hierro y manganeso, los más comunes son:

1.- Anfiboles.- El principal es la hornblenda, con calcio y aluminio. Dureza, 5.6, P.e, 2.9 á 3.6, fractura perfecta en dos planos separados 124°. Lustre vitreo, polvo incoloro. gris o café. La Hornblenda varía de verde oscuro á negro. Otros anfíboles son: La Tremolita, silicato doble de Magnesio y Calcio (poco fierro), de color blanco a gris y el Actinoto, semejante al anterior, pero con mayor contenido de óxido ferroso.

2.- Piroxenos. Silicatos de calcio y magnesio, mezclados con alúmina (Ca (FeMg) Si2 O6) con poco fierro (Diópsida) y aluminio, con mayor proporción (Diáloga); con gran contenido (Augita).

3.- Olivinos.- ( 2 MgO . SiO2), Silicatos de Magnesio en los cuales éste puede estar parcial o totalmente sustituido por el fierro. P.e. 3.3. Fractura concoida, color que varía del verde al pardo.

4.- Cloritas.- Silicatos hidratados de aluminio y magnesio, a menudo ferríferos (Penina, Mg7Al2Si4P18.5H2O), a veces con algo de

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO P.  
1959



cromo (Clinocloro). Minerale blandos y ligeros. P.e, 2.7 á 3.0, de textura escamosa, a menudo verdosos.

5.- Talco.- Silicato hidratado de magnesio, con algo de hierro y aluminio (3MgO . 4 SiO2. H2O ) semejante al anterior, muy blando, presenta una variedad compacta llamada Lardita.

6.- Glauconita.- Silicato hidratado de aluminio, hierro y potasio, con algo de calcio y magnesio. Forma granos verde oscuro o claro verdoso en las areniscas verdes, se erosina dando oxígeno hidratado de hierro.

CALCITA.---- Carbonato de calcio (Ca CO3 ) casi puro, soluble en ácidos diluidos con desprendimiento de CO2 (efervesce ) y por lo tanto parcialmente atacable por los agentes atmosféricos y por el agua con CO2. Cristalizado es incoloro o blanco, P.e, 2.72, fractura en 3 direcciones. Lustre entre vítreo y nacarado, dureza 3.

DOLOMITA.---- Carbonato doble de calcio y magnesio, semejante a la anterior, pero menos soluble y por lo tanto mas resistente, P.e. 2.9, color blanco o rosado en cristales opacos y a veces manchados. Dureza 2.5 a 4.

APATITO.---- Fosfato cálcico cristalino, generalmente con Fluor, a veces cloro o yodo ( Ca10 X2 ( PO4 )6 ) , incoloro, pero puede ser verde, amarillo ó azul. Se halla en muchas rocas eruptivas, basaltos y lavas.

YESO.----- Sulfato cálcico hidratado (CaSO4. 2H2O), de apariencia variable (cristalino, hojoso ó fibroso), transparente, claro o incoloro, muy blando, se encuentra en forma de yeso espático (cristalino ), alabastro, (finamente cristalino), y como yeso a morfo.

COMPUESTOS DE FIERRO.- Son los diferentes óxidos de hierro (Pág. 43. ) y las piritas, las cuales le dan el color característico a muchas de ellas. La Pirita (FeS2) o sulfuro de hierro, se halla en pequeños cristales cúbicos de color amarillo latón, sobre todo en las rocas arcillosas, con un intenso brillo metálico.- A veces en forma de masa fibrosa (marcasita). Son facilmente oxidables, por lo cual son constituyentes muy perjudiciales al estado de fina división, le dan color verde a ciertas arcillas.

#### CLASIFICACION DE LAS ROCAS.

Según su origen geológico se dividen en: A.- ROCAS IGNEAS B.- ROCAS SEDIMENTARIAS y C.- ROCAS METAMORFICAS. Según el carácter estructural de las grandes masas en: Estratificadas y No Estratificadas. Respecto a su composición química ya se dijo pueden dividirse en Simples y Compuestas. También hay que considerar los productos de disgregación de las rocas que algunos llaman Rocas clásticas disgregadas y que cuando forman rocas compactas se les llama Rocas aglomeradas.

#### A.- ROCAS IGNEAS.-

GENERALIDADES.- Se llama así a las rocas formadas por el enfriamiento y la solidificación de materiales fundidos o semifundidos, ya sea en el interior de la tierra, en cuyo caso se llaman Plutónicas ( De Plutón, Dios del Fuego ) o también rocas Intrusivas o en el exterior, constituyendo las rocas Eruptivas, volcánicas o extrusivas, algunos incluyen las Filonianas o rocas formadas en filones o diques. En una u otra forma representan rocas complejas, por la gran diversidad de materiales que forman el Magma, y la forma como se ha producido la solidificación. Respecto a los Materiales, es-

tán formadas principalmente por silicatos complejos, conteniendo de un 36 a 80 % de Sílice y alúmina como 2o. componente; si predomina sílice se llaman Ácidas y si es baja Básicas. Durante la solidificación del Magma se efectúan una serie de cambios físicos y químicos que dependen de la presión, temperatura, velocidad de solidificación y de su carácter ácido o básico, dando origen a gran número de rocas a partir de un mismo magma, las cuales pueden agruparse en tres tipos: Cristalinas, Hipocristalinas ( algo de masa amorfa ) y Vítreas ( amorfas, apariencia de vidrio ). Las rocas ígneas se hallan en lugares en donde se presentan plegamientos o fracturas. Las plutónicas forman masas cónicas, abovedadas é irregulares, con numerosas salientes, variando su tamaño desde el de pequeños lacolitos ( Lagos de piedra ), hasta el de grandes macizos llamados Batolitos. Las volcánicas se hallan en grandes montes ( lava ) cubriendo las formaciones sedimentarias anteriores a la erupción ( Basaltos ) o en forma de cúpulas o agujas ( rocas ácidas ).

ESTRUCTURA.- Ya hemos visto como varía la solidificación y por consiguiente la estructura de las rocas, pudiendo considerarse dos tipos principales. Granitoidea, de cristales irregulares, principalmente característica de la solidificación no interrumpida a gran profundidad, Porfidoide o porfídica, de cristales gruesos semejantes ( fenocristales ) empastados por una masa compacta cristalina ( holocristalina ) o vítreas ( vitrofídica ) o de ambas ( Hipo -- cristalinas ), característica de rocas solidificadas por partes con un período intermedio de reposo. Estas últimas en las rocas volcánicas pueden ser: Traquíticas, formadas por cristales de feldespato en pasta microlítica de los mismos, mica, anfíbolo o piroxeno ( traquitas y andesitas ), Felsítica, pequeños cristales individuales en una masa amorfa, Perlítica, rocas vítreas formadas por pequeñas esferitas ( perlititas ), Cristalínicas, rocas vítreas con pequeños -- cristallitos ( Obsidiana ).

Otras estructuras son: La Pegmatítica con un mineral base ( feldespato ), en el que se encuentran como incrustados fragmentos de los demás ( cuarzo ) en formas ramificadas o dibujos caprichosos. La Aplítica, semejante a la granítica y la Ofítica, formada por el cruzamiento de cristales alargados de feldespato con espacios rellenos por otro mineral ( augita o diálaga ). Por último puede considerarse la estructura compacta o porosa.

#### 1.- ROCAS PLUTONICAS O INTRUSIVAS.

##### PRINCIPALES TIPOS:

GRANITOS.- Rocas cristalinas, variando de granos finos a gruesos, formadas principalmente por Feldespatos ( Ortoclasa y plagioclasa ), cuarzo y mica ( Biotita ), como elementos esenciales. Algunas contienen moscovita o mica blanca ( granulita ), hornblenda, piroxeno, etc., denominándose con el nombre del mineral que los acompaña p. ej. Granito hornbléndico. Se presentan en grandes masas ( Batolitos ), sumamente repartidas, aunque poco frecuentes en nuestro país, facilitándose su extracción por la existencia de planos de debilitamiento ( verticales ú horizontales ), a veces se presentan en bloques aislados. El granito forma rocas compactas, con porosidad menor de 1%, difíciles de trabajar, por su gran dureza y tenacidad, propiedades que por otra parte son muy apreciadas, porque le dan resistencia a la abrasión. Resisten alrededor de 1,500 Kgs./cm2, su densidad aproximada es 2.66 y su % de absorción de 0.6. Es susceptible de adquirir pulimento, de gran duración, no es particularmente resistente al fuego y al agua aunque mantiene su forma después de quemado, sin desmoronarse. Su color varía del gris al rojo, pudien-



do ser verde, negro o amarillo (raras veces), es común en ellos - la presencia de manchas redondeadas de color oscuro (Biotita ó anfíbole) llamadas "gabarras". En nuestro país se encuentra en los estados de la costa del Pacífico (Guerrero, Colima, Sonora, Baja California) en Michoacán, Oaxaca, etc. Se emplea como material de ornamentación para monumentos, escalinatas, columnas, puentes, etc., según su color y estructura o bien como material de relleno para cimientos o en empedrado y construcción de caminos carreteros.

**SIENITAS.**- Rocas granitoides sin cuarzo, el cual se ha sustituido por un silicato ferromagnésico (Hornblenda ó Augita); si aumenta la escasa proporción de cuarzo que tiene, se acerca a los granitos y si aumenta la proporción de plagioclasa y disminuye la Ortosa, a las Dioritas. Son de color verde oscuro, gris negruzco o rojo agrisado, su estructura es granosa, a veces de grano tan fino que parecen compactas, mas blandas que el granito, pero mas tenaces, resistiendo bien los agentes atmosféricos, adquieren mas pulimento y son poco abundantes, hallándose junto con el granito. En México son casi desconocidas. Se emplean como material de ornamentación por su bello pulimento y por el contraste entre el color rojo, rosado ó amarillento de los feldespatos y el verde oscuro del anfíbole. En Nuevo León, existe Sienita en el Cerro del Pañuelo (Mulleried).

**DIORITAS.**- Como ya se dijo son rocas granitoides formadas por plagioclasa (claro) y hornblenda (verde oscuro), pueden tener Biotita, Augita y a veces cuarzo, contienen por lo tanto minerales oscuros, casi en la misma proporción, su color es gris oscuro a gris negruzco, expuestas a la intemperie toman tinte verdusco. Su densidad promedio es 2.75, con un % de porosidad de a.8 y de absorción de 1.2, mayor que en el granito, su resistencia a la compresión es 1,750 Kgs./cm<sup>2</sup>. Acompañan a las Sienitas y tienen idénticas aplicaciones, sobre todo en pavimentación y como material de ornamentación. En México existen Dioritas piroxénicas, en Coahuila hay cuarcíferas, en Chihuahua, en Nuevo León, San Luis, Guerrero, Chiapas y muchos otros estados, pueden presentar estructura porfídica holocristalina, con grandes cristales de feldespato, llamándoseles Pórfidos, Granitoides, Sieníticos o Dioríticos, a veces presentan estructuras aplítica ó pegmática, casi siempre juntos en venas en los macizos graníticos.

**GABROS.**- Formados por feldespatos cálcicos (labrador o Anortita) y diálaga (piroxeno, o gris verdoso) pudiendo tener algunas variedades hornblenda, piroxenos rómbicos y olivino, es muy frecuente la sustitución de la Diálaga por otra variedad de color verde llamada Esmeragdita. Son rocas duras, de grano grueso, de estructura compacta y manchas blancas y verdes, generalmente de color verde oscuro, usadas en decoración o construcción general. Tienen densidad mayor que el granito ( 2.83) y también mayor porosidad ( 26 % ), y absorción ( 1,1% ), con una resistencia semejante. En la naturaleza se hallan en diques, en filones o en grandes masas. En nuestro país existen en Jalisco (verde oscuro). En Colima (Augítico), Guanajuato, Oaxaca, Nayarit, Baja California y Chiapas.

**2.-ROCAS VOLCANICAS O EXTRUSIVAS.-**

Las series fundamentales son: Riolitas, Traquitas, Andesitas y Basaltos, que corresponden por orden a las plutónicas anteriores o sean Granitos, Sienitas, Dioritas y Gabros.

**RIOLITAS.**- Rocas completamente amorfas, con fenocristales de cuarzo, a veces de Biotita, Hornblenda o Augita. Pueden ser com-

compactas o esponjosas. Corresponden en composición al granito, al cual se asemejan en sus propiedades mecánicas. Los Magmas Rioliticos a menudo se verifican al solidificarse, formando rocas vítreas llamadas por esto " Vidrios Volcánicos " los cuales pueden ser anhidros ó hidratados, comprendiendo en cada caso una variedad compacta y una porosa (1os) y perlítica ( 2os ), los cuatro tipos son:

**Obsidiana.**- Vidrio negro, pardo oscuro o gris gris brillante, de fractura concoidea y bordes cortantes, empleados antiguamente en nuestro país para la punta de las flechas y objetos de adorno.

**Piedra Pómez.**- Se llama también pumita, es espumosa, blanca, gris o amarillenta, de brillo sedoso recién cortada y formada por agujas y fibras entrecortadas, presenta estructura celular, a menudo con grandes cavernas, lo cual le da gran porosidad y poca densidad, por lo que se emplea mucho mas material ligero ( Flota en el agua ), también se emplea para esmerilar y como aislante térmico (Cap. XVI.) en la industria para usos diversos. En México se halla en Coahuila ( Parras ), Colima, Hidalgo, Puebla, Nayarit, etc.

**Retinita.**- Se llama también piedra pez (pechstein), es una traquita sin cuarzo, muy verificada, de color verde oscuro, pardo o amarillento, de aspecto y brillo de pez, abunda en México.

**Perlita.**- Vidrio pardo o gris azulado, con esferitas (perlitas).

**PORFIDO CUARCIFERO.** Rocas de grano finísimo o de vidrio mas o menos desvitrificado ( Felsita ), con fenocristales de feldespato, cuarzo y biotita, llamadas Felsitas cuando tienen poco cuarzo.

**TRAQUITAS.**- Rocas de estructura sacaroide o porfidoide con fenocristales de Sanidina, plagioclasa, biotita, anfíbole o piroxenos sobre pasta microlítica de los mismos, algunas contienen compuestos ferromagnéticos en abundancia y otras apatito y magnetita. Son de color gris, amarillento, rojizo ó verdoso, ásperas al tacto, pero blandas, yacen en diques, cúpulas o tapones de poca extensión. Las traquitas se adhieren bien a los morteros, por lo cual pueden usarse en construcción general o para pavimentos. En México la variedad principal es la "CHILUCA", piedra muy dura y difícil de labrar, de color gris.

**ANDESITAS.**- Rocas compactas o algo porosas, frecuentemente granitoides, formadas por feldespato vítreo ( Andesina ) o microlítico, con fenocristales de plagioclasa, anfíbole o piroxeno, cuando son ricas en cuarzo se llaman Dacitas y son de color pardo, gris o casi negro. Las andesitas pueden ser también claras (micáceas), oscuras ( anfibólicas ), o casi negras ( Piroxénicas ). Corresponden a las Dioritas, a las cuales se parecen en propiedades.

**FENOLITAS.**- Rocas compactas, parecidas al Basalto, consideradas como Sienitas o Traquitas, con Nefelina o Leucita (feldespatoides). Son de color verdoso, gris o pardo, se caracterizan por el sonido que producen al ser golpeadas, por lo que en algunas partes se les llama "piedras sonoras" o "piedras de campana", se separan facilmente en lajas o losas. Son resistentes a los agentes atmosféricos.

**DIABASAS.**- Rocas de composición semejante a los Gabros, de color verde o pardo oscuro, grano fino o grueso y estructura granosa o microlítica. Se presentan variedades verdes con manchas blancas. El color verde se debe al Olivino o a las Cloritas. Se parecen mucho a los Gabros, con la diferencia que contienen una forma foliada de piroxeno.



**BASALTOS.**- Rocas formadas por Augita y Plagioclasa principalmente, junto con Olivino y minerales de hierro, de color gris obscuro, casi siempre negro. Son rocas básicas de grano fino, pero imperfectamente cristalizadas, son compactas y densas (2.8 - 3.3) y de elevada dureza. Sus propiedades físicas y mecánicas son semejantes a los gabros, a los cuales corresponden en composición. Se hallan en grandes masas o en columnas que presentan apariencia escalonada. Junto con las Diabasas y algunos Gabros o Dioritas de grano fino, se les llama en conjunto Trap-Rocks o sean rocas atrapadas o Trapas, a los de estructura granosa se les llama Doleritas. Cuando la Plagioclasa se ha sustituido por Nefelina o Leucita se llaman Basaltos Nefelínicos o Leucíticos. Debido a su corte irregular y fragilidad no se emplean mucho para construcción, se usan para pavimentos, a gregados de Concreto, consolidación de taludes, etc. En nuestro país abundan en las regiones volcánicas, sobre todo en el Pedregal de San Angel y en la región del Parícutín, siendo principalmente Basaltos Olivínicos. Una variedad muy usada es la piedra llamada "Tezontle", de color rojo obscuro, con numerosos huecos y bolitas, debido al desprendimiento de los gases, lo cual lo hace poroso y ligero. En las canteras de San Angel hay una variedad parecida, le llaman " Piedra China ", pero es de color gris y a la compacta le llaman " Piedra Braza ". La forma Triturada le llaman "Teyolote".

**LAVAS.**- Rocas eruptivas formadas por solidificación de las masas fundidas arrojadas por los volcanes, según su solidificación pueden ser compactas o porosas, casi siempre de este último tipo y según su composición química pueden ser: Basálticas, de color gris azulado, Traquíticas, etc. Su color varía según sus componentes y la temperatura alcanzada. Se emplean mucho como materiales de construcción, para cimientos, etc.

**B.- ROCAS SEDIMENTARIAS.**

**GENERALIDADES.**- Rocas formadas por la consolidación de sedimentos, o sean restos de rocas preexistentes arrancadas por los agentes exteriores y depositadas en diversos lugares, casi siempre en capas superpuestas llamadas " Estratos ", consolidados mas tarde por la influencia de la presión y temperatura, dando grandes masas de rocas Estratificadas o no, llamadas "Rocas clásicas aglomeradas".

**DIVISION.**- Según su origen y composición se dividen en: Eólicas ( Transportadas por el viento ), Detríticas ( De Residuos diversos o " Detritus " ), Orgánicas, (Depósitos orgánicos ), Carbones ( No interesan ). Las Detríticas se dividen en Areniscas, conglomerados, margas, etc. Las orgánicas en Coralígenas, Mmúlíticas y Cretas ( Pequeñas conchas de protozoarios ).

**ARENISCAS.**- Se les llama también " Psamitas ", están formadas principalmente, por granos de arena y cuarzo unidos a presión con algún material cementante, variando sus propiedades con el carácter y cantidad de éste y con el tamaño de los granos. Las de grano fino presentan generalmente mayor compacidad y densidad y menos porosidad y absorción, pero siendo éstas últimas mayores que para otras rocas, alrededor de 10.4 y 4.8 respectivamente. Su densidad varía alrededor de 2.6 y su resistencia es muy baja, de 1,000 a 1,200 Kgs./cm<sup>2</sup>. Según el material cementante pueden ser: Cuarcitas (silíceas), areniscas arcillosas ( arcilla ), Areniscas ferruginosas ( óxidos de hierro ), Areniscas calizas ( calcáreo ), Margas ( arcillo-calcáreo ). Su color varía de acuerdo con los materiales presentes, influyendo sobre todo los compuestos de fierro, que pueden colorear de café obscuro (óxidos), amarillo (Limonitas) o tinta azulado o verdoso (Piritas).

Las Silicosas o cuarzosas son de color blanco o gris, muy duras y resistentes, se emplean para lozas y como piedras de afilar, son generalmente compactas, de baja porosidad y absorción y mayor resistencia y dureza que las otras. Las calcáreas se reconocen por su efervescencia con los ácidos, son de color amarillento o gris verdoso, a veces blanco o rojizo. Las arcillosas se reconocen por el olor de la arcilla cuando se mojan, su color varía según las impurezas, a veces lo tienen verde, debido a la presencia de gránulos de Glauconita.

Las areniscas duras y resistentes constituyen un excelente material de construcción en trabajos de ornamentación para Cátedras, etc. sobre todo las cuarcíferas, usándose muchas veces con el nombre de " piedra de Cantera " y dándoles el nombre del lugar de donde provienen ( San Luis, Durango, etc. ), Las arcillosas suelen usarse para la construcción en forma de " Sillares " ( Nuevo León, Coahuila, etc.).

**CONGLOMERADOS.**- Se consideran como rocas Psefiticas, están formados por la unión de cantos rodados, grava, fragmentos de rocas, etc., con un material cementante. Si los fragmentos son redondeados se llaman " Pudingas " y si son angulosos " Brechas ". El material cementante varía como en las areniscas, pudiendo ser por lo tanto: Arcillosas, calcáreas, silíceas, etc. Si los fragmentos pertenecen a un tipo definido de roca adquieren el nombre de ésta, llamándoseles Pudingas o Brechas Graníticas, Basálticas, Pumíticas, etc. Los conglomerados compactos se emplean en la construcción y algunos en ornamentación, sobre todo los de color agradable, susceptibles de pulimento.

**CALIZAS.**- Son rocas estratificadas cuya característica es estar formadas en su mayor parte por carbonato de calcio. Se supone que provienen de los depósitos de los residuos de organismo animales del mar, los cuales fueron cementados con carbonato de calcio depositado por precipitación. Son compactas, poco duras, bastante tenaces. Contienen cantidades variables de otros compuestos como, óxidos de hierro, carbonato de magnesio, etc. Si éste se encuentra en proporción mas o menos igual a la del carbonato de calcio, las rocas se conocen con el nombre de " Dolomitas ", tienen propiedades semejantes a las Calizas. El color de las Calizas es muy variable, pudiendo ser desde blanco grisáceo hasta negro, según las impurezas. Las mas corrientes son las pardas, las grises y las negras. Su estructura es compacta, son fáciles de trabajar y resistentes. Se atan facilmente por el ácido clorhídrico y otros ácidos y agentes atmosféricos. Su gravedad específica es alrededor de 2.6, tienen baja absorción ( 0.2 % ) y porosidad ( 0.5 % ) y gran resistencia a la compresión, 2,500 Kgs./cm<sup>2</sup>. Su variedad cristalizada ( Calcita ) se presenta en forma de romboedros blancos transparentes u opacos de aspecto espático. Cuando es transparente se le llama " Espato de Islandia ". Tienen una variedad microcristalina metamórfica que es el Mármol.

Se utilizan como piedras de construcción en algunos lugares, pero su aplicación principal es para la fabricación de cemento, cal, etc. Son sumamente abundantes, en Nuevo León sobre todo constituyen el material clásico de construcción, ya sea en forma de bloques o como piedra triturada de diversos tamaños, empleada para cimientos pavimentos, concreto, etc.

**TOBAS VOLCANICAS.**-Son rocas de origen volcánico sedimentario, formadas de componentes (cenizas volcánicas) muy diversos, cementados con caliza, arcilla o sílice. Pueden incluir varias de

UNIVERSIDAD

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
1953



Las rocas ígneas mencionadas anteriormente, habiendo por lo tanto: Tobas Porfídicas, Riolíticas, Pumíticas, etc. Estos materiales se encuentran en las regiones volcánicas, depositados en las partes bajas. Varían en color desde amarillo a gris, etc. Sus propiedades varían según los materiales que la constituyen, las impurezas presentes, y el tamaño del grano. Las porfídicas (rojizas) se usan para monumentos y esculturas, las de Diabasa (gris verdosas), a menudo mezcladas con calizas, son muy resistentes a la acción del tiempo. En México es de importancia una Toba Pumítica llamada "Tepetate"; muy empleada en algunos lugares para la construcción de habitaciones. Es una roca de gran ligereza, fácil de labrar en bloques de espesor conveniente, de gran compacidad y adherencia durante todo el tiempo que conserva la humedad, pero secada al aire es fácilmente desleznable. Los cementos y morteros se adhieren bien a la superficie. No sirve para ser sometida a tensión o flexión. Se halla en Hidalgo, Querétaro y Veracruz y alrededor de México, Pedregal de San Angel. En Guanajuato existen Tobas Riolíticas llamadas "Loceros" bajo la capa de Tobas Pumíticas. Antiguamente se empleaban mucho como material de construcción en forma de Sillares, pero gradualmente ha ido desapareciendo su uso, empleándose solo en poblados pequeños. Otras tobas traquíticas semejantes a las anteriores son las llamadas Puzolanas (véase cementos Puzolánicos) y el Trass, roca volcánica áspera, semejante a la anterior en composición, apropiada para elevar el poder de fraguado de los morteros. Se usa para ciertos cementos (Puzolánicos).

**BRECHAS PUMÍTICAS.**- Están formadas por fragmentos de piedra pómez, de 3 a 4 cms. de color blanco, ligeramente angulosos, aglutinados y soldados los unos a los otros, con una masa de arcilla ferruginosa muy fina. Se encuentran en terrenos volcánicos, cubiertas con capas de tobas pumíferas de grano fino y capas de aluvión o de arcilla. En cada fragmento de pomez se observa su aspecto fibroso y en la masa se destacan cristales de Hornblenda, algunas veces, aislados y embutidos en la masa.

**ROCAS SEDIMENTARIAS QUÍMICAS.**- Algunos autores incluyen entre las rocas sedimentarias, aquellas que se forman por el depósito químico del carbonato del calcio y otras sales disueltas en el agua, sobre todo de infiltración (Grutas), produciéndose formaciones conocidas como "Estalactitas" (depósitos de arriba abajo) y estalagmitas (de abajo arriba). Son formaciones cristalinas translúcidas, de dureza y resistencia variable con el tamaño del grano y su composición, y con el grado de unión de los estratos. Su color varía de acuerdo con las impurezas (compuestos de hierro), siendo blancas cuando puras. Cuando son de suficiente compacidad se emplean para ornamentación con el nombre de "Mármol Onix". Las provenientes de depósitos de Manantiales se conocen como calizas Travertinas. Por otra parte provienen de la Metamorfosis de las calizas, por lo que también pueden incluirse en las metamórficas.

**C.-ROCAS METAMORFICAS.**

**GENERALIDADES.**- Son rocas que provienen de la metamorfosis o cambio de las rocas anteriores, participando del carácter cristalino de las plutónicas y de la formación de estratos de las sedimentarias, por lo cual se les llama también Estratocristalinas.

**MÁRMOLES.**- Son formaciones cristalinas desarrolladas por la fusión de calizas o dolomitas por la acción de elevadas temperaturas, formando una masa semifluida que se cristaliza a altas presiones, evitándose el desprendimiento de anhídrido carbónico. En la práctica comercial se llaman Mármoles a todas aquellas calizas su-

sceptibles de adquirir pulimento y apariencia agradable. La estructura de los mármoles varía ampliamente según su grado de cristalización, dividiéndose en tres grupos principales:

a.-Mármoles altamente cristalinos, resultantes de la recristalización de calizas, generalmente blancos, blanco grisáceos o negros.

b.-Mármoles fosilíferos o subcristalinos, de estructura cristalina poco notable, en los cuales su valor depende de la textura y del color.-

c.-Mármoles Onix (Sedimentarias químicas).

La composición química de los mármoles es análoga a la de las calizas (Carbonato de calcio), pudiendo contener varias impurezas, de las cuales algunas son muy perjudiciales. Por su composición pueden dividirse en: Homogéneos y Compuestos, éstos últimos vienen -- siendo los conglomerados o brechas, que presentan varios constituyentes diversamente coloreados. Su color varía de blanco hasta negro; pasando por rojo, amarillo, café, etc. Los colores gris o negro se deben a la presencia de carbón en forma de grafito, el rojo, amarillo, etc., a la de óxidos de fierro y manganeso. Muchos no son de color uniforme, sino que presentan bandas de diferentes colores, con manchas de tamaño muy diverso. Por su color se dividen en Monocromos y Policromos o de varios colores, los mas apreciados son los homogéneos de un solo color. Se hallan por lo general en masas irregulares, a menudo en terrenos de transición. Al golpearlos presentan cierta sonoridad que indica su resistencia al pulido y al abrillantado, la cual aumenta con la disminución de aquella. Para su empleo el mármol y otras rocas semejantes se extraen en grandes bloques que se pasan por una sierra para cortarlos en grandes placas, las cuales se pulen y se abrillantan, dándoles la forma o figura deseadas.

Su empleo varía según su aspecto y propiedades, clasificándose en Mármoles Estatuarios y Mármoles para Construcción. Los primeros deben ser de color uniforme, translúcidos y fáciles de labrar. Los de construcción son todos aquellos susceptibles de adquirir pulimento. Los mas apreciados son de color blanco, negro o gris, entre los que merecen citarse los de Massa y Carrara en Italia, de estructura sacaroide y grano fino o grueso y los de la Isla de Paros en Grecia, de color blanco lechoso. El Bardiglio, de color celeste, el mármol amarillo de Siena de gran belleza, el negro de Bélgica, España, etc. En nuestro país existen gran cantidad de mármoles, aunque muchos de ellos poco explotados y sobre todo la mayoría de menor calidad que los Europeos, son de importancia el mármol gris de Orizaba y Nuevo León. El negro del cerro del Topo y otras partes de Nuevo León, Orizaba y Guerrero. El blanco de Jalisco y Nogales, Ver. El llamado "Tecalli" de Puebla. El Onix de Chiapas, Hidalgo, Michoacán, San Luis, etc. Las brechas rojizas de Durango, Puebla, etc., y diferentes variedades de mármoles veteados de los mismos lugares.

**Mármoles onix.** Blancos, o amarillentos, blandos, susceptibles de cortarse y producir las mas bellas piedras decorativas usadas en interiores, se les llama también Alabastros calizos, presentan a veces estratos bien marcados, a menudo con vetas de color -- blanco lechoso o dibujos irregulares o extraños (Alabastro ágata). Los países principales productores son México, Argelia e Italia..

**Mármoles Travertinos.**- Se llaman también Tobas Calizas, son de aspecto poroso y se emplean en la construcción de grutas artificiales y monumentos, incluyendo los mármoles Brecha o Conglomerados, de importancia sobre todo los que tienen minerales de fierro, a ve-



ces en forma arborescente, entre ellos el mármol Ruiniforme de Florencia.  
Calizas Oolíticas y Pizolíticas.- Formadas por nódulos de capas concéntricas, cementadas por una capa de caliza, se forman también en las grutas.

Lumaquelas.- Formadas por desperdicios de conchas cementados con calizas, son de color obscuro, las conchas les comunican reflejos nacarados. Entre ellas se encuentran algunos mármoles negros. Se utilizan en la ornamentación, por el bello pulimento que adquieren y por su fácil labrado y cortado en forma de placas. Presentan numerosas variedades, entre las cuales la "Opalina" se caracteriza por reflejos irizados de color rojo. La Lumaquela estelar o mármol oculino, en el cual la disposición de las conchas les da aspecto de Ojos de Pavo. Lumaquela Numulítica, etc., también existen mármoles lumaquéllicos y conchíferos.

GNEIS.- Se considera como un granito laminado metamórfico, de la misma composición, apariencia y color semejantes, pero difiere en su estructura física, ya que en éstos los elementos constitutivos ( cuarzo, feldespato y mica ) se arreglan en forma de bandas mas o menos paralelas, presentando en algunos casos grano fino. Pueden tener dos orígenes diferentes, constituyendo dos variedades: Paragneis, de areniscas o Pizarras arcillosas y Ortogneis, producto de rocas plutónicas. Una variedad con Moscovita y Biotita se llama de Dos Micas o Granulítica. Son resistentes a los fenómenos atmosféricos, de color gris a rojizo, se usan para adoquines, revestimientos, etc. Se hallan en Chiapas ( Tonalá ), Acapulco, Galeana, Baja California ( Ensenada ), Etc.

MICASITAS.- Rocas en que predomina la mica y el cuarzo, con poco feldespato, de estructura esquistosa y aún foliácea muy marcada.

SERPENTINAS.- Proviene de rocas ígneas, generalmente básicas, que han sufrido transformaciones por la acción del anhídrido carbónico y el agua, se consideran como Silicatos hidratados de Magnesio, revueltos con Olivino, Piroxeno o Hornblenda, a veces con Clorita. Tienen una estructura compacta, coloreada en verde mas o menos obscuro, amarillo o pardo, a veces con manchas o vetas, maciza o pizarrosa, de dureza parecida a la de la caliza untuosa al tacto, fácil de trabajar y de cortarse con una navaja, es susceptible de adquirir hermoso pulimento. Se encuentran en grandes masas compactas de fractura escamosa, o en delgadas fibras con estructura fibrosa (Crisotilo), en M.choacán, Puebla, Tamaulipas, Zacatecas, Aguascalientes, etc. Pueden considerarse las siguientes variedades:

Serpentina Milonética.- Presenta vetas de caliza.

Serpentina Mable.- Color verde olivo, usada en ornamentación y como piedra de lujo.

Serpentina Ollar.- Talcosa, empleada como material refractario.

Crisolita.- Untuosa al tacto, de aspecto de cera.

Xilotilo.- Estructura fibrosa y compacta, parecida a la madera.

PIZARRAS.- Son rocas de arcilla silíceas mas o menos metamórficas, procedentes de depósitos antiguos de mares, algunas provienen de la metamorfosis de las rocas ígneas, contienen silicatos de Ca, Mg, K, Al y Sodio. Presentan una formación hojosa característica, debido a las fuertes presiones a que fueron formadas, las cuales se rompen fácilmente en una sola dirección (Clivaje), lo que es muy apreciado en la construcción. Presentan una amplia variación en color, desde el

verde ( Con clorita ), hasta el negro. Sonoras, duras y pesadas. Pueden ser: Cristalinas.- Con cristales de cuarzo, suaves al tacto, casi siempre verdosas. Cloríticas.- Cuando predomina la Clorita, con escamas verde obscuro o blancas. Talcosas.- Blancas, suaves, untuosas al tacto. Sericíticas.- Sedosas y divisibles. Petrosilex.- Compacta, firmemente granuda, fractura con coidea y aspecto acintado, con manchas grises, rojizas y verdosas. Leptinitas.- Roca con feldespato, cuarzo y granate, semejante a la anterior, pero fácilmente exfoliable, de grano fino y colores claros ( blanco, rosa, amarillo ).

ALABASTRO.- Yeso sacaroideo empleado en escultura, blanco, transparente, compacto, blando, adquiere un buen lustre.

PRODUCTOS DE DISGREGACION DE LAS ROCAS.

FORMACION.- Las rocas están sometidas en la naturaleza a procesos de ataque muy diversos que pueden conducir a su disgregación, produciendo lo que comunmente se llama "Rocas Clásicas Disgregadas". Los procesos de ataque son muy variados, pero pueden dividirse en dos: Mecánicos y Químicos.

PROCESOS MECANICOS.- Son los verdaderos procesos de desintegración, entre ellos el principal es el Cambio de temperatura, sobre todo cuando es brusco y cuando se trata de rocas compuestas de gran número de constituyentes, porque debido a los diferentes coeficientes de expansión que pueden presentar se producen tensiones internas que conducen mas tarde o mas temprano a la formación de grietas, que a su vez permiten transformaciones químicas ó físicas posteriores. Los cambios bruscos de temperatura se manifiestan sobre todo en regiones cálidas, porque las rocas se calientan mucho durante el día, mientras que en la noche alcanzan una temperatura mucho menor que la del aire, sin embargo, no toda la roca adquiere la misma temperatura ya que la capa exterior recibe en mayor grado la influencia de estos cambios, esto provoca esfuerzos entre la parte interna y la externa que con el tiempo conducen a la separación de las capas superficiales (Exfoliación).

Efectos de la congelación y descongelación.- Actúan sobre todo en las partes elevadas de las montañas, el agua aprisionada en las rocas, al congelarse, intensifica los fenómenos anteriores y además produce intensas presiones por el aumento de volumen experimentado, lo cual conduce en ciertos casos a la desintegración de la roca ( cuando no hay espacio para la expansión ), sobre todo en el agua de las grietas. Es tan poderosa esta presión ( 150 kgs. / Cm<sup>2</sup> ) que es capaz de romper no solo la roca, sino recipientes de hierro.

Erosión.- Puede ser debida al hielo, al agua ó al aire. La principal es el agua, la cual, al caer en forma de lluvia o adquirir fuerza por la inclinación del terreno, arrastra materiales no consolidados de todas clases, los cuales actúan sobre la superficie con un alto poder erosivo, provocando la formación de zanjas, hondos cañones y cañones que con el tiempo se hacen mas y mas profundos. Los materiales arrastrados chocan entre sí, disgregándose y dando productos de tamaños diversos que pueden depositarse en los remansos ( Terrazas, conos aluviales, llanuras de deposición, deltas, etc. ) o ser arrastrados al mar, lagos o lagunas. El hielo que forma los glaciares constituyó en una época ( períodos glaciales ) el mas importante factor de desintegración, contribuyendo a la formación de gran número de suelos en el Norte de las Américas ( Cana-



dá y Norte de Estados Unidos ), Europa y parte de Asia y aún hoy - en día es un factor de importancia en los polos y en las altas montañas. Los glaciares se forman por la acumulación de nieve que no alcanza a fundirse, la cual se transforma gradualmente en hielo, el cual es empujado con una gran presión, adaptándose a las desigualdades del terreno y formando grandes masas desplazables, que arrastran lentamente material cada vez más desintegrado, hasta depositarlo a estacionarse el hielo, formando acumulaciones llamadas " Morenas " ( Morenas terminales, morenas recesivas y morenas profundas ), así mismo, las corrientes generales en el glaciar dieron origen a grandes depósitos sedimentarios llamados llanuras de deposición.

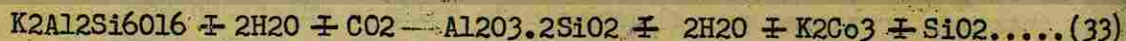
**El viento.**- Actúa sobre regiones áridas, de materiales sedimentarios finos ( muchas veces de origen glacial ), arrastra gran cantidad de partículas, las cuales obran sobre las rocas de las montañas y el suelo, atacando como un fino esmeril; de aquí las formaciones redondeadas características de muchas montañas. El material arrastrado es depositado en otros lugares, formando extensas regiones en forma de dunas. Cuando el material depositado es de origen glacial recibe el nombre de **Loess**, pero también pueden deberse a cenizas volcánicas, arcillas o limos finos ( adobe ) o dunas de arena, dando origen a suelos áridos diversos.

**ATAQUE QUIMICO.**- Todos éstos cambios físicos van acompañados, sobre todo en las regiones húmedas, por diferentes reacciones químicas debidas principalmente al ataque del agua y de las impurezas que la acompañan y que pueden ser:

a.- **Hidrólisis.**- El agua actúa sobre los feldespatos, micas, elementos magnesianos, etc., formando hidróxidos que se separan ( de fierro, Al, etc. ) y aluminosilicatos hidratados, los cuales sufren transformaciones posteriores que conducen a la formación de arcillas ( Silicatos aluminicos hidratados ).

b.- **Carbonatación.**- Los hidróxidos formados pueden ser atacados por el anhídrido carbónico del aire o del agua formando carbonatos solubles.

c.- **Caolinización.**- Cuando el agua cargada de anhídrido carbónico actúa directamente sobre los feldespatos y compuestos similares, se desarrollan al mismo tiempo las dos operaciones anteriores, formándose arcillas ( Caolín ) y carbonatos solubles.



d.- **Hidratación.**- El agua también puede obrar como agente hidratante, interviniendo como agua de combinación o de cristalización, en la formación de productos derivados de los Feldespatos, micas, olivinos, arcillas, etc., y de paso ablandando la roca, produciendo un aumento de volumen y permitiendo el fácil ataque de otros agentes químicos y físicos; de esta manera se forman por ej. los Hidróxidos de fierro a partir de los óxidos.

e.- **Oxidación.**- El oxígeno disuelto en el agua actúa sobre las rocas, solo o en combinación con ésta, produciendo fenómenos de oxidación que se manifiestan generalmente por el cambio de coloración de las rocas y mas tarde por un ablandamiento y disgregación.

Ataca las rocas ferromagnesianas o que contienen sulfuros, carbonatos o silicatos ferrosos; ej. el Olivino por hidratación produce Serpentina y óxido ferroso, el cual se hidrata y oxida dando Limonitas.

f.- **Disolución.**- Ciertos gases al disolverse en el agua forman ácidos que atacan a las rocas, disolviéndolas, entre ellos el anhídrido

sulfuroso y sobre todo el anhídrido carbónico. éste último forma ácido carbónico que actúa sobre los carbonatos ( calizas ) dando bicarbonatos solubles, que mas tarde pueden depositarse en forma de carbonatos, dando así origen a rocas como las Estalactitas y Estalagmitas.

**CLASIFICACION Y DESCRIPCION.**- Por su orden de tamaño pueden clasificarse en: Bloques erráticos, Cantos rodados, Gravas, Arenas, Arcillas y Tierras. Según su localización en: Residuales cuando están cerca de las rocas de que proceden ( arenas, arcillas ) y en sedimentarias, cuando se depositan en otro lugar. Los materiales sedimentarios son muy diversos, a menudo consolidándose con el tiempo, dando las rocas sedimentarias, conglomerados, etc.

**BLOQUES ERRATICOS.**- Son grandes bloques segregados de la roca madre por acción de los glaciares o del agua y los cuales pueden ser arrastrados a grandes distancias pudiendo encontrarse aislados o en grandes grupos. Algunos provienen de las erupciones volcánicas ( Bombas ).

**CANTOS RODADOS.**- Los fragmentos de roca de menor tamaño son facilmente arrastrados por las corrientes, desgastándose al rodar y adquiriendo formas redondeadas que constituyen la llamada piedra Bola ( las de mar tienen forma aplanada ), muy usadas en relle no de cimientos, pavimentos, etc. Se encuentran en el lecho de torrentes y ríos ó mezcladas con arena en el subsuelo.

**GRAVAS.**- Cuando estos fragmentos redondeados son de muy pequeño tamaño, generalmente de diámetro no mayor de 2", reciben el nombre de Gravas o Cascajo, el cual se encuentra en grandes depósitos y se utiliza como material de relleno para la fabricación de concreto, base de carreteras, etc. El material de pequeño tamaño recibe en algunos países el nombre de " Gravilla ". Tanto la piedra bola, como el cascajo se han sustituido en muchas partes por material triturado de bordes angulares, obtenido de rocas extraídas de las canteras, para evitar el inconveniente de la baja adhesividad que tienen debido a su redondez, aunque se ha comprobado que mas que de la forma, la resistencia depende de no emplear material de un solo tamaño, sino una mezcla adecuada de diferentes grados.

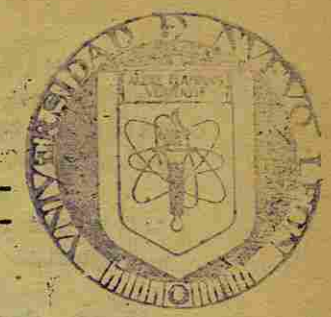
**ARENAS.**- Constituyen el último producto de la desintegración de las rocas por acción de las corrientes ( de agua o de aire ), se presentan de diferentes formas y tamaños, clasificándose como arenas gruesas, delgadas, finas, granosas, etc. Según su constitución las arenas pueden ser de varias clases:

a.- **Arenas Calizas.**- De color blanco a gris, formadas por granos de naturaleza calcárea, se presentan en forma de arenas - movedizas, blandas, con frecuencia terrosas, de menor calidad cuanto mayor sea su proporción de tierra, a menudo se encuentran con restos de animales y algo de cuarzo, pudiendo contener de un 2 á un 20% de residuos de otros minerales, ( feldespato, micas, etc. ), sobre todo compuestos de fierro.

b.- **Dolomíticas.**- Producidas por la descomposición de materiales dolomíticos, de propiedades semejantes a las calizas.

c.- **Ferruginosas.**- De alto contenido en óxidos de fierro, son productos de descomposición de las gangas de minerales ricos en óxidos magnéticos. De color amarillo a rojo, según los óxidos que contengan.

d.- **Glauconíticas.**- Arenas verdes, por el gran contenido de glauconita, generalmente mezcladas con augita, cuarzo y otros



BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE MEXICO  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"



materiales y en ciertos lugares con algo de platino y oro. Se depositan en tenues capas en el fondo de arroyos y ríos o en terrenos volcánicos.

e.- Volcánicas.- Formadas en pedacitos de lavas, en espesas capas sedimentarias, en granos gruesos (Lapilli) o en finos semejantes a polvo (ceniza volcánica).

f.- Arenas de Dunas.- Depósitos mecánicos de arenas móviles, formadas por la acción de los vientos (arenas eólicas continentales) o de las aguas del mar o de los ríos (arenas de playas). Forman masas no muy grandes que semejan grupos de colinas en las orillas de los mares, ríos, lagos o en los desiertos. Están compuestas de arenas más o menos silíceas, con algunas partículas calcáreas (conchas). Varían en coloración desde el blanco amarillento, o el pardo, hasta el azulado.

g.- Arenas Silíceas.- Se llaman también Cuarzosas, están formadas por pequeñas partículas de cuarzo de color blanco o crema, granuladas, constituyen un magnífico material para la construcción. Cuando son muy puras se les llama Arena Sílica y se emplean para la construcción de ladrillos refractarios y vidrios, así como en el moldeo y pulido. Pueden encontrarse mezcladas en mayor o menor proporción con arenas calizas, dando tipos de calidades muy diversas, siendo las cuarzosas las más apreciadas para la fabricación de morteros. Se pueden distinguir por su menor efervescencia con los ácidos y porque puestas en agua no producen enturbiamiento. Cuando tienen mucha tierra o materia orgánica deben lavarse antes de su empleo o quemarse. Según el tamaño de los granos se clasifican en Gruesas (1 a 2 mm.), Medianas (.25 a .5 mm.) y Finas (.1 a 0.25). Las propiedades de resistencia e impermeabilidad de los morteros y concretos dependen del análisis granulométrico de la arena empleada, es decir, de las proporciones que guardan entre sí los grados anteriores, por lo cual la mejor arena es aquella que tiene una proporción tal, que los vacíos entre las partículas se hallan reducidos al mínimo.

En este tipo de arenas se nota una mayor densidad, por el menor volumen aparente, el cual puede cambiar por la compacidad que se le dé por sacudidas, golpes, etc. También el peso específico varía con la humedad; la arena fina ordinaria pesa de 1,400 a 1,450 Kgs./m<sup>3</sup> y la húmeda 1,900. La arena de dunas pesa 1,200 Kgs./m<sup>3</sup> y cuando está húmeda hasta 2,000 Kgs./m<sup>3</sup>.

TIERRA VEGETAL.- Constituye una mezcla de los productos de desintegración de las rocas y de sustancias orgánicas en descomposición (Humus) y una gran cantidad de sustancias diversas de origen no vegetal, cuya proporción depende de la procedencia de la tierra, los componentes principales son: La Sílice y la Caliza, que forman la base de la tierra (arenas), Componentes plásticos (arcillas) que tienen como fin servir de materiales de unión, dándole compacidad a la tierra y el Mantillo ó Humus, formado por los residuos vegetales, que sirve para hacer la tierra más esponjosa, favoreciendo la aeración por su color obscuro la absorción de los rayos solares, volviendo por lo tanto calientes a las tierras. El Humus suministra las materias que constituyen el alimento de las bacterias del suelo, para la formación de los compuestos necesarios a la vida de las plantas. Desde el punto de vista de la construcción, tiene importancia el contenido de sustancias, el cual determina sus propiedades como material de relleno; solo tiene importancia la consistencia después de ser a pelmazadas, exigiéndose solamente una consistencia media que permita su fácil manejo.

TIERRA DIATOMACEA. (Véase Cap. XVI).- Es una variedad de las arenas silíceas, de gran poder absorbente, empleada en pinturas, decoloración,

productos aislantes y para aumentar la resistencia del Concreto.-  
ARCILLAS.- (Véase Capítulo siguiente).

### Capítulo VIII

#### ARCILLAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE ARCILLA.

##### I.- ARCILLAS.

GENERALIDADES.- Se conocen con el nombre de arcillas (barros), todos aquellos materiales terrosos que se presentan en la naturaleza como resultado de la desintegración de las rocas ígneas, pizarras o calizas arcillosas (Margas), susceptibles de ser moldeadas cuando se mezclan con agua y de conservar su forma después de quemadas -- (Plasticidad). Son mezclas de silicatos aluminicos hidratados, con poca cantidad (siempre variable) de otras sustancias, como Feldespatos, Sílice, calizas, Oxidos de fierro, yeso, etc.

##### CLASIFICACION.

A.- Desde el punto de vista de su formación se clasifican en: Residuales y Sedimentarias (Pág. 81). Las primeras son más puras -- (Caolines, bentonitas), las segundas pueden ser: Lacustrinas, Marinas, De Aluvión, etc. Suministran las clases más empleadas, sobre todo las marinas, por su fineza, composición uniforme y abundancia, los depósitos marinos se extienden por cientos de kilómetros, con profundidad hasta de 10 mts. o más, en lugares que en épocas anteriores estuvieron recubiertos por el mar. Las lacustrinas y estaurinas se hallan en capas de extensión limitada y poca profundidad, pudiendo contener cantidades variables de arena. Las glaciales y las loésicas no son muy apreciadas. Estas arcillas cuando están Consolidadas forman las arcillas esquistosas o pizarrosas (Metamórficas), se emplean junto con las de bajo grado en la fabricación de ladrillo común, barroblock, etc.

B.- Desde el punto de vista de su Plasticidad, se dividen en: Plásticas y No-Plásticas, habiendo entre ellas estados intermedios o sean arcillas parcialmente plásticas. Estas arcillas según su aplicación se les llama: Arcillas para tubos (Plásticas), para ladrillos, para alfareros (no contienen cal), etc.

C.- Según las impurezas que predominan pueden ser: Margosas, con gran cantidad de carbonato de calcio. Silíceas, con arena sílice que les comunica poder refractario (Arcillas refractarias), Ocres, con gran cantidad de óxido de hierro que les da color amarillo o rojo, se emplean para pinturas. Caolines y Bentonitas, son las más puras, se encuentran casi siempre en forma consolidada. Las que contienen impurezas mayores de 30% se llaman Arcillas Magras y las más puras de grano fino Arcillas Grasas.

D.- Según su punto de fusión pueden considerarse: Fusibles (arcilla de alfarero, bentonita) se deforman y vitrifican a 1,200°C. Vitrificables, se vitrifican parcialmente a 1,300°C y Refractarias, soportan más de 1,300°C sin vitrificarse.

PROPIEDADES.- Productos ricos en silicatos aluminicos hidratados o materia arcillosa, proveniente de la descomposición de rocas ricas en sílice y alúmina. En los caolines se encuentran en forma de microcristales monoclinicos, mientras que en las estratificaciones secundarias o sedimentarias, forman hojuelas escamosas y en las alofánicas gránulos redondeados y desgastados de hidro silicato de aluminio amorfo y coloidal, de gran poder de absorción para el agua. Las arcillas cuando están en suspensión presentan todas las propiedades de las materias coloidales, o sean: gran poder de absorción, por lo que se emplean algunas (las más finas), para decolorar y purificar sustancias. Poder floculante, con la adición de sales, ácidos, etc. Permanecen en



materiales y en ciertos lugares con algo de platino y oro. Se depositan en tenues capas en el fondo de arroyos y ríos o en terrenos volcánicos.

e.- Volcánicas.- Formadas en pedacitos de lavas, en espesas capas sedimentarias, en granos gruesos (Lapilli) o en finos semejantes a polvo (ceniza volcánica).

f.- Arenas de Dunas.- Depósitos mecánicos de arenas móviles, formadas por la acción de los vientos (arenas eólicas continentales) o de las aguas del mar o de los ríos (arenas de playas). Forman masas no muy grandes que semejan grupos de colinas en las orillas de los mares, ríos, lagos o en los desiertos. Están compuestas de arenas más o menos silíceas, con algunas partículas calcáreas (conchas). Varían en coloración desde el blanco amarillento, o el pardo, hasta el azuloso.

g.- Arenas Silíceas.- Se llaman también Cuarzosas, están formadas por pequeñas partículas de cuarzo de color blanco o crema, granuladas, constituyen un magnífico material para la construcción. Cuando son muy puras se les llama Arena Sílica y se emplean para la construcción de ladrillos refractarios y vidrios, así como en el moldeo y pulido. Pueden encontrarse mezcladas en mayor o menor proporción con arenas calizas, dando tipos de calidades muy diversas, siendo las cuarzosas las más apreciadas para la fabricación de morteros. Se pueden distinguir por su menor efervescencia con los ácidos y porque puestas en agua no producen enturbiamiento. Cuando tienen mucha tierra o materia orgánica deben lavarse antes de su empleo o quemarse. Según el tamaño de los granos se clasifican en Gruesas (1 a 2 mm.), Medianas (.25 a .5 mm.) y Finas (.1 a 0.25). Las propiedades de resistencia a la impermeabilidad de los morteros y concretos dependen del análisis granulométrico de la arena empleada, es decir, de las proporciones que guardan entre sí los grados anteriores, por lo cual la mejor arena es aquella que tiene una proporción tal, que los vacíos entre las partículas se hallan reducidos al mínimo.

En este tipo de arenas se nota una mayor densidad, por el menor volumen aparente, el cual puede cambiar por la compacidad que se le dé por sacudidas, golpes, etc. También el peso específico varía con la humedad; la arena fina ordinaria pesa de 1,400 a 1,450 Kgs./m<sup>3</sup> y la húmeda 1,900. La arena de dunas pesa 1,200 Kgs./m<sup>3</sup> y cuando está húmeda hasta 2,000 Kgs./m<sup>3</sup>.

TIERRA VEGETAL.- Constituye una mezcla de los productos de desintegración de las rocas y de sustancias orgánicas en descomposición (Humus) y una gran cantidad de sustancias diversas de origen no vegetal, cuya proporción depende de la procedencia de la tierra, los componentes principales son: La Sílice y la Caliza, que forman la base de la tierra (arenas), Componentes plásticos (arcillas) que tienen como fin servir de materiales de unión, dándole compacidad a la tierra y el Mantillo ó Humus, formado por los residuos vegetales, que sirve para hacer la tierra más esponjosa, favoreciendo la aeración por su color obscuro la absorción de los rayos solares, volviendo por lo tanto calientes a las tierras. El Humus suministra las materias que constituyen el alimento de las bacterias del suelo, para la formación de los compuestos necesarios a la vida de las plantas. Desde el punto de vista de la construcción, tiene importancia el contenido de sustancias, el cual determina sus propiedades como material de relleno; solo tiene importancia la consistencia después de ser a pelmazadas, exigiéndose solamente una consistencia media que permita su fácil manejo.

TIERRA DIATOMACEA. (Véase Cap. XVI).- Es una variedad de las arenas silíceas, de gran poder absorbente, empleada en pinturas, decoloración,

productos aislantes y para aumentar la resistencia del Concreto.-  
ARCILLAS.- (Véase Capítulo siguiente).

### Capítulo VIII

#### ARCILLAS Y PRODUCTOS ESTRUCTURALES DE ARCILLA.

##### I.- ARCILLAS.

GENERALIDADES.- Se conocen con el nombre de arcillas (barros), todos aquellos materiales terrosos que se presentan en la naturaleza como resultado de la desintegración de las rocas ígneas, pizarras o calizas arcillosas (Margas), susceptibles de ser moldeadas cuando se mezclan con agua y de conservar su forma después de quemadas -- (Plasticidad). Son mezclas de silicatos aluminicos hidratados, con poca cantidad (siempre variable) de otras sustancias, como Feldespatos, Sílice, calizas, Oxidos de fierro, yeso, etc.

##### CLASIFICACION.

A.- Desde el punto de vista de su formación se clasifican en: Residuales y Sedimentarias (Pág. 81). Las primeras son más puras -- (Caolines, bentonitas), las segundas pueden ser: Lacustrinas, Marinas, De Aluvión, etc. Suministran las clases más empleadas, sobre todo las marinas, por su fineza, composición uniforme y abundancia, los depósitos marinos se extienden por cientos de kilómetros, con profundidad hasta de 10 mts. o más, en lugares que en épocas anteriores estuvieron recubiertos por el mar. Las lacustrinas y estaurinas se hallan en capas de extensión limitada y poca profundidad, pudiendo contener cantidades variables de arena. Las glaciales y las loésicas no son muy apreciadas. Estas arcillas cuando están consolidadas forman las arcillas esquistosas o pizarrosas (Metamórficas), se emplean junto con las de bajo grado en la fabricación de ladrillo común, barroblock, etc.

B.- Desde el punto de vista de su Plasticidad, se dividen en: Plásticas y No-Plásticas, habiendo entre ellas estados intermedios o sean arcillas parcialmente plásticas. Estas arcillas según su aplicación se les llama: Arcillas para tubos (Plásticas), para ladrillos, para alfareros (no contienen cal), etc.

C.- Según las impurezas que predominan pueden ser: Margosas, con gran cantidad de carbonato de calcio. Silíceas, con arena sílice que les comunica poder refractario (Arcillas refractarias), Ocres, con gran cantidad de óxido de hierro que les da color amarillo o rojo, se emplean para pinturas. Caolines y Bentonitas, son las más puras, se encuentran casi siempre en forma consolidada. Las que contienen impurezas mayores de 30% se llaman Arcillas Magras y las más puras de grano fino Arcillas Grasas.

D.- Según su punto de fusión pueden considerarse: Fusibles (arcilla de alfarero, bentonita) se deforman y vitrifican a 1,200°C. Vitrificables, se vitrifican parcialmente a 1,300°C y Refractarias, soportan más de 1,300°C sin vitrificarse.

PROPIEDADES.- Productos ricos en silicatos aluminicos hidratados o materia arcillosa, proveniente de la descomposición de rocas ricas en sílice y alúmina. En los caolines se encuentran en forma de microcristales monoclinicos, mientras que en las estratificaciones secundarias o sedimentarias, forman hojuelas escamosas y en las alofánicas gránulos redondeados y desgastados de hidro silicato de aluminio amorfo y coloidal, de gran poder de absorción para el agua. Las arcillas cuando están en suspensión presentan todas las propiedades de las materias coloidales, o sean: gran poder de absorción, por lo que se emplean algunas (las más finas), para decolorar y purificar sustancias. Poder floculante, con la adición de sales, ácidos, etc. Permanecen en



forma de "Sal" con electrolitos básicos, presentan los fenómenos de electroforésis, etc. La adición o presencia de ciertas impurezas disminuye el tacto graso de la arcilla, volviéndola "Magra" y menos plástica, pero disminuye también la contracción y pueden actuar como fundentes. Los fundentes son sustancias que aumentan la fusibilidad de las arcillas, entre ellos se encuentran óxidos de Fe, Ca, Mg, Na, y K (álcalis) y SiO<sub>2</sub> al estado de fina división, también pueden actuar como sustancias de enmagrecimiento en el secado. Las arcillas absorben agua y esparcen un olor terroso particular, algunas de sus propiedades se describen a continuación.

Color.- Cuando puras son de color blanco o ligeramente amarillento (Caolín, Bentonita), cuando contienen materias carbonosas pueden colorearse de azul, gris, negro, o violáceo, según la cantidad, bastando un 3% para producir color negro. El óxido de fierro las colorea de amarillo, rojo, pardo, según la forma y cantidad en que se encuentre. Pueden tener color verdoso por la reducción del fierro o la formación de silicato ferroso. Un color pardo chocolate indica la presencia de Manganeso.

Plasticidad.- Propiedad que tienen las arcillas de deformarse cuando están húmedas, sin sufrir rupturas. Aumenta con la adición de agua, hasta que las arcillas se vuelven pegajosas. La cantidad de agua para producir la máxima plasticidad varía con la clase de arcilla, con la fineza, con la porosidad, etc. En las usadas para los ladrillos de 15 a 20%, en las refractarias de 15 a 33%, en los Caolines de 18 a 35%, etc. La plasticidad se pierde temporalmente por la desecación y de una manera prolongada con la cocción, convirtiéndose la arcilla en una masa anhidra, inatacable por el agua. No todas las arcillas muestran una plasticidad marcada (véase B), entre las Plásticas se hallan las arcillas comunes en los suelos o Monmorilloníticas y entre las No plásticas, las Caolínicas (Caolín, Haloisita). Se cree que estas diferencias se deben a la composición de la molécula individual. La plasticidad aumenta con la fineza. Una propiedad que tiene gran relación con la plasticidad y que a menudo se confunde con ella es el poder de Trabazón, que es la fuerza de cohesión que comunica a la arcilla gran resistencia mecánica, especialmente a la ruptura en estado plástico o en estado seco y gracias al cual puede administrarse cierta cantidad de sustancias de enmagrecimiento (arena), sin que su resistencia sufra menoscabo.

Secado y Cocción.- Desecando a más de 100°C. una masa plástica de arcilla, va reduciéndose de volumen y pasa por diversos grados de dureza, perdiendo su condición primitiva. Al cocerla pierde su agua de constitución y se transforma lentamente en una masa que al principio es muy porosa, pero que más tarde se vuelve pétreo y ya no puede recuperar su condición primitiva. La sustancia seca de arcilla plástica es grasa al tacto y toma un lustre craso al rayarla con la uña o pulimentarla, mientras que la de naturaleza caolínica se pulveriza al aplastarla entre los dedos. Las arcillas demasiado "grasas" o con mucha arcilla coloidal sufren a grietamientos o a labeamientos al secarse. La presencia de sales solubles es causa de aparición de manchas o eflorescencias, en la cocción ( Pág. 91 ), sobre todo sulfatos alcalinos o alcalino térreos.

Contracción.- Todas las arcillas sufren una contracción considerable cuando se secan y queman. Varía inversamente con el contenido de arena y directamente con la plasticidad. En las arcillas arenosas casi siempre es menor de 1 %, mientras que en las plásticas o de grano fino la contracción puede alcanzar hasta 12 o 15%. La contracción a

la cocción aumenta con la fineza del grano, la cantidad de materias volátiles (agua de combinación, materia orgánica y gases), la temperatura y los fundentes. Las arcillas que tienen una contracción a la cochura 8% o total 12% deben mezclarse con arena, material calcinado, etc. (enmagrecimiento) para disminuirla, debiendo ser en la fabricación de productos de 5 a 6% a la cocción.

Fusibilidad.- La temperatura de fusión disminuye con la fineza y la proporción de fundentes y varía con la naturaleza de éstos, la textura, la homogeneidad y el carácter de la flama. En realidad no presentan un punto de fusión definido, debido a la falta de uniformidad en composición, que origina que las diferentes partes fundan con diferentes velocidades, extendiéndose el período de suavización por un grado considerable de tiempo y temperatura. Cuando la suavización es tal que produce adherencia en la arcilla, pero no lo bastante para cerrar los poros o causar pérdida de forma, se le llama Fusión incipiente, el material enfriado no puede ser rayado por la navaja (dureza, 6-7). Cuando se cierran los poros alcanzando la máxima contracción se llega a la vitricación completa, y finalmente, a la temperatura mas elevada se produce la Vitricación Vitrea o viscosa, convirtiéndose el producto en una masa viscosa con fractura vidriosa al enfriarse.

## II.- PRODUCTOS DE ARCILLA.

GENERALIDADES.- Constituyen una de las mas importantes clases de materiales estructurales, por su apariencia, resistencia y durabilidad, por las diferentes formas que pueden darseles y por los diferentes tipos de arcillas que pueden utilizarse, además de otros materiales como Feldespatos, Cuarzo, etc.

Se consideran divididos en dos tipos esenciales: A.- Adobes o materiales crudos y B.- Materiales cocidos, que se dividen a su vez en: 1.- Productos de una sola Cocción y 2.- Productos de doble cocción. Al grupo A corresponden la mayor parte de los ladrillos, tejas, losetas y tubos y a los del grupo B las Terracotas, azulejos, mosaicos cocidos y productos sanitarios, estos últimos no siempre se obtienen por doble cocción y algunos los llaman Mayólicas o Porcelanas; pero se ha creído mas conveniente, aunque solo sea por razones de distribución, separarlos en esta forma.

### A.- MATERIALES NO COCIDOS. ADOBES.

GENERALIDADES.- Constituyen uno de los materiales de construcción mas rudimentarios y antiguos. Se emplean mucho en lugares donde escasea la piedra natural y abunda la arcilla apropiada, generalmente en lugares secos. Esta arcilla es de color grisáceo, debido a la presencia de carbón, contiene cierto porcentaje de arena y aún materias orgánicas. Se forma de manera semejante al suelo y se le llama también adobe, algunas veces se emplea adicionada de arena o de materiales como zacate, aserrín, etc. para darle menor contracción y más resistencia. El suelo ideal es de 70% de arena y 30% de arcilla.

FABRICACION.- La época mas apropiada para la fabricación es la que sigue a las lluvias. Se fabrican en dimensiones de 10X30X40 cms., en una serie de cajones sin fondo (favetas), en dimensiones tanto mayores que las indicadas, cuanto mayor sea su contracción. Una vez mezclado el material y adicionada la cantidad de agua necesaria para comunicarle la plasticidad, se coloca dentro del molde y se va apisonando para que quede lo mas apretada posible. Para



el moldeo se emplean tres gavetas, de tal modo que cuando se llena la tercera, queda lista la primera para ser sacada del molde. Después de dejar secar los adobes hasta el día siguiente, se colocan en trincheras de dos metros de alto y uno de ancho, con espacio suficiente para la circulación del aire, dejándoles de 15 a 20 días.

**PROPIEDADES.-** El adobe es un material de escasa resistencia, que se disgrega de una manera lenta pero continua sometido a la acción de la intemperie. Modernamente se fabrican adobes con arcilla (70), arena (30) y asfalto, se fijan con morteros de cemento, se rellenan con asfalto y se recubren finalmente con pintura de aceite o plomo. El adobe es un buen aislante del calor y la electricidad, es a prueba de fuego y ataque de termitas, gusanos, etc., no es un material escaso y es barato. A veces se revisten los ordinarios con mortero de cal o de cemento, para darle mejor apariencia y mas resistencia. Una variedad que se utiliza en algunos países recibe el nombre de "Tapial", se fabrica en el lugar donde se va a construir, empleando moldes semejantes a los del concreto, a veces se les aumenta la resistencia introduciéndole un armazón rudimentario de alambre, formando entonces lo que se llama Tapial armado. Tanto el tapial como los adobes deben protegerse lo mas posible de la acción del agua.

**B.- MATERIALES COCIDOS.- 1.- DE COCCION SIMPLE.**

**GENERALIDADES.-** Se emplea como materia prima la arcilla - Magra o arenosa. Cuando la arcilla es muy "grasa" se mezcla con arena. Los que han de resistir la acción de la intemperie no deben -- contener mas caliza que la que les corresponde. Deben ser perfectamente cocidos y no contener materias extrañas, presentar sonido metálico claro y fractura concoidea dura, además no deben enturbiar el agua al ser introducidos en ella.

**FABRICACION.-** Las operaciones que comprende la fabricación son cinco: a.- Preparación de la arcilla, b.- Preparación de la pasta o amasado, c.- Moldeo.- d.-Desecación y e.- Cocción.

Los detalles referentes a preparación de la arcilla o materias primas, desecación y cocción se aplican por igual a todos los productos cocidos, los demás puntos varían ligeramente al tratarse de productos de doble cocción.

a.- **PREPARACION DE LA ARCILLA.-** Casi siempre en los depósitos mayores de arcilla, la extracción es a cielo abierto. Las pizarras duras adyacentes a betas de carbón son generalmente minadas. Para ladrillos prensados y Terracota es de gran ventaja exponer la arcilla a la intemperie antes de usarla, extendiéndola en montones de unos 70cms. de altura y de dos a tres metros de ancho, por lo menos durante el invierno, con el objeto de que la arcilla se subdivida, buscando la oxidación y la transformación de los compuestos indeseables (compuestos de fierro); a esta operación se le llama "Pudrición". Después de la pudrición y generalmente de una manera directa, la arcilla pasa a quebradores o molinos desintegradores que pueden ser de varios tipos, pero el mas empleado es el molino chileno, el cual consiste en dos ruedas que giran unidas por un eje horizontal, alrededor de un disco en el cual está el material o bien las ruedas se mantienen fijas y el disco es el que gira o ambos giran, en las orillas del disco hay una placa que empuja el material hacia el centro o dos ruedas pequeñas auxiliares. A menudo se emplean también molinos de martillo, que consisten en un eje que lleva una serie de hojas girando dentro de un cilindro, de tal manera que golpean las paredes y el material. A veces es necesario secar la arcilla antes del molino.

b.- **PREPARACION DE LA PASTA.-** Una vez reducido a polvo fino el material, se pasa a unos mezcladores, que son depósitos generalmente de corte semicircular o paraboloide, alargados, provistos de un gusano mezclador o un juego de paletas. En ellos se bate la arcilla con la cantidad calculada de agua, hasta obtener una pasta uniforme. Para pasta suave generalmente se emplean depósitos cilíndricos con paletas. Para pasta seca se usan los molinos chilenos, pasando directamente al moldeo.

d.- **MOLDEO.-** Pueden emplearse diferentes métodos, variando la forma de aplicación de la arcilla. Tres son los tipos esenciales: De pasta suave, de pasta semi-dura y el proceso en seco.

1.- La arcilla o mezcla de materiales arcillosos se trata con suficiente agua para formar una pasta de consistencia suave, que se introduce en moldes de madera recubiertos con arena, para evitar -- que se pegue. El moldeo puede hacerse a mano o mecánico. Este proceso tiene la ventaja de que puede usarse con una variedad mayor de arcilla que cualquier otro método, permitiendo la fabricación de -- productos muy uniformes.

2.- Se emplea una mezcla mucho mas rígida, que contiene menos agua que la anterior, se aplica bien a mezclas arcillosas de plasticidad media, para la fabricación de casi todos los productos estructurales de arcilla. La pasta del mezclador es forzada por medio de un gusano, a través de una pieza llamada "Dado" que contiene la forma del material que se desea fabricar, de esta manera se obtiene -- una tira continua que se corta a la longitud requerida, a mano o mediante un cortador mecánico, con alambre acerado. Las máquinas empleadas tienen mayor capacidad que las prensas verticales usadas en el proceso de pasta suave o en el seco. Para piezas especiales se -- llevan los trozos ó tiras a moldes de madera para moldeo a mano, -- golpeando la arcilla hasta llenar el molde, cortando y raspando la superficie y separando por vaciado la pieza. Modernamente se adapta a la máquina de moldeo un aparato de vacío, con el objeto de extraer el aire y disminuir la porosidad del ladrillo y por lo tanto la contracción y las pérdidas por secado.

3.- La arcilla pulverizada se criba en malla #16 y se pone -- en moldes de acero calentado a vapor, para evitar la adherencia de la arcilla y se prensa en una prensa vertical. Debido a la elevada presión empleada, el proceso permite la obtención de piezas con esquinas agudas, en forma mas uniforme. Se emplea para piezas especiales, azulejos, etc. que se describirán mas adelante.

**SECADO.-** Después del moldeo los productos obtenidos son -- secados al aire o en secadores artificiales. En algunas fábricas los secadores abiertos al aire están provistos de techos bajos que pueden estar abiertos con tiempo apropiado o cerrados para calentar -- con vapor en tiempo malo. Los secadores artificiales son de dos tipos: los de piso caliente y los de túnel. Los primeros son calentados por un hogar puesto al final del secador, por los gases calientes de los hornos de cocción o por vapor de escape. Son de tipo intermitente, se emplean para ladrillos ordinarios y refractarios, tubos de drenaje y terracota. Los secadores de túnel son generalmente continuos, entrando el material por un extremo y saliendo seco por el otro, utilizan también vapor de deshecho, aire caliente o gases calientes de los hornos (generalmente de túnel) a los cuales se encuentran unidos. Son mas económicos que los anteriores. En uno ú -- otro método el secado se efectúa a mas de 120°C., tardando de uno a tres días, según el material, la temperatura y la clase de secador.

**QUEMADO.-** El quemado de los productos de arcilla compren-

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALEJANDRO REYES"  
FUNDADA EN 1888



de cuatro pasos: 1o. Precalentamiento y deshidratación, 2o.- Oxidación, 3o. Cocción y 4o. Enfriamiento.

Estas operaciones se llevan a cabo en hornos que varían de acuerdo con el material que se va a quemar y con otros factores que se describirán mas adelante.

1o.- En el período inicial el material es calentado paulatinamente, eliminándose primeramente el agua de absorción (humedad, 100 á 150°C), mas tarde se quema algo de la materia orgánica, el azufre de los sulfatos se convierte en óxido, los hidróxidos de fierro se deshidratan y finalmente los carbonatos son mas o menos transformados en óxidos (700°C), la velocidad de calentamiento debe regularse de acuerdo con la clase de material, porosidad, textura, impurezas minerales de la arcilla y contenido de humedad del producto. No debe ser demasiado rápido, porque el material se agrietaría, reperia o reventaría, ni demasiado lento, sobre todo si la arcilla contiene álcalis ó el carbón (combustible) contiene demasiado azufre, porque entonces se formaría una escoria en la superficie.

2o.- Período de Oxidación.- Se verifica alrededor de los 900°C, el resto de la materia orgánica es eliminado, el azufre se quema inmediatamente después y finalmente el óxido ferroso se oxida a óxido férrico. La temperatura por lo tanto no debe elevarse rápidamente para evitar que la arcilla se suavice y cierre los poros del material, con este fin a veces se le adiciona algo de arena para producir textura mas abierta que permita el escape de los gases.

3o.- Cocción.- Se verifica a una temperatura que varía de 900°C a 1,200°C (ladrillos y Tejas) ó aún mas, según el tipo de arcilla y el acabado final que se quiera. Generalmente se verifica hasta que la arcilla se suaviza y los poros se cierran y solamente en algunos casos se eleva hasta vitrificación completa (ladrillo para pavimentos, lozas, etc.), ocasionalmente hasta vitrificación viscosa.

4o.- Enfriamiento.- Terminada la cocción, el material se somete a un proceso de enfriamiento, antes de sacarlo del horno, porque un descenso demasiado brusco en la temperatura lo rompería o agrietaría. En los hornos continuos se exponen al paso del aire que se va a usar en la combustión, enfriándose mientras éste se precalienta. Algunos ladrillos de pavimento requieren varios días de enfriamiento.

5o. Vidriado.- Muchos productos de arcilla se someten a un vidriado con el objeto de mejorar su apariencia; al mismo tiempo que se aumenta su impermeabilidad. Para esto se añaden óxidos de plomo, compuestos de vidrio o sal común (método muy antiguo) antes de quemarlos. Los tubos de albañal se vidrean añadiendo sal durante la etapa de vitrificación. El vidriado con sal se efectúa añadiendo sal ú otras sustancias al final del quemado, los vapores se depositan sobre la superficie, formando una película vítrea indestructible, impermeable, que no se rompe ni agrieta con los cambios de temperatura, por tener la misma contracción y expansión del producto. Forma una cubierta mucho más delgada que el esmaltado, mas elástica y por lo tanto menos frágil.

TIPOS DE HORNOS EMPLEADOS, EN LA COCCION.

Se emplean cuatro tipos de hornos. 1o.- Hornos provisionales u hormigueros. 2o.- Hornos permanentes y 3o.- Hornos continuos.

1.- HORNOS PROVISIONALES.- Son hornos prismáticos rectangulares

de cuatro a cinco metros de altura y 16 de longitud, con capacidad de 30,000 a 60,000 piezas. Los ladrillos son generalmente colocados en 40 ó más hileras de alto y de tal modo arreglados que ellos mismos forman el horno y conductos que permiten el libre movimiento de los gases en todas direcciones, a partir de una serie de quemadores colocados a los lados del horno. La construcción del horno (carga) dura de 8 a 10 días, según la capacidad y finalmente se cierran las puertas con el material de deshecho de operaciones anteriores ó ladrillos especiales conteniendo una pequeña porción de carbón. Se inicia la cocción empleando madera, aceite ó gas como combustible. Este tipo de horno presenta como desventaja la pérdida de gran cantidad de calor y de ladrillos.

2.- HORNOS PERMANENTES.- Comprenden dos clases: Hornos de tiro hacia arriba y hornos de tiro hacia abajo.

a.- Hornos de Tiro hacia arriba.- Son hornos semejantes a los anteriores, pero con paredes y techos permanentes, de 30 a 40 cms. de grueso. Presentan menor pérdida de calor y mayor porcentaje de ladrillos de primera.

b.- Hornos de Tiro hacia abajo.- Pueden ser rectangulares ó circulares. Los primeros son empleados para quemar ladrillos para pavimentos y los segundos, ladrillos para construcción, refractarios ó terracota (siempre que estén provistos con mufla en este último caso, para evitar el contacto directo del material con los gases de combustión), en este tipo de hornos los gases calientes circulan de arriba abajo, siendo conducidos a una chimenea que puede servir para varios hornos. Tienen una distribución y regulación de calor mas uniforme y una menor pérdida de producto, debido a que el material mas quemado, que es mas ligero y mas suave, se encuentra en la parte superior y no puede ser quebrado por el peso de los mismos ladrillos como en los otros tipos. Los mas usados son los hornos circulares, hornos de gran capacidad con quemadores distribuidos alrededor y dirigidos hacia la bóveda esférica, de tal modo que penetran los gases a través de los ladrillos, a orificios situados en el piso, los cuales los conducen a la chimenea. Generalmente requieren de 6 á 9 días para cargarlos, y otro tanto para descargarse.

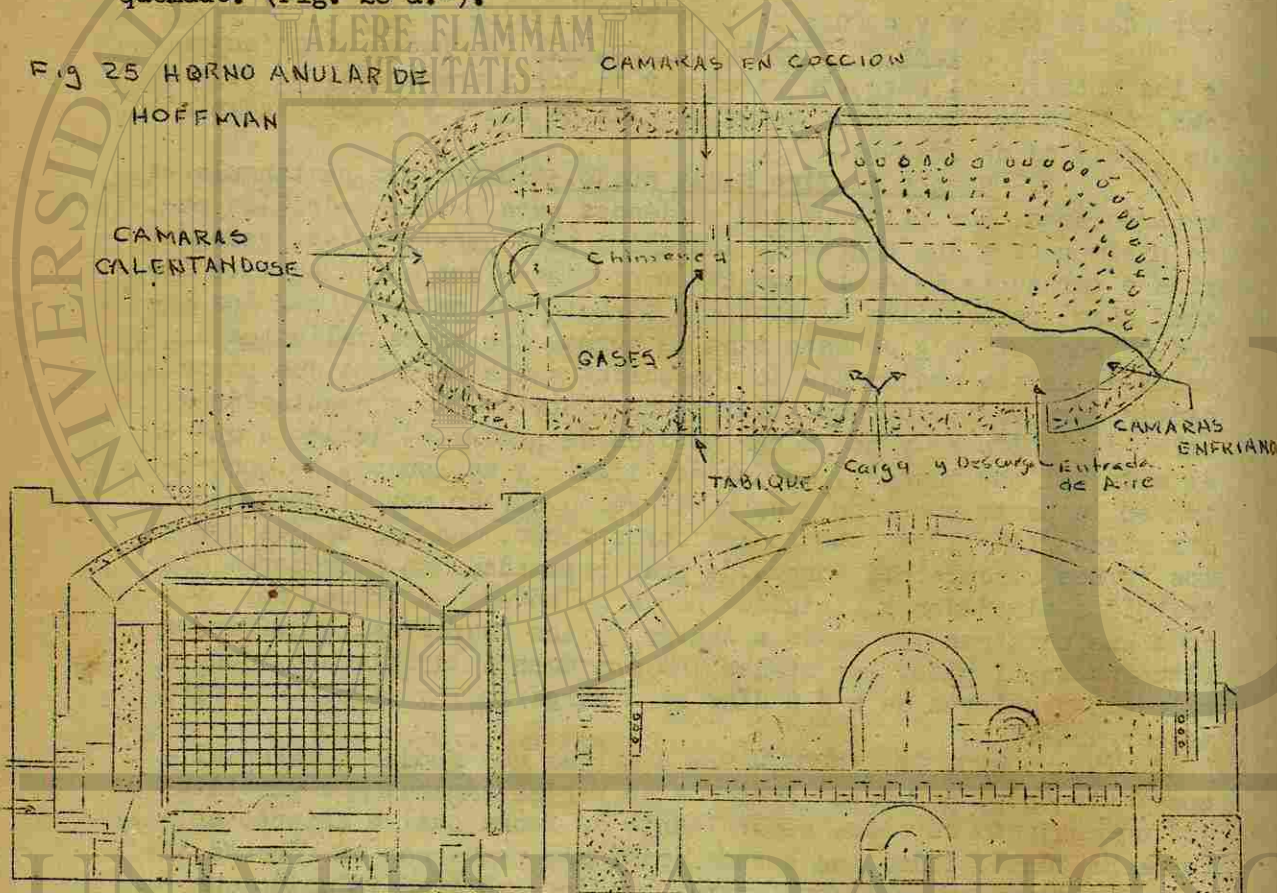
3.- HORNOS CONTINUOS.- Son aquellos que producen material constantemente, por estar formados de varias cámaras que constituyen un conjunto cerrado, generalmente de forma oval ó abierto en forma de túnel. Todos los hornos continuos requieren un fuerte tiro, ya sea con una chimenea grande ó mejor con tiro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

a.- Horno Anular de Hoffman.- (Fig.25). Cada cámara esta provista de un quemador, de una puerta hacia el exterior que se cierra con ladrillos y se destruye en la descarga, de un conducto que conduce los gases a una chimenea a un conducto central y de dos comunicaciones con la cámara anterior y la siguiente. Las cámaras son cargadas, quemadas y descargadas de tal modo, que mientras en unas está entrando el material, en las siguientes comienza a calentarse, perdiendo su agua de adición y continuando su calentamiento a medida que cámaras sucesivas se van adicionando, así, las cámaras situadas antes de las de carga son las que se encuentran a menor temperatura y por lo tanto las que están próximas a rendir y mientras, las inmediatas siguientes, se están cargando. El ahorro de combustible varía de 60 á 70%, no se ha extendido mucho en América. Un serio defecto es que escorifica los ladrillos por los gases sulfurosos del combustible, que se condensan sobre la superficie fría



del ladrillo, para evitarlo se calienta la cámara por algún medio. Tiene diferentes formas, variando en construcción, en distribución de los gases, en la forma de eliminar los gases de combustión, etc.

b.- Hornos de Túnel.- Rectangulares, de material refractario, generalmente provistos de un ensanchamiento en la parte media, que constituye el horno propiamente dicho, ya que en la parte anterior actúa como Precalentador y en la posterior como Enfriador. El material se introduce en una serie de carros, que se mueven lentamente a lo largo del horno hasta alcanzar la parte media, ( la mayor temperatura), continuando luego por un tramo suficiente para enfriarse, hasta salir finalmente al otro extremo del túnel. El control de temperatura es excelente y el producto es uniformemente quemado. (Fig. 26 a.-).



a HORNO DE TUNEL

PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS DE ARCILLA.

✓ COLOR DEL MATERIAL COCIDO.- Con el quemado los compuestos de arcilla sufren transformaciones que pueden algunas veces cambiar totalmente su color. Este cambio depende de la relación entre los óxidos de fierro y la alúmina y cal. Las arcillas de color rojizo o blanco lo conservan, lo cual indican que son las mas estables, -- siendo además éstos, los colores que resultan al quemar arcillas de color amarillo subido, gris, negro o verdoso. Las arcillas con exceso de alúmina y cal (Rel. 15:1) tienden a dar productos blancos. Las arcillas calcáreas frecuentemente de un color moreno, amarillo o gris (relación 10:1 o menos) dan al principio color rojizo, que se vuelve crema o amarillo a medida que se acerca a la vitrificación y finalmente color verdoso al acercarse al estado viscoso. Las amarillas, pardas o rojas que contienen compuestos de fierro y

pobres en cal, dan productos de color rojo. El color obtenido varía también con la temperatura de quemado y la atmósfera del horno. EFLORESCENCIA.- Ciertos materiales se cubren de una capa blanquizca cuando se exponen al aire o se queman en el horno, debido a la precipitación en su superficie de sales solubles de Magnesio, sodio o potasio, a veces de calcio, fierro y aluminio, provenientes de la materia prima o de la oxidación de los minerales durante el quemado. En atmósfera reductora, los compuestos de fierro y manganeso producen motitas negras, manchas y un lustre metálico. A esta propiedad se le conoce con el nombre de Elorescencia. Tiene efecto desintegrador sobre el material, sobre todo cuando dichas sales son higroscópicas porque absorben humedad del aire, humedeciendo las paredes y el producto y actuando como desintegradoras cuando se cristalizan al secarse. Para evitarlo deben usarse materias primas y aguas con sales de Bario para precipitar los Sulfatos o una vez producida secar bien la pared, remover la costra y aplicar cubiertas protectoras a prueba de agua (Cap. XVIII).

APARIENCIA DEL PRODUCTO.- Es de gran importancia desde el punto de vista comercial, incluye en primer lugar el color, ya mencionado anteriormente, la distorsión de forma, roturas, reventadas, etc. disminuyen mucho su valor, pueden deberse a deficiencias en el secado o al aire aprisionado, por lo cual debe hacerse el vacío en el moldeo, también a la presencia de trozos de cal, por lo que no se permiten trozos mayores de 1/8. Las reventadas no deben tolerarse en la superficie interior de los tubos y en las exteriores no deben ser mayores de 1/8" del diámetro del tubo. Las roturas o rajaduras disminuyen la resistencia y permiten el deterioro por congelación y la formación de laminaciones. Cuando el material está apropiadamente quemado y sin rajaduras debe emitir un sonido metálico cuando se le golpea. Los materiales vidriados o esmaltados, tienen una bonita apariencia, mejor que los ordinarios.

PROPIEDADES MECANICAS.- Las de mas interés son la resistencia a la compresión y la durabilidad. Siendo la textura uniforme, la primera depende de la composición y grado de quemado y la segunda de la porosidad y la absorción. La dureza aumenta con el grado de quemado, a vitrificación incipiente no son raspados por la navaja (7), la absorción varía de unos materiales a otros. Ladrillo de construcción, 12 a 15%, ladrillo para pavimentos, 8 a 12%, Terracota, 10 a 15%. La resistencia aumenta con el peso específico para productos vitrificados.

DURABILIDAD.- Los productos de arcilla son atacados por los mismos agentes mencionados para las rocas y su durabilidad depende de los mismos factores. En general son menos atacados por el fuego que las rocas y presentan mayor durabilidad, sobre todo si están vidriados o esmaltados. Sin embargo casi todos tienen una gran fragilidad.

PRODUCTOS COMERCIALES.

A.- LADRILLOS.

DEFINICION.- Se entiende por ladrillo un bloque de arcilla de dimensiones dadas, que se ha endurecido por cocción en un horno. La palabra se extiende sin embargo a bloques de otros materiales, no necesariamente cocidos, pero especificándose su procedencia, por ej: Ladrillos de cal y arena. Ladrillos de corcho, etc.

DIVERSAS CLASES DE LADRILLOS.- Los ladrillos se clasifican de varias maneras: 1. Según el método de moldeo, como de pasta suave,



pasta media, Prensado en seco o Reprensados. 2.- Por el grado de quemado se clasifican en:

a.- Ladrillos de arco o de Clinker.- Ladrillos sobre quemados, debido a su posición en el horno (demasiado expuesta al fuego), son muy duros y se usan solamente en cimientos o como material de relleno.

b.- Ladrillos Salmón o suaves.- Aquellos que no fueron suficientemente quemados, por lo cual presentan manchas pardas y rojizas, por lo que también se les llama "pintores", son demasiado débiles para construcción de primera clase y solo se usan para trabajo de relleno o de poca importancia, en los que no se requiere gran resistencia o durabilidad. No son de color vivo.

c.- Pardos o Porteros.- Ladrillos crudos que han recibido muy poco calor, presentan el tono del material crudo, son mucho menos resistentes que los "pintores". Proceden de la parte superior del horno y lugares alejados de los gases de combustión.

d.- Ladrillos de cuerpo o normales.- Aquellos que están bien quemados, por ocupar la porción central del horno, constituyen el mejor grado de ladrillo para construcción en general, presentan un color rojizo o rojo encendido y se les llama también "Recochos".

e.- Ladrillo vitrificado.- Es un ladrillo que se deja en el horno hasta que las partículas de arcilla sufren un principio de fusión, produciendo una masa vítrea casi homogénea. Si esto sucede en los hornos por exceso de calentamiento, resultan los llamados "Santos", los cuales pueden presentarse unidos si la temperatura ha sido algo acentuada. Son de color negruzco y sin forma, quedando inútiles para la construcción, pero siendo de gran utilidad como material de relleno, por su gran dureza. Cuando se busca su obtención se dejan enfriar lentamente para evitar la excesiva contracción, resultando de forma mas regular y definida que los ordinarios. Son sumamente duros y resistentes a la acción del agua, por lo cual se emplean para la construcción de pilares y estribos de puentes, construcciones hidráulicas, etc. se ponen en obra con morteros hidráulicos.

3.- Desde el punto de vista de su uso y de su forma se pueden considerar las siguientes clases:

a.- Ladrillo ordinario.- Es de forma Paralelepípedica, fabricado sin ningún intento de regular el color, la textura o la forma, a menudo con manchas o partes brillantes, debido a un exceso de calentamiento. Aunque sus dimensiones varían con los diferentes países, en nuestro país se han adoptado las dimensiones de 20 cms. de largo 9 1/2 de ancho y 6 de grueso, con un peso de 1.8 Kgs. aproximadamente. El peso específico varía con la composición de la pasta, entre los 1.440 y 1,600 Kgs/m<sup>3</sup>, comprende dos variedades principales: El ladrillo rojo, cocido a alta temperatura, compacto, de superficie semilisa y gran resistencia y el ladrillo amarillo, de resistencia menor, de color amarillento, mucho mas poroso que el anterior. Es frecuente también que se les clasifique por grados, cada uno con determinadas características, así, según la A.S.T. M. en grados A, B y C, con resistencia a la compresión mínima de: 3,500, 2,000 y 1,000 Kgs/cm<sup>2</sup>, correspondientes a los grados H (duro), M. (medio) y S (suave). Esta clasificación se aplica a los ladrillos sólidos, huecos y comunes.

b.- Ladrillo Ordinario Hueco.- Tiene las propiedades del anterior, pero es de menor peso (1,000 a 1,200 Kgs/m<sup>3</sup>), de menor resistencia y necesita mayor cantidad de mortero que el macizo, Es-

te último inconveniente ha sido eliminado en los llamados ladrillos "Balg" los cuales tienen 6 caras cerradas y su interior hueco.

c.- Ladrillos Finos para Exteriores.- También se les llama ladrillos para fachadas, tienen una cara decorada con figuras especiales, esmaltada o vidriada, a veces se les llama también ladrillos de paramento. Se queman casi hasta vitrificación para hacerlos impermeables. Se fabrican en todos tamaños, desde el ordinario de 9.5 X 20.3 X 5.7 cms. hasta grandes bloques empleados en construcciones monumentales, también comprenden formas especiales para esquinas externas o internas y otras aplicaciones.

d.- Ladrillos Moldeados.- Para muchas aplicaciones especiales, tales como cornisas, arcos, cordones, filetes, marcos, etc. - pueden usarse ladrillos moldeados para trabajos en relieve, de formas muy variables de acuerdo con el arquitecto y tipo de arquitectura.

e.- Ladrillo Poroso.- Se obtiene mezclando la pasta inicial con materiales tales como: aserrín, cáscaras de cereales, etc. los cuales se eliminan durante la cocción, dejando una serie de poros distribuidos en la masa del ladrillo. Son materiales de poco peso, adecuados para construcciones ligeras (tabiques, marquesinas, miradores, etc.) también son bastante aislantes, fáciles de cortar y de resistencia menor que la de los ordinarios. No deben confundirse con ladrillos porosos de tierra diatomácea, piedra pomez, etc.

f.- Ladrillos para pavimentos o Baldosas.- Son de arcilla profunda, poco impurificada (5 a 7%, con fundentes, sobre todo arcillas esquistasas o rocosas, por lo cual tienen bajo grado de vitrificación. Son fabricados por el proceso de pasta rígida, en tamaños de 10 X 20 cms., con un grueso de 6.3, 7.6 y 9 cms. Se queman a temperaturas muy altas (Vitrificación). Generalmente son reprensados. Se emplean para pisos, azoteas y revestimiento de tabiques. - Los de poco espesor reciben el nombre de Losetas. Pueden ser lisos o rayados. Se fabrican en cuadros obtenidos en dados, los cuales se separan luego en 4 losetas o más.

g.- Ladrillos Dovela, Cuña, etc. Se pueden obtener ladrillos de éstos tipos o ladrillos perfilados de caras de diversos tamaños, especiales para arcos, construcciones circulares, etc.

B.- TUBOS.-

Productos fabricados por el proceso de pasta rígida, a veces seca, moldeados en prensas verticales de doble cilindro, el cilindro hueco obtenido se corta con alambre a la longitud deseada, se seca y se quema, algunas veces junto con los ladrillos. Las formas especiales pueden obtenerse a mano o moldeadas, se secan y queman en hornos de tiro hacia abajo, a veces se vidrean con sal a 1,000°C. o se esmaltan. Pueden ser de dos tipos:

1.- Tubos de drenaje.- Se fabrican con arcilla impura de quemado rojo, con cierta porosidad para permitir el paso del agua. De diámetros variables de 10 a 90 cms. con gruesos de 1.3 a 7 cms. y longitudes de 50, 64 y 76 cms. Se emplean para drenaje de suelos, sobretodo agrícolas, para evitar concentración excesiva de agua. Se colocan con juntas a "tope", sin ninguna unión, para permitir el paso del agua a su interior. Se les llama también "Drenes".

2.- Tubos de Albañal o de alcantarilla.- Se fabrican de mezclas de arcilla refractaria y esquistosa, con arcilla plástica, no deben ser porosos, ni absorbentes, la máxima absorción permisible es de 8%. Muestran una sección recta llamada "Espiga o Canilla"

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
CALLE 1025 BARRIO DE LAS FUENTES, BUENOS AIRES



y un extremo en forma de copa o campana llamada "Manguito" y el cual sirve para la unión con el tubo siguiente, relleno el espacio hueco con un material poroso cuando se emplean para desagüe o con mortero de cemento (1:1), para transporte de aguas negras o conducción de agua. Se fabrican Formas especiales, de diámetros variables de 10 a 105 cms. y de longitudes de los trozos rectos de 60, 75 y 90 cms., de acuerdo con el diámetro. Formas especiales para conexiones diversas, tales como reducciones, tubos en T, Tubos en Y, Tubos curvos, Bloques de alcantarilla en forma de arco de círculo, etc.

C.- TEJAS.-

Productos de estructura y composición semejante a los ladrillos, pero fabricados con arcillas más plásticas, susceptibles de quemarse o secarse sin torcerse, rajarse o resquebrajarse. El secado y quemado deben ser más lentos. El quemado se verifica en hornos de tiro hacia abajo, para hacerlos más compactos. Pueden emplearse para techos, paredes huecas, construcciones ornamentales, etc., las empleadas para techos deben ser Sonoras, de sonido casi metálico, sin grietas, impermeables, compactas, bien moldeadas y resistentes (deben resistir el peso de un hombre sin romperse). Recién obtenidas no son impermeables, pero después de un tiempo si lo son, por la obstrucción de los poros con sustancias arrastradas por el agua de lluvia. Algunas veces se impermeabilizan vidriando o esmalutando su superficie, sobre todo las empleadas para ornamentación. Pueden ser de formas muy diversas, según los usos o estilos, así las hay: Planas, Lomudas, o árabes, españolas, alemanas, misión, etc. Las más empleadas son las dos primeras. Las planas se fabrican en formas diversas y pueden ser lisas y de reborde ó con salientes para ensamblado las lisas pueden ser rectangulares, poligonales, redondeadas, góticas, etc. presentan orificios en uno de sus extremos para ser clavadas, algunas tienen también salientes pitones para engancharse.

D.- BLOQUES HUECOS DE CONSTRUCCION.-

Se caracterizan por la presencia de gran número de huecos o celdas, separadas con tabiques de grosor variable, con el objeto de disminuir su peso, facilitar su colocación y darles formas especiales para construcciones diversas. Reciben otros nombres como: Ladrillos huecos o tubulares, terracota de construcción, bloques de cerámica, etc. En nuestro país se les llama barro-blocks, se fabrican con arcilla muy plásticas, como las usadas en las tejas, moldeándolas por el proceso de pasta rígida, forzándolas a través de dados especiales y cortándolas luego en la forma deseada. Pueden ser: Porosos, moldeados con 20 a 30% de aserrín (véanse ladrillos porosos), semiporosos, con 20% de carbón o densos. Los porosos se emplean como materiales aislantes, pueden clavarse, aserrarse, etc. absorben fácilmente la humedad. Los densos a menudo se vidrean en una de sus caras.

Se fabrican en formas y tamaños muy diversos, con espacio de huecos variables, a menudo de 45 a 55%, la pared exterior es comúnmente de 2 cms. y los tabiques interiores de 1.5 cms. (véase figura 27). Pueden ser: a.- De forma de caja, cúbico ú ordinario, de 52X30.5X30.5 cms., para paredes o techos, con 5 o 7 cms. de ancho, para tabiques, de 7.6 X 12.7 X 30.5 cms. etc. b.- Ladrillos, de 16.5 X 20.5 X 30 cms. c.-Doble T. d.-Ladrillos H, de 21 X 19 X 30 ó 21 X 26 X 30 cms. e.- Ladrillos dos en uno, de 20 X 5.57 X 20 cms. f.- Blocks con canales para mortero, sencillos o dobles, con salientes y entrantes, para dar mayor resistencia al mortero.

g.- Ladrillos Holobond con tres entradas trapezoides, ocupan el mismo espacio que los ladrillos comunes (20 X 20 X 5.7). h.- Ladrillos para ventilación, ladrillos en forma de libro, de 7.6 cms. de grueso, con un borde convexo y el otro cóncavo. i.- Ladrillos Munlock, de 20 a 30 cms. de ancho, para paredes aislantes al calor y al frío, con una saliente en su parte media superior y la entrada correspondiente en la inferior. En nuestro medio se fabrican ladrillos viga para viga prefabricadas.

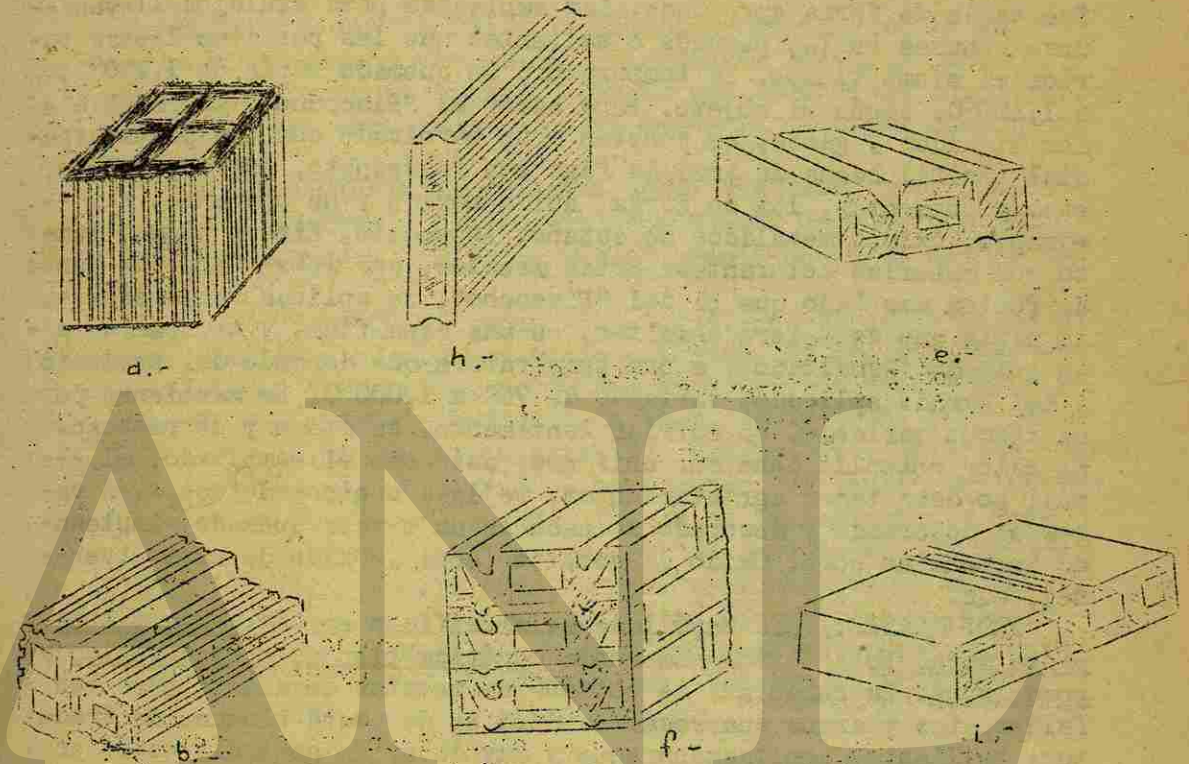


Fig. 27.- Bloques Huecos de Construcción.

2.- MATERIALES COCIDOS DE DOBLE COCCION.

GENERALIDADES.- Comprende materiales cocidos fabricados de mezclas especiales de caolín, pizarras y materiales calcinados para disminuir el encogimiento (terracotas), de caolín y feldespatos (azulejos) p de caolín, feldespatos y cuarzo molido (productos sanitarios). Estos materiales se caracterizan por la preparación del producto base en la primera cocción el cual recibe el nombre de "Biscocho". Este producto se recubre de una capa especial y se vuelve a quemar (Esmaltado). Las arcillas empleadas deben ser bajas en fierro (< 0.1%), a veces la operación se hace en un solo quemado, necesitándose un control perfecto del esmalte y quemado a una temperatura más alta, incluyen la fabricación de loza o Mayólica fina y en general se llaman Mayólicas Barnizadas, esmaltadas, Gres, porcelana, etc.

FABRICACION.- Las materias primas se someten generalmente a un proceso de desintegración húmeda, moliéndolas a polvo fino y agitando con gran cantidad de agua, la suspensión obtenida se filtra, en filtros rotatorios o filtros prensa. Las tortas obtenidas son amasadas en una máquina y se someten a moldeo, principalmente



por prensado en seco (azulejos, mosaicos cocidos, pequeños artículos, tubos aislantes, etc.), también pueden moldearse en el proceso de pasta rígida en ocasiones se dejan secar, se pulverizan y se prensan en seco (azulejos), otras veces se emplean las ruedas de alfarero. Para productos sanitarios tales como: lavabos, inodoros, fregaderos, etc. se usa el proceso de pasta líquida, vaciando en moldes de yeso de París hechos de modelos de arcilla. La pasta recibe el nombre de "Barbotina". Los materiales obtenidos por cualquiera de los métodos anteriores se secan y queman en hornos de Túnel. Los de pequeño tamaño se distribuyen en cajas de arcilla refractaria de forma apropiada. Las empleadas para azulejos llevan unas ranuras en las paredes o salientes que les permiten llevar varios al mismo tiempo. La temperatura de quemado varía de 1,270°C. a 1,400°C. según el objeto. Para hacer el "Biscocho" impermeable a los líquidos y gases, se someten a un barnizado con una pasta especial (Frita) hecha de arcilla fina con feldespato, cuarzo, caolín, etc. y fundentes, 15% de Bórax, ácido bórico y un opacante, por ejemplo, óxidos metálicos de estaño, Antimonio, Zinc o plomo, junto con materias colorantes. Estas mezclas, que deben tener un punto de fusión mas bajo que el del "Biscocho", se aplican sobre éste en la parte que se quiere esmaltar, en una capa fina, y se someten a un quemado (esmaltado), a una temperatura que depende del producto y del barniz aplicado, variando de 700 a 1,000°C. Se mantienen por un tiempo variable, se enfrían lentamente, se sacan y se retocan. El calor obtenido debe ser uniforme, así como el esmaltado, el cual no debe tener agrietamientos, vejigas u otros defectos. A veces el coloreado y decorado se hace en un tercer quemado, empleando sustancias como: Oxido de cobalto (azul), Oxido de cromo (verde), etc.

PROPIEDADES.- Las Mayólicas se clasifican en: de pasta tierna y pasta dura. Esta última comprende cerámica blanca, gres cerámico y porcelanas. La porcelana se obtiene de mezclas de caolín puro con feldespatos y arena cuarzosa. La dura es de pasta blanca, de fractura brillante, semitransparente y muy dura. En general, estos productos son impermeables, resistentes al agua, ácidos, álcalis, etc. Son muy frágiles, debido a su gran compacidad son muy densas. El esmaltado o barnizado les da un aspecto muy apreciado, son bastante duras, no siendo rayadas ni por el acero, tiene poca adherencia para morteros (azulejos).

A.- PRODUCTOS DE TERRACOTA.- Estructura uniforme, capaz de soportar cargas estructurales y la acción atmosférica sin deterioro. Generalmente se emplean para ornamentación de edificios, estructuras decorativas, piezas con diseños especiales, etc. Las piezas se fabrican por moldeado o por vaciado, en prensas de mano. Las piezas moldeadas se retocan y pasan a secadores para secado lento, se queman y se recubren del esmalte con atomizadores. Se queman en hornos de mufla o túnel, en los cuales duran alrededor de 5 días, a una temperatura que se eleva paulatinamente a un máximo de 1,100° a 1,200°C. Los productos así obtenidos son resistentes a la intemperie y a los agentes químicos, de gran dureza, pero frágiles y de poca resistencia mecánica, pueden fallar por diferencia de expansión entre el vidriado o esmaltado y el cuerpo del material, estrellándose el esmalte.

B.- MOSAICOS COCIDOS.- De una manera semejante se fabrican tejas empleadas para decoración por combinación o distribución apropiada. Una forma muy atractiva es la llamada vitrialita Natco,

empleada para tabiques, con una cara vidriada y un lado estrellado o los dos lados vidriados, de 9.5 X 20 cms. se fabrican también -- formas especiales.

C.- AZULEJOS.- Se fabrican por prensado en seco. Se emplean para revestimiento de paredes, sobre todo para baños, su tamaño es variable generalmente de 15 X 15 cms. o de 11 ó 12 X 12, (azulejos acojinados). Del mismo material se fabrican formas especiales con el nombre de guarniciones para pared (esquinas, cornisas, cenefas, zoclos, cortineros, et.) y azulejos especiales para decoración.

D.- PRODUCTOS SANITARIOS.- Se fabrican con mezclas de arcilla, cuarzo y feldespato, añadiendo una pequeña cantidad de Oxido de Cobalto, para producir quemado blanco, por la producción de silicato de Cobalto de color azul, el cual destruye el tinte amarillento del material.

E.- TUBOS AISLANTES.- Pequeños tubos empleados para cables y alambres, resistentes al fuego, de temperatura de fusión elevada (1,350°C), generalmente vidriados exteriormente con sal, pero a veces esmaltados.

F.- GRES CERAMICO.- Productos de arcillas refractarias, con feldespato, caolín y a veces un óxido metálico. La arcilla debe ser muy plástica. Se fabrican moldeados en moldes de yeso o metálicos y secando lentamente a temperatura no mayor de 60°C, cociendo luego hasta vitrificación incipiente. Son semejantes a la loza, muy compactos y de superficie de color obscuro brillante. Se emplean para recipientes para agua, ácidos, torres de tratamiento, y toda clase de aparatos de química. Se conocen dos variedades: La Ordinaria o Común; de color amarillento, a menudo recubierta de un barniz con esmalte de plomo y la variedad fina, de color casi blanco o blanco, osada para la Mayólica blanca empleada en aparatos sanitarios impermeables, tubos, baldosas, etc. También el "Biscocho" se considera como Gres blanco sin barnizar.



## Capítulo IX.

### MATERIALES REFRACTARIOS.

**GENERALIDADES.** - Se da el nombre de materiales refractarios a aquellos cuyas características principales son las de resistir la acción de las altas temperaturas sin suavización, ruptura o cambio de volumen, así como de los gases y escorias que pudieran formarse durante el proceso, al mismo tiempo que resisten la absorción y poseen baja conductibilidad térmica. Se emplean en forma de ladrillos o de gases calientes, crisoles, estufas, calderas, y en general en todas aquellas construcciones en que se requiera resistencia a las temperaturas elevadas, a tal grado que muchas industrias dependen de ellos, por ejemplo, la industria del hierro y acero, industrias de metales no ferrosos, fábricas de cemento, etc. Modernamente se tiene la tendencia y la necesidad de encontrar materiales refractarios que resistan las altas temperaturas de funcionamiento modernas, de aquí que la industria refractaria ha sufrido un cambio considerable, creandose cada vez productos mejores y empleando materiales que en otros tiempos ni siquiera se había pensado emplear.

**CLASIFICACION.** Es difícil establecer una clasificación definida de refractarios, dando el gran número de materias primas que se pueden emplear. Según su caracter químico pueden ser: Ácidos, Básicos, y Neutros. Según el material que predomina: Refractarios Comunes ( de arcilla refractaria ), Silíceos, de Magnesita, de Cal y Dolomita, de Alúmina, de Cromita, de Zircona, de Alúmina Fundida y de Carburo, de Silicio.

#### MANUFACTURA DE PRODUCTOS REFRACTARIOS.

**TRATAMIENTO PRELIMINAR.** - Las arcillas y otras materias primas se someten a un quebrado preliminar y luego a un molido en molinos de rodillos, de martillo ó chilenos, cribandolos en varios tamaños para obtener un producto de la combinación deseada, si se quiere un producto mas fino de 60 mallas, se emplean separadores de aire. Algunos materiales refractarios deben someterse a procesos de concentración para aumentar su pureza (Pág. 11.), pudiendo usarse los métodos comunes de concentración de minerales. Un método reciente es el Electroestático, que consiste en separar un mineral de otro sometiéndolo el material finamente molido a fuerzas de atracción en campos de alto voltaje.

Algunas materias se secan antes del molido para facilitar su manejo, sobre todo si van a transportarse a grandes distancias. El producto final se almacena en recipientes cilíndricos de fondo cónico o rectangulares con fondo en V, teniendo cuidado de evitar la segregación del material o sea la separación de los diferentes tamaños de partículas, para la cual se usan distintos sistemas, por ej. distribuyendo la arcilla uniformemente sobre el recipiente, para evitar que las partículas mas pesadas rueden al fondo o bien usando tanques rectangulares de fondo plano o el piso y aplicando uniformemente el material, el cual se maneja con una grúa.

**PREPARACION DE LA PASTA.** - Las materias primas una vez preparadas se mezclan en proporciones adecuadas de tamaño y plasticidad para el tipo de pasta que se desee preparar, añadiendo generalmente material calcinado grueso, para darle consistencia y disminuir la



contracción durante el quemado, también puede disminuirse la contracción añadiendo alguna sustancia que se expanda por el calor, como por ej. La Cianita. Para la preparación de la pasta se emplean tipos y sistemas semejantes a los de los ladrillos de arcilla común incluso si se quiere producir porosidad, vidriado, etc.

**MOLDEO**.- Pueden seguirse los métodos ya conocidos (Pág. 87.).

1o.-**VACIADO EN MOLDES**.- Se prepara una suspensión coloidal con cantidades variables de agua (15 á 25%), de viscosidad adecuada, libre de aire, (Barbotina), se añaden defloculantes tales como carbonato, silicato y tanato de sodio y algunos amoniacales especiales en cantidades lo mas bajo posible para evitar la presencia de excesiva cantidad de álcali (0.1% de sólidos). Modernamente ciertos materiales refractarios fundidos tales como magnesita, zircona u oxido de Torio, se muelen con ácidos diluidos por varias horas y se vacían en los moldes sin adición de arcilla. Otros de naturaleza no plastica se mantienen en suspensión con materiales orgánicos como el látex. Los moldes son generalmente de yeso de París, recubiertos con talco, pirofilita o estearato de zinc, para evitar que se adhiera la pieza, los objetos moldeados pueden hacerse huecos vaciando el material del centro del molde cuando ya se ha formado una pared sólida o bien llenando el espacio anular entre dos piezas de un molde. Los materiales fundidos se preparan en un horno eléctrico y se vacían en moldes de arena, dando vaciados no porosos.

2o.-**PROCESO DE PASTA RIGIDA**.- Se procede igual que para los ladrillos ordinarios, se obtiene la mezcla en molinos cilíndricos y la pasta en mezcladores, pasando a presión a través de dados adecuados y finalmente se cortan las piezas; para formas especiales o complicadas el moldeo se hace a mano, golpeando la pasta contra el molde, generalmente de madera, rasando y puliendo la superficie y finalmente sacando la forma, ya sea invirtiéndola o levantando el fondo con algún dispositivo (palanca de pie). Este método ya es empleado solamente para un 5% de los productos. Para el moldeo a mano, la pasta debe contener una cantidad de agua (entre el punto crítico y el de saturación), mayor que para el moldeo mecánico (mayor del punto crítico), de tal modo que algunos consideran a la primera como pasta suave y a ésta última como pasta rígida, aunque también se obtienen formas a mano usando pasta rígida.

3o.-**PROCESO SECO**.- La mezcla se prepara con sólo un 7 a 10% de agua, en forma de polvo húmedo que requiere gran presión, obtenida solamente en prensas. La mezcla se prepara en un molino chileno o en mezcladores especiales. Las prensas pueden ser mecánicas o hidráulicas, adaptadas para 4 o 6 ladrillos al mismo tiempo.

4o.-**MOLDEO EN CALIENTE**.- Consiste en calentar el material en el molde, de tal modo que las partículas se adhieran en la condición viscosa. No se ha hecho comercial.

**SECADO Y QUEMADO**.- Se emplean los mismos sistemas que para los ladrillos ordinarios, tendiéndose cada vez mas al uso de los hornos continuos de túnel. La temperatura de quemado varía con el tipo de material usado. Durante el quemado hay una serie de alteraciones, tales como: pérdida de peso del material, abrasión y desprendimiento de calor a ciertas temperaturas (de acuerdo con los cambios físicos o químicos efectuados), se produce un encogimiento que varía con el tipo de material, temperatura de quemado, etc. La dureza y la resistencia mecánica aumenta en el producto quemado, además hay variaciones en calor, solubilidad, fluorescencias, etc.

## TIPOS DE REFRACTARIOS.-

**REFRACTARIOS COMUNES**.- Son hechos de mezclas de arcillas refractarias plásticas y no plásticas, con material calcinado. Las arcillas empleadas deben contener 50-75% de  $\text{SiO}_2$ , 20-40% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , menos del 10% de fundentes y algo de óxido de titanio (1%). El poder refractario disminuye con el mayor contenido de fundentes y aumenta con la proporción de alúmina. A continuación se describen los tipos de arcilla que pueden usarse.

**MATERIAS PRIMAS**.- Las arcillas refractarias comunes comprenden arcillas que tienen un punto de fusión por encima de  $1,600^\circ\text{C}$  y no tienen quemado blanco, sino amarillo crema. Pueden ser: Arcillas silíceas (Flint), plásticas, suaves, fáciles de moldear, se hallan en forma de rocas y requieren molido fino. Arcillas esquistasas que pueden usarse directamente sin arcilla cementante.

Arcillas Plásticas.- (Ball). De grano fino, con algo de lignito y alta plasticidad, menos refractarias que los caolines, se emplean como materiales de adhesión para otras menos plásticas.

Caolines.- Variedad de la caolinita, arcilla de que mado blanco de origen residual o sedimentario, estas últimas son mas coloidales. Se presentan en masas compactas de aspecto mate, blanco grisáceo, amarillento o rosado, quebradizas y desleznables, a veces plásticas en estado húmedo. Otras semejantes son la Haloisita, el Alofano o Indianita, etc.

Bentonita.- Arcilla semejante a la anterior, pero formada por Monmorillonita en lugar de Caolinita, da un material muy fino que aumenta notablemente de volumen al humedecerse, se usa a veces para aumentar la plasticidad, tiene un alto encogimiento.

**MOLDEO Y PROPIEDADES**.- Son fabricados por el proceso de pasta rígida o media y reprensados después de secado parcial. Los productos obtenidos no deben suavizarse a  $1,700^\circ\text{C}$ , tener módulo de ruptura mayor de 35 Kgs/cm<sup>2</sup>, y no sufrir deformación mayor de 6% a  $1,350^\circ\text{C}$  con 2 Kgs/cm<sup>2</sup>. Cono pirométrico 32-33.

**LADRILLOS SILICE**.- Materiales ácidos empleados para el recubrimiento de hornos en el proceso ácido. Emplean como materia prima la Cuarcita, aunque no todas las variedades son utilizables, sino solo aquellas que tengan gran pureza y buena resistencia mecánica. La forma empleada es el "Ganister", con más de 97% de sílice, punto de fusión alrededor de  $1,700^\circ\text{C}$ , con poca suavización abajo de este punto ( $1,700 - 1,800^\circ\text{C}$ ) lo que le permite retener su resistencia a las cargas o temperaturas altas. Muestran una elevada expansión térmica, por lo cual los productos fabricados se colocan en los hornos con amplias separaciones. La sílice se transforma por calentamiento en una serie de modificaciones polimórficas (tridimita, cristobalita, etc.) Se moldean generalmente por el proceso de pasta suave mezclando el Ganister con un 2% de lechada de cal o algún material adhesivo, como mieles o el licor sulfítico de la obtención de papel. Las formas se moldean a mano o en prensas. Presentan una resistencia a la compresión de 150 Kgs/cm<sup>2</sup>.

**REFRACTARIOS DE MAGNESITA**.- Su uso se hizo comercial desde 1,888, aumentando desde entonces rápidamente para el proceso de hogar abierto básico y obtención de metales no ferrosos, para recubrimiento del crisol en forma de ladrillos y suelta. Se obtiene por calcinación a  $8,000^\circ\text{C}$  de la Magnesita o carbonato de magnesio, el cual se encuentra en la naturaleza en dos formas, cristalizada y densa, ésta última es la mas pura. La cristalina se halla en Austria Rusia, Quebec y en Washington, con 80 á 90% de  $\text{MgO}$ , y algo de - -



de hierro, sobre todo la Australiana. La densa se halla en forma de venas en Eubea, Grecia (94-98% de  $MgCO_3$ ) y en California, se está extrayendo también del agua del mar.)

La Magnesita es producida como material de quemado cáustico o Magnesita Calcinada (empleada para cementos de Oxidloruro) a baja temperatura ( $800^\circ C$ ) y como Magnesita fundida o de quemado muerto, a  $1,400 - 2,000^\circ C$ ., carece de propiedades aglomerantes, pero tiene gran importancia como material refractario, se conoce en el comercio con el nombre de "Magnesita". A  $1,550^\circ C$  está formada por cristales pequeños de "Periclasa", los cuales aumentan con el tiempo y temperatura. De  $1,750 - 2,000^\circ C$ , se forman materiales ligados por vitrificación, junto con materiales cristalinos (Forsterita). El óxido de hierro forma Magnesioferrito (7-8%) en algunos tipos, lo cual le da resistencia y densidad. A temperaturas más bajas, fundidas en el horno eléctrico forma por lento enfriamiento grandes cristales de periclasa. La magnesita quemada tiene una densidad de 3.55 a 3.63 y una porosidad de 15-27% (disminuye con las impurezas y el aumento de la temperatura de quemado). Se mezcla con material sin calcinar para disminuir el encogimiento. Para la obtención de la pasta se añade una pequeña cantidad de agua y algún material de ligazón, como cloruro de magnesio, alquitran, etc., dada la baja plasticidad de la Magnesita, se moldea a mano, represando y secando y se quema en hornos de túnel, debido a que no soportan grandes cargas mientras se queman. Además de los usos ya mencionados se emplean en bloques para la zona más caliente de los hornos de cal, en los convertidores de cobre y en los hornos de refinación de plomo. La magnesita mezclada con asbesto (85%) se emplea como material aislante.

REFRACTARIOS DE CAL Y DOLOMITA.- Son materiales básicos, semejantes a los anteriores, pero no tan efectivos, debido a sus propiedades de atacarse fácilmente por el aire y el agua, sin embargo, a  $1,800^\circ C$  sufren una cristalización que los hace resistentes. Generalmente se emplean en forma suelta, para el fondo de los hornos básicos, sobre todo de hogar abierto. Se obtienen de la dolomita (carbonato de calcio y magnesio) y de la Caliza (carbonato de calcio), materiales que se mezclan con la arcilla y se trabajan como la magnesita. Al quemarse la Dolomita, da una mezcla de óxidos que se combinan con la arcilla en parte, la caliza da óxido de calcio.

REFRACTARIOS DE CROMITA.- Se empezaron a usar en forma de ladrillos desde 1,896, para formar una zona neutra entre el recubrimiento básico y el ácido. Se obtienen de la Cromita ( $Cr_2 FeO_4$ ), un óxido de cromo y hierro con 68% del 1o al estado puro y 50 y aun menos en la forma comercial. El óxido crómico es remplazado por magnesita o alúmina (Spinel). Se hallan en Rhodesia y Nueva Caledonia, también en Turquía, Cuba, Filipinas, Rusia, etc. El mineral debe concentrarse, para dar un producto con un punto de fusión mayor de  $1,930^\circ C$ ., a menudo se le añade magnesita, que al combinarse con la sílice da Forsterita.

REFRACTARIOS DE ZIRCONA.- La Zircona u óxido de Zirconio solo empezó a usarse después de 1,940, pues aún cuando se conocían sus grandes cualidades refractarias, impedía su uso la falta de resistencia mecánica y el cambio considerable de volumen que experimentaba alrededor de los  $1,000^\circ C$ , por inversión de su estructura cristalográfica monoclinica natural. Solo hasta 1929 se encontró que añadiendo pequeñas cantidades de óxidos de Itrio, Escandio, Calcio o magnesio se estabilizaban o trababan los cristales de óxidos de zirconio ( $ZrO_2$ ), evitando su cambio y más tarde, en 1940, se encontró un método económico de producirla, aunque sigue resultando costoso. La zirco-

na se halla en la naturaleza en forma de Zirconita o Zircón (65-67% Zircita (70-75%) y Mena de favas (80-85)), el más empleado es el Zirconio ( $Zr SiO_4$ ), el mineral se trata con cok para reducir el silicato de zirconio presente, en un horno a alta temperatura, volatilizándose algo de la sílice obtenida, la cual se hace reaccionar con virutas de hierro y se elimina en forma de ferrosilicato.

La zircona se estabiliza con óxido de calcio, dando una solución sólida con 5% de éste último, la mezcla se trata en un horno eléctrico especial por 40 hrs., se deja enfriar hasta formar un lingote macizo que se tritura y se clasifica, separando el material bien fundido del parcialmente fundido, deshechos y escorias. Se vuelve a triturar y se separa magnéticamente.

PROPIEDADES.- La zircona estabilizada fundida resiste temperaturas más elevadas que cualquier otro material refractario ( $2,400^\circ C$ ,  $2,530^\circ C$ ), teniendo igualmente el mayor punto de fusión ( $2,600^\circ C$ ) y una volatilidad baja, aún en condiciones oxidantes, moderadamente reductoras. Su conductividad térmica es la menor de los refractarios comerciales, varía de 0.7 a 1.56 a  $1000^\circ C$ , según su densidad. Calor específico, 0.17 cal.gr/ $^\circ C$ , Coeficiente de dilatación,  $6.5 \times 10^{-7}$  ( $1000$  a  $1200^\circ C$ ). A temperaturas elevadas se transforma en buen conductor de la corriente eléctrica, sin embargo su baja resistividad a temperaturas elevadas permite su empleo como resistencia eléctrica para hornos. Su peso específico es de 5.6 a granel y de 4-4.5 en los tipos densos. Se emplea también como aislante, formando eutécticas con óxido de Magnesio y alúmina o también sola, con un 50% de poros, llamándose "variedad aisladora". Se emplea para revestimiento de hornos, sobre todo de síntesis gaseosa, de fusión de metales, para acero de alto punto de fusión, aleaciones especiales, etc. estufas de cerámica para altas temperaturas y accesorios para hornos eléctricos (elementos de calefacción), para motores de reacción, aislamiento térmico para hornos eléctricos, etc. Moderadamente se está tendiendo a usarla como material cerámico para fabricación de porcelanas.

REFRACTARIOS DE ALTA ALUMINA.- Se fabrican de arcilla de alta alúmina, conteniendo el mineral Diásporo mezclado con Caolinita (Missouri), dando materiales con 50 a 80% de alúmina según su clasificación. Otras arcillas de alta alúmina contienen Gibbsita (Guayana holandesa), o mezclas de ésta con Caolín, llamandolas Bauxitas arcillosas y cuando predomina el Caolín, arcillas Bauxíticas, en esta forma se emplean mucho como refractarios, por sus desfavorables propiedades de encogimiento. Otros minerales de alúmina son: la Silimanita o silicato de aluminio, con un 63% de alúmina (India), la Andalusita (España y algo en California). La Cianita (Suiza y estados del Sur y costa del Este de E.U.A.). Todos estos minerales se descomponen en Mullita por calentamiento arriba de  $1,550^\circ C$ . cuando están puros, y a menor temperatura cuando están impurificados con fundentes. Se están empleando mucho como materiales refractarios, concentrando previamente el mineral. Otro mineral hallado en pequeños depósitos es el Corundum o Esmeril, formado exclusivamente por alúmina (Asia Menor, Sur Africa, Ontario, etc.), no se le emplea como refractario (Alúmina x), pero si se emplea una alúmina artificial fundida en el horno eléctrico.

Cualquiera que sea el mineral, se reduce a polvo fino y se mezcla según su composición y el producto buscado, con arcilla refractaria (15 a 30%) y agua y se moldea, se secan los productos y se queman. La alúmina queda en forma, hexagonal, de densidad 3.31, a temperaturas altas se transforma en la forma , sufriendo un gran -



encogimiento y aumentando su densidad hasta 4.0. Se fabrican productos con 50,60,70 y 80 % de alúmina. Resisten a la desintegración térmica y a la acción química de escorias no ferrosas, así como a la vitrificación o deformación bajo carga. Su punto de fusión varía con el contenido de alúmina, desde como 31 a como 37 o sea de 1,680 a 1,700°C. Se usan en hornos operados a alta temperatura para cemento, vidrio, etc.

**REFRACTARIOS DE ALUMINA FUNDIDA.**- Junto con los refractarios de Mullita y los de Carburo de Silicio reciben a veces el nombre de Super refractarios, por su extraordinaria resistencia a las temperaturas elevadas. Coinciden en muchas de sus propiedades y se suministran en forma semejante.

Los de alúmina fundida se obtienen vaciando en moldes adecuados óxido de aluminio fundido en el horno eléctrico a una temperatura de 2,000 a 2,100°C. Pueden ser de dos Tipos: a. - Porosos, con gran número de huecos que les dan una gran ligereza,  $e=1.3$  (85 lbs/pie<sup>3</sup>). Presentan poca conductividad térmica (son los menos conductores), por lo que se emplean a menudo como aislantes, presentan gran resistencia a cargas en caliente, con contracción casi nula. Son resistentes a la acción química. b. - Cristalinos.- Los cristales que se desarrollan por enfriamiento se aproximan al diamante en dureza, son densos, poco permeables para los gases y líquidos, de poca conductividad y baja resistencia. Cuando son puros presentan una elevada resistencia a la corrosión y a la abrasión, cargas en caliente, etc., reteniendo su rigidez y forma, aún a elevada temperatura (mas de 1800°C).

La principal desventaja de estos refractarios es su elevado costo, que es de 2 a 20 veces mayor que los refractarios comunes, en formas normales y un poco menos en formas especiales, sin embargo, en la mayoría de los casos el gasto inicial queda compensado por su mayor duración. Se aplican para recubrimiento en los que se requiere alta resistencia a la abrasión y no hay peligro de choque en caliente, porque entonces se sustituyen por los de carburo de silicio. Son esenciales para procesos donde la sílice o el óxido de hierro reaccionan con el Hidrógeno a elevada temperatura. A veces se adicionan óxido cromoico o algo de óxido férrico para resistir al vidrio fundido. Se emplean para hornos de vidrios especiales (ópticos), loza refractaria, etc, y en recubrimientos de conductos de gases calientes, por ejemplo del alto Horno,. Para rieles de deslizamiento de los hornos de recalentamiento, etc.

**REFRACTARIOS DE MULLITA.**- La Mullita artificial es un silicato de aluminio muy puro, sin exceso de Sílice, fabricados fundiendo en el horno eléctrico mezclas de gran pureza y en proporciones exactas de arena Sílice y alúmina. Algunos se obtienen de Sillimanita natural, pero son menos refractarios. Son los mas resistentes a la temperatura de los productos de alúmina, resistiendo bien al rompimiento. Son duros, densos, químicamente estables y resistentes al choque en caliente. Su punto de fusión varía de 1,850 a 1,865°C (cono 38-39). Tienen buenas propiedades aislantes y bajo coeficiente de expansión térmica. Tienen baja permeabilidad, con un 20 a 27 % de poros. Densidad, 2.4. Cuando no contienen sílice en exceso pueden usarse para resistir condiciones básicas. Se emplean para hornos de vidrio en general cuando se requiere estabilidad a las altas temperaturas. No se usan en secciones menores de 3" o para formas intrincadas. Se emplean en equipo para producir aluminio, coke, cobre zinc, magnesio, hidrocarburos y loza esmaltada.

**REFRACTARIOS DE CARBURO DE SILICIO.**- Se fabrican sinterizando

en el horno eléctrico una mezcla de arena sílice y coke, a una temperatura de 1,780 a 2,200°C. Con agentes adhesivos apropiados dan productos que pueden emplearse como refractarios o como abrasivos. Son productos oscuros, muy duros y densos,  $e=2.5$ , 10 a 15% de porosidad, de gran conductividad térmica, gran absorción de calor y emisividad, siendo superiores en este sentido a muchos metales. Por su gran conductividad son los materiales super refractarios mas resistentes al deterioro por abrasión a las altas temperaturas o cambios bruscos de temperatura. En contraposición con la mayor parte de los refractarios, que se emplean como aislantes, tienen cierta conductividad térmica que les permite su empleo para hornos eléctricos de alta temperatura. También se emplean en casos en que se requiera disipar o dejar pasar calor, por ejemplo en muflas, y en ciertos hornos. Son de carácter ácido, por lo cual resisten bien el ataque de los ácidos, escorias o fundentes ácidos y aún escorias básicas, si son convenientemente aireados, es decir, que tienen gran resistencia a la corrosión. Presentan gran resistencia a la compresión a las altas temperaturas, siendo de 21 Kgs/cm<sup>2</sup>, por solo 2 de los ordinarios, a temperaturas mayores de 1,500°C. Esta propiedad les permite sustituir con ventaja a gran número de aleaciones que muestran debilitamiento aún antes de dicha temperatura, aumentando al mismo tiempo la velocidad de producción, porque permite trabajar a mayor temperatura, dando mas rendimiento, aparte de que permite el desarrollo de procesos que de otro modo serían imposibles. Tienen un sinúmero de aplicaciones, por su alta conductividad y emisividad, se emplean en cámaras regenerativas, muflas, tubos de calentamiento, hornos para productos cerámicos, tubos de calor radiante, etc. Por su resistencia a la abrasión, se emplean para rieles de deslizamiento en los hornos de recalentamiento y otros, para colectores de polvo del tipo Ciclone, para tubos de generadores, tubos de aire y gases calientes del alto horno y otros, sobre todo en el recubrimiento de Tes, Codos, etc. Por sus resistencia a la corrosión para boquillas de manejo de ácido sulfúrico, tubos sumergidos de calentamiento de líquidos corrosivos, para guías de alambre en tanques piclado, etc.

#### PRODUCTOS REFRACTARIOS.

**LADRILLOS NO QUEMADOS.**- Recientemente se han hecho de gran interés mezclas refractarias preparadas con la adición de algún aglomerante que dé a los ladrillos resistencia suficiente para ser usados sin quemado previo, para esto es necesario tener una gran proporción de material no-plástico, bien quemado y de un tamaño tal que un producto denso. Los ladrillos deben ser formados a presión elevada, para reducir el volumen lo mas posible. Se han hecho ladrillos de este tipo de Magnesita, Cromita, y arcilla refractaria. Un tipo de aglomerante muy empleado lo constituyen los cementos de Oxidloruro de Magnesio o de Cloruro de Magnesio con base de Magnesita o Cromita; ácido Fosfórico ( usado en materiales de Zircona ) o material aluminico. Se han sugerido otros como silicato de sodio y una sal aluminica soluble, pero ésta última tiene la desventaja de que emigra a la superficie en el secado, también algunos aglomerantes orgánicos, entre ellos las resinas sintéticas, formiato de aluminio para materiales de sílice alúmina (Rhode). Para refractarios de baja temperatura es posible emplear un cemento de alta alúmina.

Los refractarios de este tipo dan en algunos casos mejor resultado que los quemados, especialmente por su resistencia al rompi-

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO AETES"  
Cada. 1925



miento. Aparentemente resultan mas económicas que aquellos, pero en realidad son casi del mismo costo.

**LADRILLOS ORDINARIOS.**- Las formas normales de la serie A tienen un tamaño de 229x114x64 mm, son de forma prismática rectangular (a) Las formas medianas y chicas tienen un ancho de 89 y 57 mm. Los de la serie B tienen un grueso de 76 mm. Las demás formas normales derivan de las anteriores con sus mismas dimensiones y grosor, a veces de ancho variable. A continuación se describen las formas especiales, indicando solamente las variaciones y las dimensiones. ( Véanse figura 28, en la que aparecen las formas descritas.)

b.- Dovelá canto Nos. 1,2,3 y 4, con dimensiones de 64/54, 64/44, 64/25 y 64/3 (Bisel uniforme). La serie B tiene: 76/70, 76/64, 76/51 y 76/3.

c.- Dovelá punta o cuñas Nos. 1,2 y 3 (cuña uniforme). Serie A: 64/48, 64/38 y 64/16. Serie B: 76/70, 76/64, 76/51 y 76/16 (4).

d.- Dovelá círculo o llave. Nos. 1,2,3 y 4. Serie A: 114/102 ( anchos) y 89, 76 ó 57 (ancho menor). Serie B: Los mismos cambios.

e.- Jamba Normal o Esquinas Redondeadas, 229 x 114 x 63 mm.

f.- Salmer Punta o Bisel Longitudinal, 229/171, g.- Salmer canto a Bisel lateral, 114/57; h.- Salmer Cuña o Bisel de C<sub>a</sub>nto.

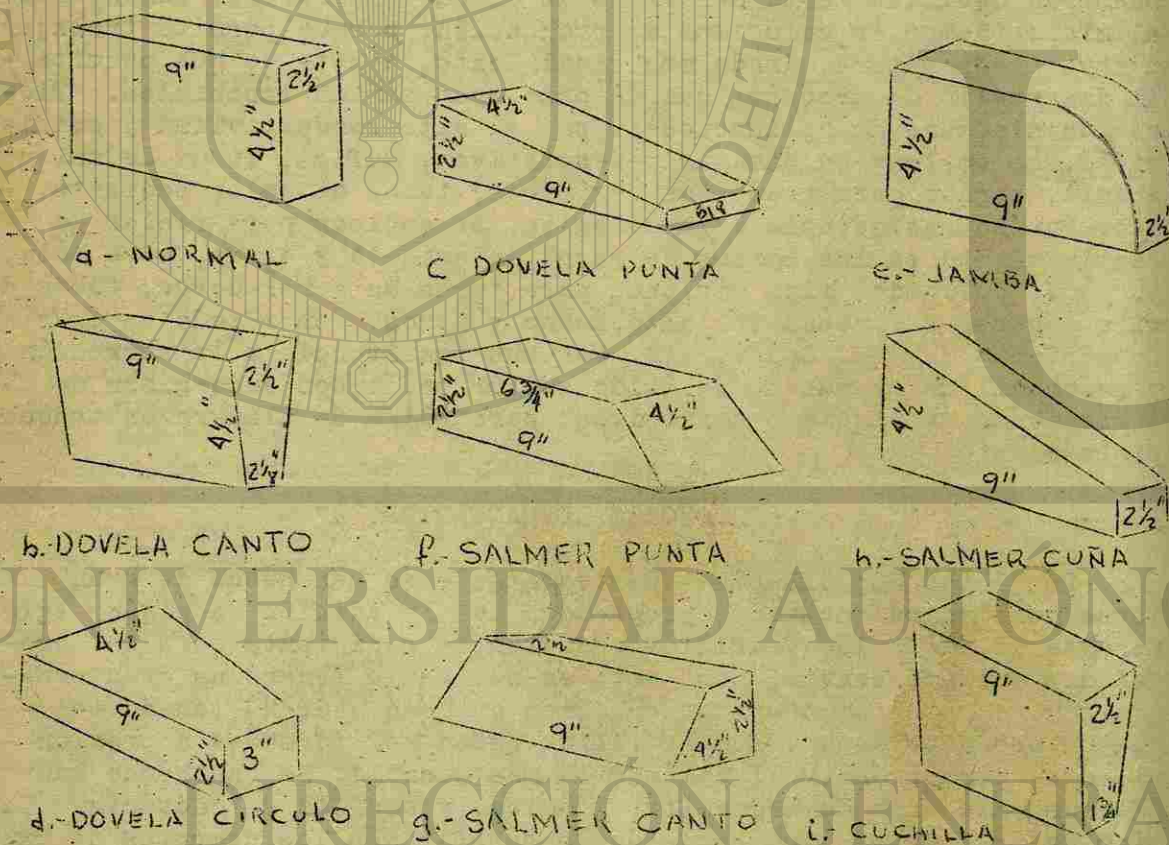


Fig. 28.- Tipos de Productos Refractarios.-

i.- Cuchilla o Arco Nos.1,2 y 3. Serie A: 63/54, 63/44, 63/25.

Las tejas rectangulares comunes se fabrican en dimensiones muy diversas, de 2,3,4,6 y 8" de grueso. Hay además otras formas como cuchilla No. 1,2,3 y 4 para arcos, ladrillos para recuperadores, los drillos y bloques circulares, placas rectangulares, bloques Cúpula del A al H, 229 X 146 X 114 X 229 á 229 X 203 X 114 X 229, son segmentos anulares para recubrimientos cilíndricos para hornos rotatorios, se fabrican de arcilla de alta alúmina o magnesita. Las for-

mas normales de ladrillos sílica son semejantes a las de los refractarios. Los de magnesita y cromita solo pueden llamarse normales en la forma simple de la serie de 229 (9"). Hay además una gran variedad de formas especiales, para aplicaciones muy diversas, algunas estandarizadas por algunos fabricantes, pero la mayoría deben ser solicitadas con tiempo, entre ellas se encuentran; Bloques para tanques de vidrio fundido o bloques flux, formas para hornos maleables, para hornos de cal, de coke, para arcos suspendidos, para calderas, para bases de quemado de productos cerámicos (cajas refractarias), muflas, retortas, crisoles, loza de vidrio refractario, generalmente hechas de mezclas de arcillas plásticas. Las muflas pueden hacerse de alúmina fundida y carburo de silicio, por su alta conductividad, también algunas pequeñas muflas se hacen de sílice fundida. Los crisoles se hacen de tamaños y materiales muy diversos, los mas comunes son de arcilla, Grafito y Porcelana refractaria. Esta última se emplea para muchos materiales de laboratorio, tubos de protección de pirómetros, tubos aislantes y otros aislantes eléctricos, etc., debe ser densa, de gran resistencia y de un punto de suavización elevado, las altas en Mullita son hechas de Silimanitas O-Cianitas de gran resistencia a la temperatura elevada y cambios de temperatura. Los objetos se fabrican generalmente por el proceso de vaciado para objetos delgados, algunos se esmaltan para evitar el paso de los gases. Se obtienen de Zirconia, de Mullita, de Alúmina fundida y de Carburo de Silicio.

#### MORTEROS, CONCRETOS Y PLASTICOS.

**GENERALIDADES.**- Sirven para colocar los materiales refractarios y unirlos entre sí, al mismo tiempo que para sellar las paredes de los hornos y evitar la penetración de la escoria. Generalmente son mezclas de arcillas refractarias plásticas y un material calcinado o no, de poco encogimiento o en lugar de arcilla cualquier otro material refractario. Se suministran en diferentes formas según su aplicación. El agregado puede ser material calcinado denso o material poroso de baja densidad, como la tierra Diatomácea, la vermiculita, la sílice gel, etc.

1.- **MORTEROS.**- Pueden ser de dos tipos: a.- De endurecimiento en caliente y b.- De endurecimiento al aire y pueden ser espesos o delgados, los primeros se aplican como los ordinarios y los delgados se usan por un proceso llamado de inmersión, porque se sumerge el ladrillo en él, de tal modo que se cubre el fondo y una de las paredes laterales. Según el material empleado pueden ser: ordinario de arcilla refractaria, de magnesita, de cromita, silíceos, de alúmina o de alta alúmina y de carburo de silicio.

a.- **Morteros que se endurecen por el calor.**- Formados por calcinados y arcilla plástica, obteniendo su resistencia al ser quemados a vitrificación incipiente. Como cementante para bajas temperaturas y gran resistencia se usa arcilla refractaria común, para altas temperaturas se usa caolín. El material calcinado o ingredientes no plásticos pueden constituir un 60% del total, para reducir el encogimiento, siempre que no se pierda la plasticidad y facilidad de manejo, los morteros de este tipos se venden en bolsas impermeables, debiendo mezclarse con agua al usarse.

b.- **Morteros de endurecimiento al aire.**- También como los anteriores tienen una base de arcilla calcinada o flint (Pág.101) quebrada a malla 40, mezclada con arcillas plásticas y 5 á 20% de silicato de sodio en solución. Las propiedades de la pasta dependen de



la relación de materiales y del tipo de arcilla y de silicatos usados, así, para altas temperaturas la arcilla debe ser muy refractaria y el silicato poco alcalino, disminuyendo la refractibilidad y aumentando la alcalinidad para temperaturas cada vez menores. La cantidad de agua se ajusta a la consistencia de pasta, usándose un proceso intermitente de mezclado para asegurar su control, la mezcla obtenida debe manejarse en recipientes cerrados, y al abrigo del aire, para ciertos casos se emplean morteros de este tipo al estado seco, dando menor resistencia.

2.- CEMENTOS REFRACTARIOS.- Mezclas de arcillas calcinadas (40-60%), fineza 4 a 2 hilos/pulg. 2 y arcilla plástica, para formar un material muy plástico que tenga gran flexibilidad, algunos se endurecen por el calor y otros por el frío, estos últimos como ya se sabe llevan soluciones de silicato de sodio. Debe tenerse cuidado al aplicarlos, para obtener un servicio adecuado, en general deben aplicarse por partes, mezclando bien y apisonando, a veces es conveniente producir en su superficie pequeñas perforaciones para permitir el escape de los gases. Se usan para calderas, puertas, y aún para construcciones monolíticas (vaciado en formas), algunos se aplican para tinajas, canales de picada, etc., usados en la obtención de metales, debiendo ser en este caso fáciles de trabajar y de un punto de suavización cercano al del metal vaciado, generalmente son mezclas (mezclas para Tinajas) de arcilla calcinada, algunas con caolín o arcillas de alta alúmina.

Las mezclas a base de cromita se emplean para condiciones severas de erosión por la escoria, en paredes de hogares, calderas, puertas, crisoles, etc. Las Silíceas se usan para parchar los hornos. Las de Carburo de Silicio cuando se requiere alta transferencia de calor y resistencia a la escoria. La Magnesita o Dolomita granulos mezclados con alquitrán o dextrina se usan para recubrimientos de crisoles de hornos básicos.

CONCRETOS REFRACTARIOS.- Son hechos con material calcinado denso (para masas resistentes) o poroso (para masas ligeras) en proporción de 60 a 80% y un 15 a 25 % de cemento de alta alúmina y arcilla, para hacerlos manejables. Mezclados con agua fraguan al aire, alcanzando gran dureza. Durante el reposo el agente cementante y las arcillas se asientan, por lo que deben mezclarse bien en seco, antes de agregar el agua. La cantidad necesaria de éstas varía con el tipo, pero ordinariamente es de 25 a 28 lts, por cada 100 Kgs. de material. Una vez vaciado se deja "Curar" por 24 a 48 horas. No deben emplearse para espesores menores de 40 mm. Presentan baja resistencia a temperaturas entre 820°C, cuando el cemento es deshidratado y aún no se ha obtenido resistencia por vitrificación. Soportan altas temperaturas sin sufrir gran encogimiento al secarse, por su bajo coeficiente de expansión. El producto obtenido resiste la penetración de la escoria, la abrasión y los cambios bruscos de temperatura. Se están empleando para tabiques de calderas, puertas de los hornos, cubiertas de los carros de los hornos de túnel, incineradores y construcciones de formas especiales. Los concretos porosos pueden pesar 40 a 50 % menos, tienen baja conductividad térmica (casi la mitad del ladrillo refractario), por lo que tienden a actuar como material aislante. Se usan para chimeneas, hornos para esmaltar, etc. A veces los concretos refractarios se mezclan con algo de óxido de cromo o fierro, para hacerlos resistentes a la acción corrosiva de la escoria.

## MATERIALES CEMENTANTES.

## I.- MATERIALES BITUMINOSOS.-

GENERALIDADES.- Ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos duro, adhiriéndose fuertemente a las superficies pétreas con las cuales se ponen en contacto generalmente por intermedio del agua, a veces solos y otras por polimerización. Tales sustancias se conocen con el nombre de "Materiales Cementantes" y tienen gran importancia para la unión de materiales pétreos naturales o artificiales, para fabricación de partes moldeadas o en construcción general.

CLASIFICACION.- Según su constitución se dividen en: orgánicos e inorgánicos. Los primeros comprenden únicamente los materiales bituminosos que se endurecen por polimerización. Se dividen en: Alquitranes, Asfaltos, Preparados Bituminosos y Productos de asfalto. Los segundos, según la transformación experimentada durante el endurecimiento se pueden clasificar en; Simples y Complejos. Simples son aquellos producidos por la acción del calor sobre ciertas materias primas, con el desprendimiento de un gas o líquido que se reabsorbe al fraguar. Los complejos por el contrario forman en el fraguado materiales diferentes de los iniciales, dando en presencia del agua una serie de reacciones químicas, acompañadas de fenómenos de cristalización en el seno de la masa (Fraguado). por lo cual se les llama también Cementos Hidráulicos. Para mejor distribución se estudiarán los materiales cementantes en tres capítulos titulados: -

1.- Materiales Bituminosos, 2.- Materiales Cementantes simples y 3.- Cementos Hidráulicos. Además se consideran en un capítulo aparte mezclas de los mismos usadas en la práctica, con el nombre de: Morteros y Concretos.

## 1.- MATERIALES BITUMINOSOS.

GENERALIDADES.- Los materiales Bituminosos, constituyen derivados del petróleo (asfalto) o de Carbones Bituminosos, Madera, etc., (alquitranes). Están formados principalmente por hidrocarburos de elevado peso molecular, junto con materiales resinosos y materiales aceitosos que actúan como solventes, además de impurezas minerales y orgánicas finamente divididas. La base fundamental se conoce con el nombre Bitumen o Betún y es completamente soluble en sulfuro de carbono.

Aunque los materiales bituminosos se han empleado desde los tiempos primitivos como materiales cubrientes, para proteger las superficies contra los agentes exteriores, o como materiales impermeables, solo hasta últimas fechas se ha procedido a su aplicación en la construcción en una forma científica definida, en caminos, carreteras, impermeabilizantes, pinturas, barnices, etc.

DIVISION.- Se consideran tres tipos principales de materiales Bituminosos: Alquitranes, Asfaltos y Preparados Bituminosos:

## A.- ALQUITRANES.-

GENERALIDADES.- Productos Bituminosos líquidos, obtenidos artificialmente como residuos en la destilación seca de carbones bituminosos (Alquitrán de carbón) o en la preparación de gas de agua (Alquitrán del gas de agua).

Alquitrán de carbón.- Se obtienen en la preparación del cok (Destilación seca de carbón de hulla) o del gas del alumbado (carbón de gas). En el 1o. el carbón mineral, (comúnmente hulla) se --



la relación de materiales y del tipo de arcilla y de silicatos usados, así, para altas temperaturas la arcilla debe ser muy refractaria y el silicato poco alcalino, disminuyendo la refractibilidad y aumentando la alcalinidad para temperaturas cada vez menores. La cantidad de agua se ajusta a la consistencia de pasta, usándose un proceso intermitente de mezclado para asegurar su control, la mezcla obtenida debe manejarse en recipientes cerrados, y al abrigo del aire, para ciertos casos se emplean morteros de este tipo al estado seco, dando menor resistencia.

2.- CEMENTOS REFRACTARIOS.- Mezclas de arcillas calcinadas (40-60%), fineza 4 a 2 hilos/pulg. 2 y arcilla plástica, para formar un material muy plástico que tenga gran flexibilidad, algunos se endurecen por el calor y otros por el frío, estos últimos como ya se sabe llevan soluciones de silicato de sodio. Debe tenerse cuidado al aplicarlos, para obtener un servicio adecuado, en general deben aplicarse por partes, mezclando bien y apisonando, a veces es conveniente producir en su superficie pequeñas perforaciones para permitir el escape de los gases. Se usan para calderas, puertas, y aún para construcciones monolíticas (vaciado en formas), algunos se aplican para tinajas, canales de picada, etc., usados en la obtención de metales, debiendo ser en este caso fáciles de trabajar y de un punto de suavización cercano al del metal vaciado, generalmente son mezclas (mezclas para Tinajas) de arcilla calcinada, algunas con caolín o arcillas de alta alúmina.

Las mezclas a base de cromita se emplean para condiciones severas de erosión por la escoria, en paredes de hogares, calderas, puertas, crisoles, etc. Las Silíceas se usan para parchar los hornos. Las de Carburo de Silicio cuando se requiere alta transferencia de calor y resistencia a la escoria. La Magnesita o Dolomita granulos mezclados con alquitrán o dextrina se usan para recubrimientos de crisoles de hornos básicos.

CONCRETOS REFRACTARIOS.- Son hechos con material calcinado denso (para masas resistentes) o poroso (para masas ligeras) en proporción de 60 a 80% y un 15 a 25 % de cemento de alta alúmina y arcilla, para hacerlos manejables. Mezclados con agua fraguan al aire, alcanzando gran dureza. Durante el reposo el agente cementante y las arcillas se asientan, por lo que deben mezclarse bien en seco, antes de agregar el agua. La cantidad necesaria de éstas varía con el tipo, pero ordinariamente es de 25 a 28 lts, por cada 100 Kgs. de material. Una vez vaciado se deja "Curar" por 24 a 48 horas. No deben emplearse para espesores menores de 40 mm. Presentan baja resistencia a temperaturas entre 820°C, cuando el cemento es deshidratado y aún no se ha obtenido resistencia por vitrificación. Soportan altas temperaturas sin sufrir gran encogimiento al secarse, por su bajo coeficiente de expansión. El producto obtenido resiste la penetración de la escoria, la abrasión y los cambios bruscos de temperatura. Se están empleando para tabiques de calderas, puertas de los hornos, cubiertas de los carros de los hornos de túnel, incineradores y construcciones de formas especiales. Los concretos porosos pueden pesar 40 a 50 % menos, tienen baja conductividad térmica (casi la mitad del ladrillo refractario), por lo que tienden a actuar como material aislante. Se usan para chimeneas, hornos para esmaltar, etc. A veces los concretos refractarios se mezclan con algo de óxido de cromo o fierro, para hacerlos resistentes a la acción corrosiva de la escoria.

## MATERIALES CEMENTANTES.

## I.- MATERIALES BITUMINOSOS.-

GENERALIDADES.- Ciertos materiales tienen la propiedad de endurecerse y convertirse en un sólido más o menos duro, adhiriéndose fuertemente a las superficies pétreas con las cuales se ponen en contacto generalmente por intermedio del agua, a veces solos y otras por polimerización. Tales sustancias se conocen con el nombre de "Materiales Cementantes" y tienen gran importancia para la unión de materiales pétreos naturales o artificiales, para fabricación de partes moldeadas o en construcción general.

CLASIFICACION.- Según su constitución se dividen en: orgánicos e inorgánicos. Los primeros comprenden únicamente los materiales bituminosos que se endurecen por polimerización. Se dividen en: Alquitranes, Asfaltos, Preparados Bituminosos y Productos de asfalto. Los segundos, según la transformación experimentada durante el endurecimiento se pueden clasificar en; Simples y Complejos. Simples son aquellos producidos por la acción del calor sobre ciertas materias primas, con el desprendimiento de un gas o líquido que se reabsorbe al fraguar. Los complejos por el contrario forman en el fraguado materiales diferentes de los iniciales, dando en presencia del agua una serie de reacciones químicas, acompañadas de fenómenos de cristalización en el seno de la masa (Fraguado). por lo cual se les llama también Cementos Hidráulicos. Para mejor distribución se estudiarán los materiales cementantes en tres capítulos titulados: -

1.- Materiales Bituminosos, 2.- Materiales Cementantes simples y 3.- Cementos Hidráulicos. Además se consideran en un capítulo aparte mezclas de los mismos usadas en la práctica, con el nombre de: Morteros y Concretos.

## 1.- MATERIALES BITUMINOSOS.

GENERALIDADES.- Los materiales Bituminosos, constituyen derivados del petróleo (asfalto) o de Carbones Bituminosos, Madera, etc., (alquitranes). Están formados principalmente por hidrocarburos de elevado peso molecular, junto con materiales resinosos y materiales aceitosos que actúan como solventes, además de impurezas minerales y orgánicas finamente divididas. La base fundamental se conoce con el nombre Bitumen o Betún y es completamente soluble en sulfuro de carbono.

Aunque los materiales bituminosos se han empleado desde los tiempos primitivos como materiales cubrientes, para proteger las superficies contra los agentes exteriores, o como materiales impermeables, solo hasta últimas fechas se ha procedido a su aplicación en la construcción en una forma científica definida, en caminos, carreteras, impermeabilizantes, pinturas, barnices, etc.

DIVISION.- Se consideran tres tipos principales de materiales Bituminosos: Alquitranes, Asfaltos y Preparados Bituminosos:

## A.- ALQUITRANES.-

GENERALIDADES.- Productos Bituminosos líquidos, obtenidos artificialmente como residuos en la destilación seca de carbones bituminosos (Alquitrán de carbón) o en la preparación de gas de agua (Alquitrán del gas de agua).

Alquitrán de carbón.- Se obtienen en la preparación del cok (Destilación seca de carbón de hulla) o del gas del alumbado (carbón de gas). En el 1o. el carbón mineral, (comúnmente hulla) se --



carga en retortas y se destila calentando a altas temperaturas, -- los productos volátiles condensados en una torre con cierre hidráulico, se separan en dos capas, una solución acuosa y el alquitrán. El alquitrán separado contiene gran cantidad de agua emulsionada, por lo que se somete a deshidratación pasándolo en delgadas películas sobre placas calientes en una cámara de vacío. Los vapores producidos se condensan y se separan del agua y el alquitrán por gravedad, rompiéndose la emulsión; algo del agua queda aún en el alquitrán, siendo difícil de separarse.

Alquitrán de gas de agua. - El gas de agua se obtiene pasando una corriente de vapor de agua sobre carbón mineral calentando al rojo ( $1,000^{\circ}\text{C}$ ), formándose hidrógeno y óxido de carbono que actúan como combustibles. Para hacerlo mas luminoso se enriquece con destilados de petróleo (gasoil), vaporizándolos juntos, la mezcla se pasa sobre un sobrecalentador a  $650^{\circ}\text{C}$ , rompiéndose los vapores de aceite (cracking). El gas producido se quema produciendo vapores alquitranados que se pasan através de un lavador, un condensador y un extractor de alquitrán, para separar éste. Se refina como el anterior.

PROPIEDADES. - Líquidos de color obscuro, de fuerte olor característico, son casi totalmente solubles en sulfuro de carbono, dejando un pequeño residuo de carbón libre, los de menos de 5% se llaman alquitranes de bajo carbón y los demás alquitranes de alto carbón. Los alquitranes de gas de agua refinados poseen poco carbón libre. Su densidad varía de 1.08 a 1.15, con un punto de suavización de  $35$  a  $65^{\circ}\text{C}$ . Se usan para cubiertas base, tratamiento superficial y en mezclas para caminos, pinturas protectoras, etc.

#### B.- ASFALTOS.

DEFINICION Y CLASIFICACION. - Son materiales de color negro o café obscuro, sólidos o semisólidos, resistentes, elásticos e impermeables, que funden gradualmente cuando se les calienta, dando un producto adherente de gran poder protector y de endurecimiento. El asfalto es un coloide compuesto de Asfaltanos y resinas de petróleo como coloides y aceite como emulsificante. Los Asfaltanos están formados por carbón e hidrocarburos en gran cantidad y algo de resinas polimerizadas como protectoras, en cambio, las resinas de petróleo tienen poco carbón y una gran cantidad de resinas. Pueden ser: 1.- Naturales o de Mina 2.- Artificiales, derivados del petróleo o Asfaltos de Petróleo. La fuente es la misma en los dos tipos, pero en el primero los productos volátiles del petróleo se han evaporado en la naturaleza y en el segundo se ha producido una destilación artificial. Además se incluyen 3 Asfaltos Modificados.

PROPIEDADES DEL ASFALTO. - El asfalto en su forma natural sólida es sumamente duro, pero se reblandece por el calor, necesitan do calentarse por encima de su punto de fusión, para poder utilizarse. El calentamiento debe efectuarse cuidadosamente, porque si se sobrecalienta se perjudican sus propiedades y en cambio si no se calienta lo suficiente se enfría rápidamente y no tiene suficiente adhesión. Es combustible cuando se calienta a elevada temperatura, su punto de inflamación sirve para identificar los diferentes productos bituminosos. El punto de suavización varía con su composición. Los asfaltos oxidados presentan un punto de suavización mas elevado. Los materiales de mayor punto de suavización son menos susceptibles a los cambios de temperatura, por lo cual son apropiados para uso en climas cálidos. Presenta gran flexibilidad, es repelente del agua, lo cual lo hace un excelente material para impermeabilizaciones sobre todo los asfaltos oxidados. Expues--

to a la intemperie sufre un proceso de oxidación superficial, lo cual produce un flujo molecular interno que termina con el deterioro progresivo, por la llegada de nuevas moléculas a la superficie, hasta que la película está totalmente carbonizada.

1. ASFALTOS NATURALES. - Se encuentran ampliamente distribuidos en México, Venezuela, Estados Unidos, India del Este y en general en todos los países en donde existen yacimientos petrolíferos. Algunos se hallan en grandes depósitos (Lagos Trinidad en las Indias del Este y Bermudez en Venezuela), otros en forma de Gilsonita en forma de venas verticales (Colorado) como un material muy puro, duro y frágil, muy empleado para pinturas y barnices. Otra forma se mejante es la Grahamita de composición muy variable, debido a los diferentes petróleos de que proceden, su composición no es uniforme, de aquí que sea necesario escoger una base apropiada de Asfalto para usos específicos. Tienen la desventaja de poseer gran número de impurezas, por lo cual deben ser refinados antes de su aplicación comercial. La refinación consiste en una deshidratación y sedimentación para eliminar el agua y la materia mineral. La deshidratación consiste en calentar el producto pasándolo a presión por tubos calientes a un vaporizador a presión atmosférica. Los vapores y el agua se condensan y se separan por gravedad, perdiendo la propiedad de emulsificarse. Dejando en reposo el producto fundido se produce la sedimentación.

2. ASFALTOS DE PETROLEO. - Se obtienen como ya se dijo, de la destilación de los petróleos y constituyen la mayor porción de los asfaltos comerciales. Sin embargo no todos los petróleos contienen asfaltos y se pueden considerar tres tipos: 1. Petróleos - Asfálticos 2. - Semiasfálticos y 3. - Parafínicos o petróleos no asfálticos:

Los petróleos de base asfáltica se encuentran ampliamente distribuidos en California, México, Venezuela, Colombia, Argentina etc. Una vez extraídos se someten a destilación fraccionada, con el objeto de separarlos productos de diferentes puntos de ebullición (Eter de petróleo, Gasolinas, Aceites, etc.), quedando como producto final no destilable, el asfalto. La destilación puede guardarse para dar tres tipos: Aceites residuales fluidos, Cementos de Asfalto y Asfaltos refinados, según la temperatura, naturaleza del petróleo y tiempo de calentamiento.

#### 3.- ASFALTOS

a. Asfaltos de Cracking. - Sometiendo el asfalto y aceites residuales de la destilación del petróleo a un proceso llamado de "Cracking" o rompimiento de las grandes moléculas, se aumenta el rendimiento en hidrocarburos, quedando un asfalto llamado de Cracking de carácter heterogeneo, muy susceptibles a los cambios de temperatura y poco apreciados, por no tener buenas propiedades.

b. Asfaltos Oxidados. - Algunos asfaltos semisólidos o Aceites residuales se someten a un proceso de oxidación para formar compuestos mas pesados y de mayor peso molecular (polimerización). Este proceso se desarrolla pasando aire a presión ( $20$  a  $30$  lbs./pie<sup>2</sup>), a través de tubos perforados en el fondo de un recipiente cilíndrico, provocando en la carga una agitación continua. La temperatura se mantiene entre  $205^{\circ}\text{C}$ . y  $260^{\circ}\text{C}$ ., una vez iniciada la reacción se desprende gran cantidad de calor, por lo que no necesita calentarse. La oxidación progresiva disminuye el poder de penetración y la ductibilidad y aumenta el punto de suavización.

c. Asfaltos Fluidizados. - Mezclas de materiales de diferente viscosidad para obtener un producto de viscosidad media, fá-



La preparación se desarrolla en caliente, mezclando los productos fundidos por agitación mecánica o con vapor hasta homogeneización. Se aplica a asfaltos muy duros, para facilitar su manejo en forma de materiales llamados Cementos de asfaltos.

#### C.- PREPARADOS BITUMINOSOS.

Además del asfalto sólido o semisólido se venden en el comercio soluciones y emulsiones de asfalto o de alquitranes, para manejarlos industrialmente en forma líquida, evitando la necesidad de calentar y aumentando las propiedades de penetración.

**Soluciones.**- Se obtienen añadiéndoles destilados de petróleo (comúnmente gasoil), dando productos semejantes a las soluciones originales, por lo cual se llaman asfaltos o alquitranes "Regresados". Presentan la desventaja de ser inflamables, por lo cual deben manejarse con mucho cuidado, además poseen un fuerte olor, no pueden aplicarse en superficies que no estén secas y solo en películas delgadas, tienden a suavizarse y fluir por el calor y se rompen por enfriamiento o secado excesivo, oxidándose progresivamente. Se emplean para tratamientos superficiales, mezclas para caminos, los de alquitrán se usan cuando se requieren aplicaciones a baja temperatura de solidificación rápida. En general se emplean para una serie de productos comerciales, como plásticos y pinturas de asfalto, variando el tipo de solventes y empleando diferentes materiales de relleno, son empleados como cubiertas protectoras, impermeabilizantes, etc.

**Emulsiones.**- Se obtienen dispersando asfalto o alquitrán en el agua, bajo la acción de una fuerte velocidad y en presencia de agentes emulsificantes, en agitadores mecánicos de paleta o en molinos coloidales, éstos últimos consisten de discos giratorios con alta velocidad tangencial, que cortan el líquido produciendo la dispersión. Las emulsiones producidas pueden ser estables o de lento rompimiento o lábiles, inestables o de rápidos rompimientos. Constituyen la forma mejor y más moderna de aplicación de asfalto. Las primeras emplean como emulsificante un coloide mineral, generalmente arcilla, óxidos o hidrosilicatos, caseína, etc. produciendo películas de gran resistencia. Se conocen como "Emulsiones industriales de Asfalto", se emplean para mezclas con agregados para caminos, aumentando la estabilidad necesaria con la fineza del agregado. Las emulsiones lábiles o inestables se emplean para revestimiento superficial o trabajos de recubrimiento y para parches y reparaciones.

#### D.- PRODUCTOS DE ASFALTO

**MEZCLAS PARA PAVIMENTOS.**- Pueden ser de tipo de hojas o de tipo de concreto. La primera contiene 10 á 13% de cemento de Asfalto, 10 á 20% de caliza pulverizada o algún otro relleno mineral y el resto de arena fina, malla 10, es muy común en las ciudades. El concreto asfáltico contiene además piedra quebrada fina o gruesa.

Pueden prepararse a mano o en plantas mezcladoras, provistas de un mezclador de paletas o rotatorio, estos últimos trabajan a presión de 50 lbs./pulg<sup>2</sup>. El agregado mineral previamente secado y pesado, se bate en estos mezcladores por unos 15 segundos antes de introducir el asfalto caliente, continuándose la agitación hasta obtener una mezcla homogénea (15 á 30 seg.). La temperatura se mantiene a 121°-177°C., según el tipo de mezcla, evitando el sobrecalentamiento, que afecta a la mezcla en forma semejante a la oxidación.

La mezcla preparada se transporta en recipientes cubiertos, para evitar la pérdida de calor y se extiende a mano sobre la base

#### A.- YESOS.-

**GENERALIDADES.**- El yeso se llama técnicamente sulfato de calcio ( $\text{Ca SO}_4$ ), existe en gran cantidad en la naturaleza, generalmente en forma de un deshidrato ( $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) algo impurificado con óxido de hierro, calizas, arcillas, etc. El yeso comercial debe tener la propiedad de fraguado, para lo cual se somete el yeso natural a una deshidratación. El producto obtenido puede venderse puro o impurificado con sustancias ya presentes o añadidas que le dan características especiales y a veces has ta nombres comerciales definidos.

**OBTENCION DE YESOS COMERCIALES.**- Comprende tres partes esenciales: a.- Preparación de la materia Prima.- La materia prima, generalmente Selenita se somete a un quebrado preliminar para obtener un material de tamaño unifrome, propiedad de gran interés en la deshidratación. La Selenita es extraída de minas, en forma de masas cristalizadas, láminares, brillantes, de color blanco, a veces rosadas, amarillentas o azuladas, se separan en láminas parecidas a la mica, pero inelásticas y semitransparentes. Es común también el empleo de la Gipsita, mineral impurificado con arcilla y arena hasta un 50%. Otra variedad es el Alabastro, masas cristalinas de grano muy fino, blancas, susceptibles de pulimento, por lo que se emplean para estatuas.

b.- Deshidratación.- Consiste en someter el yeso natural a un calentamiento, con el objeto de eliminar parcial o totalmente el agua de cristalización, según el material requerido. Deshidratando cuidadosamente a temperaturas menores de 190°C se obtiene un semihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) llamado yeso de Paris o de la sedimentación. La deshidratación empieza a los 110°C, notándose una especie de ebullición debida al desprendimiento violento del vapor, hasta llegar a 130°C, permaneciendo estable la masa a esta temperatura y sedimentándose, por lo cual se llama a este paso la sedimentación, reproduciéndose el volumen un 10 á 15%, por la transformación de la mayor parte del deshidrato en semihidrato. Si continua el calentamiento se produce una segunda ebullición, más fuerte, aquietándose más tarde la masa (segunda sedimentación), en este paso se transforma todo en semihidrato y una parte de éste en anhídrita soluble, con reducción de 15 á 20 % del volumen original. Si el calentamiento continúa por encima de los 190°C, continúa aumentando la formación de yeso anhídrico, obteniéndose el yeso para pisos o yeso calcinado. Si el calentamiento se prolonga demasiado por encima de los 205°C, o se calienta a temperatura alta, el yeso pierde su propiedad de fraguado y se llama yeso anhídrico o yeso muerto. La deshidratación puede efectuarse en hornos de cuba o rotatorios (.Pág. 17). Los primeros son de 7 á 10 Toneladas, generalmente de tipo intermitente, es decir que se cargan y descargan de una sola vez. Por el contrario los rotatorios son continuos y de mayor capacidad, generalmente dotados de 4 calcinadores sucesivos, producen yeso de menor tamaño y casi siempre anhídrico.

c.- Obtención de productos comerciales.- El yeso obtenido por cualquiera de los métodos anteriores se somete a molido, ya sea solo o con adición de otros materiales, para retardar el tiempo



La preparación se desarrolla en caliente, mezclando los productos fundidos por agitación mecánica o con vapor hasta homogeneización. Se aplica a asfaltos muy duros, para facilitar su manejo en forma de materiales llamados Cementos de asfaltos.

#### C.- PREPARADOS BITUMINOSOS.

Además del asfalto sólido o semisólido se venden en el comercio soluciones y emulsiones de asfalto o de alquitranes, para manejarlos industrialmente en forma líquida, evitando la necesidad de calentar y aumentando las propiedades de penetración.

**Soluciones.**- Se obtienen añadiéndoles destilados de petróleo (comúnmente gasoil), dando productos semejantes a las soluciones originales, por lo cual se llaman asfaltos o alquitranes "Regresados". Presentan la desventaja de ser inflamables, por lo cual deben manejarse con mucho cuidado, además poseen un fuerte olor, no pueden aplicarse en superficies que no estén secas y solo en películas delgadas, tienden a suavizarse y fluir por el calor y se rompen por enfriamiento o secado excesivo, oxidándose progresivamente. Se emplean para tratamientos superficiales, mezclas para caminos, los de alquitrán se usan cuando se requieren aplicaciones a baja temperatura de solidificación rápida. En general se emplean para una serie de productos comerciales, como plásticos y pinturas de asfalto, variando el tipo de solventes y empleando diferentes materiales de relleno, son empleados como cubiertas protectoras, impermeabilizantes, etc.

**Emulsiones.**- Se obtienen dispersando asfalto o alquitrán en el agua, bajo la acción de una fuerte velocidad y en presencia de agentes emulsificantes, en agitadores mecánicos de paleta o en molinos coloidales, éstos últimos consisten de discos giratorios con alta velocidad tangencial, que cortan el líquido produciendo la dispersión. Las emulsiones producidas pueden ser estables o de lento rompimiento o lábiles, inestables o de rápidos rompimientos. Constituyen la forma mejor y más moderna de aplicación de asfalto. Las primeras emplean como emulsificante un coloide mineral, generalmente arcilla, óxidos o hidrosilicatos, caseína, etc. produciendo películas de gran resistencia. Se conocen como "Emulsiones industriales de Asfalto", se emplean para mezclas con agregados para caminos, aumentando la estabilidad necesaria con la fineza del agregado. Las emulsiones lábiles o inestables se emplean para revestimiento superficial o trabajos de recubrimiento y para parches y reparaciones.

#### D.- PRODUCTOS DE ASFALTO

**MEZCLAS PARA PAVIMENTOS.**- Pueden ser de tipo de hojas o de tipo de concreto. La primera contiene 10 á 13% de cemento de Asfalto, 10 á 20% de caliza pulverizada o algún otro relleno mineral y el resto de arena fina, malla 10, es muy común en las ciudades. El concreto asfáltico contiene además piedra quebrada fina o gruesa.

Pueden prepararse a mano o en plantas mezcladoras, provistas de un mezclador de paletas o rotatorio, estos últimos trabajan a presión de 50 lbs./pulg<sup>2</sup>. El agregado mineral previamente secado y pesado, se bate en estos mezcladores por unos 15 segundos antes de introducir el asfalto caliente, continuándose la agitación hasta obtener una mezcla homogénea (15 á 30 seg.). La temperatura se mantiene a 121°-177°C., según el tipo de mezcla, evitando el sobrecalentamiento, que afecta a la mezcla en forma semejante a la oxidación.

La mezcla preparada se transporta en recipientes cubiertos, para evitar la pérdida de calor y se extiende a mano sobre la base

#### A.- YESOS.-

**GENERALIDADES.**- El yeso se llama técnicamente sulfato de calcio ( $\text{Ca SO}_4$ ), existe en gran cantidad en la naturaleza, generalmente en forma de un deshidrato ( $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) algo impurificado con óxido de hierro, calizas, arcillas, etc. El yeso comercial debe tener la propiedad de fraguado, para lo cual se somete el yeso natural a una deshidratación. El producto obtenido puede venderse puro o impurificado con sustancias ya presentes o añadidas que le dan características especiales y a veces has ta nombres comerciales definidos.

**OBTENCION DE YESOS COMERCIALES.**- Comprende tres partes esenciales: a.- Preparación de la materia Prima.- La materia prima, generalmente Selenita se somete a un quebrado preliminar para obtener un material de tamaño unifrome, propiedad de gran interés en la deshidratación. La Selenita es extraída de minas, en forma de masas cristalizadas, láminares, brillantes, de color blanco, a veces rosadas, amarillentas o azuladas, se separan en láminas parecidas a la mica, pero inelásticas y semitransparentes. Es común también el empleo de la Gipsita, mineral impurificado con arcilla y arena hasta un 50%. Otra variedad es el Alabastro, masas cristalinas de grano muy fino, blancas, susceptibles de pulimento, por lo que se emplean para estatuas.

b.- Deshidratación.- Consiste en someter el yeso natural a un calentamiento, con el objeto de eliminar parcial o totalmente el agua de cristalización, según el material requerido. Deshidratando cuidadosamente a temperaturas menores de 190°C se obtiene un semihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) llamado yeso de Paris o de la sedimentación. La deshidratación empieza a los 110°C, notándose una especie de ebullición debida al desprendimiento violento del vapor, hasta llegar a 130°C, permaneciendo estable la masa a esta temperatura y sedimentándose, por lo cual se llama a este paso la sedimentación, reproduciéndose el volumen un 10 á 15%, por la transformación de la mayor parte del deshidrato en semihidrato. Si continua el calentamiento se produce una segunda ebullición, más fuerte, aquietándose más tarde la masa (segunda sedimentación), en este paso se transforma todo en semihidrato y una parte de éste en anhídrita soluble, con reducción de 15 á 20 % del volumen original. Si el calentamiento continúa por encima de los 190°C, continúa aumentando la formación de yeso anhídrico, obteniéndose el yeso para pisos o yeso calcinado. Si el calentamiento se prolonga demasiado por encima de los 205°C, o se calienta a temperatura alta, el yeso pierde su propiedad de fraguado y se llama yeso anhídrico o yeso muerto. La deshidratación puede efectuarse en hornos de cuba o rotatorios (.Pág. 17). Los primeros son de 7 á 10 Toneladas, generalmente de tipo intermitente, es decir que se cargan y descargan de una sola vez. Por el contrario los rotatorios son continuos y de mayor capacidad, generalmente dotados de 4 calcinadores sucesivos, producen yeso de menor tamaño y casi siempre anhídrico.

c.- Obtención de productos comerciales.- El yeso obtenido por cualquiera de los métodos anteriores se somete a molido, ya sea solo o con adición de otros materiales, para retardar el tiempo



po de fraguado o comunicarle propiedades especiales.

PROPIEDADES.- Las propiedades y usos de los yesos dependen del material original, del grado de deshidratación sufrido y del tiempo empleado en la misma. En general, los yesos en forma de hemihidratos o anhidrita se disuelven y combinan con el agua, tendiendo a formar dihidrato, que se precipita como un sólido formado por finos cristales entremezclados.



La velocidad de hidratación y endurecimiento disminuye con la temperatura de obtención y varía con la intensidad y duración del calentamiento y el grado de fineza, así, el yeso de Paris fragua en 5 á 10 m., mientras que algunos yesos cementantes duran horas y aún días en hidratarse completamente, pero dan productos más duros y más resistentes. La adición de sustancias de tipo coloidal disminuye la velocidad de hidratación y endurecimiento, por obstruirse la formación de cristales, de aquí que se acostumbre en la práctica añadir materiales retardadores tales como harina, goma, gelatina, aserrín, sangre, etc.

La adición de ciertas sustancias que se combinan con él tiende a aumentar su dureza, entre ellas se emplean el alumbre (sulfato aluminopotásico), el sulfato de sodio potasio, etc. La resistencia varía notablemente, en general aumenta en los primeros días, llega al máximo en unas pocas semanas y disminuye después lentamente; aumenta también con la fineza.

CLASIFICACION.- Se clasifican en dos tipos principales:

- I.- Yesos incompletamente deshidratados y
- II.- Yesos Anhidros.

Cada uno de estos comprende dos variedades: La pura y la impura. Los primeros comprenden el Yeso de Paris y los Yesos Cementantes y los segundos el Yeso para pisos y el Yeso para acabados duros.

1.- YESO DE PARIS.- Yeso puro semihidratado, obtenido de la deshidratación de material finamente molido, presenta un fraguado de 5 á 15 m. Se vende en polvo de 80 a 90 % de fineza en malla 100, tiene poco uso como mortero por su gran rapidez de fraguado y baja resistencia, pero en cambio se emplea para trabajos ornamentales por su gran contracción y expansión, cuando no esta muy finamente molido se conoce como Estuco.

2.- YESOS CEMENTANTES.- Se llaman también Yesos para paredes y a menudo Estucos, son mezclas del anterior con otros materiales por ejemplo coloidales, para retardar el fraguado (10%) o cal hidratada (15%) para aumentar la plasticidad y la capacidad de aceptar arena y detener la corrosión, por la neutralización del ion  $(\text{SO}_4)$ . Cuando no proviene de alguna variedad de Gypsita se añade arcilla con el mismo fin. Para disminuir el encogimiento y aumentar la resistencia se añaden de dos a tres partes de arena, la 1a., con fraguado y endurecimiento de 11/2 á 7 horas, se llama de primer recubrimiento y tiene una resistencia a la tensión de 5.25 Kgs/cm<sup>2</sup>. La segunda tiene fraguado y endurecimiento de 2 a 3 horas y menor resistencia (3.5 Kgs/cm<sup>2</sup>, en 7 días).

3.- YESO PARA PISOS.- Yeso de fraguado muy lento, por lo cual debe molerse mas que el de Paris, al endurecerse desarrolla una gran resistencia y dureza mecánica, sobre todo a la abrasión, lo cual les permite emplearse para pisos, pero debe protegerse de la humedad mientras fragua.

4.- YESOS PARA ACABADOS DUROS.- Se aumenta la velocidad de

hidratación añadiendo ciertas sales, tales como alumbre o sulfato de sodio o potasio, esto se desarrolla sumergiendo en soluciones apropiadas y el yeso recién obtenido y volviendo después a quemar, En tre ellos se encuentra el cemento Keene, con un 1% de alumbre, sólido blanco, de gran pureza y fraguado muy lento (4 horas) presenta a los 7 días una resistencia de 45 lbs/pulg.2. Con adición al yeso de 0.4% de sulfato de sodio o potasio se obtiene el cemento Mack, en forma de un producto denso de gran durabilidad, con sulfato de Potasio se obtiene el cemento Parian.

PRODUCTOS COMERCIALES.- Se venden en el comercio gran número de figuras huecas o macizas para efectos decorativos, pero de importancia en construcción pueden considerarse placas ligeras de diversos nombres, fabricadas de mezclas de yeso con aserrín, desperdicios de turba, fibra de yute, pelos, cerdas, etc. Algunas de estas tienen excelentes propiedades aislantes, térmicas y acústicas, son ligeras, fáciles de colocar y recubrir, pero se agrietan con facilidad y no resisten los cambios de humedad, se manchan facilmente y no son muy durables.

Los yesos con fibras de madera (0.5 %) o cerda (0.03 á .05 %) se usan para aislantes ligeros al calor y al sonido. Para construcciones temporales, tabiques para exhibición, etc. Se aplica el yeso sobre alguna fibra para reforzarlo y hacerlo tenaz, a menudo se le añade cemento, glicerina y dextrina. Cuando se mezcla el yeso con fibra de materiales resistentes al calor, se emplea para placas aislantes.

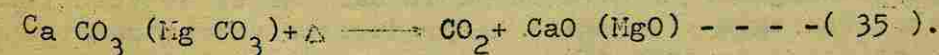
#### B.- MATERIALES DE CAL Y MAGNESIA.

GENERALIDADES.- Se da este nombre a los productos que resultan de la calcinación de los carbonatos de calcio y magnesio o mezclas de los mismos. Las propiedades varían con la proporción de óxido de calcio y óxido de magnesio, los mas importantes como materiales cementantes son aquellos en que predomina el óxido de calcio, los cuales reciben el nombre genérico de "Cales".

CLASIFICACION.- Según su contenido en Oxido de calcio o Magnesio se clasifican en: Cales Altas en Calcio, Grasas o Cáusticas, con 90 % de CaO. Cálcicas o Cal viva común, con 85 á 90 % de CaO. Cales Magnesíticas, con 10 á 25 % de Oxido de Magnesio (MgO), Cales Dolomíticas, con 25 á 50 % de MgO y finalmente Magnesia Calcinada. Esta última solo tiene importancia en la fabricación de Cementos Oxidocloruro (como material cementante), por lo cual se estudiarán solamente las cales, las cuales comprenden: Cales Anhidras y Cal Hidratada, refiriendose sobre todo a las dos primeras, ya que las demás no tienen aplicación como materiales cementantes.

##### a. CALES ANHIDRAS.

FABRICACION.- Se obtienen por calcinación de calizas a temperaturas de 800 a 900°C., descomponiendose los carbonatos de calcio y magnesio en los óxidos correspondientes y anhídrido carbónico.



El tamaño de la caliza empleada depende de la clase de horno, (o éste de aquella), variando también la temperatura de quemado y el tiempo; en general, las piedras de menor tamaño se queman mas rapidamente y a mas baja temperatura, por lo cual se emplean para Hor



nos continuos, también las piedras de mayor porosidad se queman fácilmente y a menor temperatura. La selección de la materia prima depende del tipo de "Cal" que se quiera obtener. La temperatura de quemado y eficiencia del horno influyen en la cal obtenida. Si la temperatura es baja y no uniforme, resultan algunos pedazos de caliza sin quemar y si ha sido alta, resulta cal sobre quemada, sin propiedades de fraguado.

**CALCINACION.**- La calcinación puede ser intermitente ó continua, en hornos verticales o en hornos rotatorios. Como todos los procesos de quemado comprende : 1o.- Eliminación de la humedad o secado - 2o.- Disociación térmica de los carbonatos y 3o.- Enfriamiento en el interior del horno para evitar deterioro del producto.

El método mas simple y rudimentario consiste en formar una bóveda con las piedras apiladas en forma semiesférica, dejando una abertura en la parte inferior para la introducción del combustible (leña o carbón), el quemado dura de 3 á 4 días, dejando enfriar luego el conjunto. El método se ha modificado con el uso de los hornos de cuba, de láminas de acero recubiertas de ladrillo refractario, en los cuales los gases provenientes de un lugar o cámara de combustión, pasan a través de la carga hasta la calcinación. La parte inferior termina en un cono invertido o enfriador. La carga se efectúa directamente, colocando el horno en la base del cerro o mediante un plano inclinado. Los hornos de cuba pueden hacerse continuos con alimentación mezclada, es decir, poniendo cargas alternadas de carbón y caliza o empleando hogares separados o quemadores, varían en capacidad desde 8 hasta 100 toneladas.

Los hornos rotatorios son semejantes a los empleados para la obtención del Clinker o sea cilindros de palastro recubiertos de ladrillo refractario, con algo de inclinación, entrando los gases calientes en contracorriente con la carga. Producen cal mas pequeña, pero su capacidad puede ser mayor de 100 toneladas. Son los más empleados en la actualidad, sobre todo para la obtención de cal hidratada, lo cual se facilita por el menor tamaño del producto obtenido, simplificándose la pulverización e hidratación.

**PROPIEDADES.**- Varían con la materia prima empleada, en general de Cal mas o menos pura es un producto deslizable o pulverizado, fácilmente hidratable con el agua formando hidróxido de calcio (hidratación), expuesta al aire absorbe agua y anhídrido carbónico transformándose en carbonato de calcio. Durante la hidratación desprende gran cantidad de calor, aumentando el volumen de 2.5 á 3 veces, disminuyendo el calor y el agua necesaria con la proporción de óxido de Magnesio y aumentando con el contenido de óxido de calcio. En la práctica es importante conocer el tipo de cal antes de hidratarla (apagado de la cal), para esto se toma una pequeña muestra y se le añade agua, anotando el tiempo para que empiece a resquebrajarse, si es menor de 5 m, es de hidratación rápida; de 5 á 30 m. es de velocidad media y si tarda mas es lenta. Si la cal es del primer tipo, debe añadirse sobre el agua, para disipar el calor producido, que puede originar el quemado de la cal, si es de velocidad media, se cubre con agua y se agita al producirse vapor, añadiendo pequeñas cantidades de agua para enfriar; si es de baja velocidad se adiciona agua bastante para que quede suficientemente humedecida y se deja en reposo, reemplazando de vez en cuando el agua evaporada. La velocidad de hidratación aumenta con la fineza y porosidad y con la proporción de óxido de calcio y varía con la temperatura de quemado. La obtenida a la temperatura mínima resulta porosa o suave, con un volumen casi igual al original y poca densidad, por el contrario la

obtenida a altas temperaturas resulta de un volumen mucho menor - (mas compacta) por lo tanto mas densa, se le llama Cal dura.

**USOS.**- Según su empleo se clasifican en: Cales para la industria química, Cales para agricultura, Cales para morteros y Cales para acabados. Por su forma de distribución se clasifican en: Cal en piedra, en tamaño tal como sale del horno. Cal quebrada, reducida a tamaños menores de 1/2" hasta 1/4" y Cal pulverizada, tamaño menor de 1/4". Desde el punto de vista de la construcción su principal uso es para producción de morteros, y como cal para acabados, adicionada al yeso o en forma de lechada. Cuando se usa para acabados ( Pintado, etc. ), debe de " curarse " por 3 á 14 días, según su clase.

#### b.- CAL HIDRATADA

**GENERALIDADES.**- Modernamente se tiende a la distribución y empleo de la Cal Hidratada, sustituyendo a la Cal viva, debido a la poca eficacia de los métodos antiguos de hidratación y el poco control que se tiene sobre la misma. Se llama también cal apagada y -- en suspensión en el agua se le llama "lechada de cal". La cantidad de agua necesaria depende del tipo de cal, de acuerdo con la reacción debería ser de 32 % para la cal pura, pero en la práctica es menor, por el contenido de impurezas. Si la cal tiene algo de arcilla (Cal Hidráulica), la cantidad de agua añadida debe de ser justamente la necesaria para evitar endurecimiento.

**OBTENCION.**- El material se reduce a pequeño tamaño, generalmente menor de 1/2" y se hidrata por dos procesos: Intermitente y continuo. El primero consiste en un disco giratorio que lleva unas salientes arregladas en un espiral horizontal, el cual levanta la cal y la mezcla con el agua que cae por la parte superior en forma de una lluvia muy fina, el producto cae por un orificio en el centro del disco, para ser conducido a los separadores por medio de un gusano. El proceso continuo consiste de una serie de cilindros verticales, colocados uno encima del otro, provistos de agitadores de gusano, y la hidratación se verifica en el primer cilindro, continuando la mezcla en los demás, hasta obtener un producto homogéneo que se descarga en la parte inferior en forma de un polvo esponjoso, el cual se pasa a cribas vibratorias o separadores de tipo Raymond, para la separación de las impurezas, (materiales sin hidratar, material quemado). La magnesia presente es mas difícil de hidratar.

**PROPIEDADES Y USOS.**- Se presentan en forma de un polvo blanco, seco, relativamente esponjoso, de densidad 2.08 las cálcicas y hasta 2.4 las dolomíticas. Forma morteros de mayor velocidad de fraguado y resistencia, presentando una hidratación bien controlada y mayor resistencia a la carbonatación que la cal viva, por la formación de una costra protectora sobre la superficie. Se envasa en bolsas de papel multiples, que le permiten mayor facilidad de manejo, transporte y almacenamiento. Sin embargo resulta mas cara y de mayor plasticidad y menor capacidad para aceptar arena y volumen de pasta obtenida. Se emplea en grandes cantidades en la fabricación de morteros de cementos y concretos y a veces de estuco. Ha sustituido a la cal viva en muchas de sus aplicaciones.

c.- MAGNESIA CALCINADA. ( véase Materiales de Oxidocloruro).

#### PRODUCTOS COMERCIALES.

**PRODUCTOS DE CAL.**- (Véase Morteros y Concretos).

**LADRILLOS DE CAL Y ARENA.**- Están formados por una mezcla de are



na de granulación apropiada, con 8 a 10% de Cal cálcica o Dolomítica, a veces se sustituye parte de la cal por cemento (no es común). Una granulación apropiada de la arena es un 80% de arena gruesa entre malla 20 y malla 100 y un 20% de arena fina pasando por malla 150.

**Manufactura.**- Una vez preparada la arena, la cual no debe contener un exceso de arcilla o sales solubles, se mezcla con una lechada de cal (o mejor mezclar arena con cal hidratada en un molino de tubo y luego añadir el agua en un mezclador). La masa plástica obtenida se vacía en un resipiente en donde se deja en reposo por varias horas, antes de pasarla a la prensa. Los ladrillos se moldean en prensas hidráulicas que producen más de 1,000 ladrillos -- por hora, se llevan a cámaras cerradas horizontales (autoclaves) -- de 10,000 a 20,000 ladrillos de capacidad, en donde se someten a la acción del vapor a 10 ó 15 atmósferas o más, por un período de 6 a 10 horas según la presión, combinándose la cal con la arena para -- formar el silicato y endureciéndose a la masa.

**Propiedades.**- Son de color blanco grisáceo pero pueden hacerse coloreados, presentan superficies lisas y forma regular, pueden limpiarse con agua y no muestran eflorescencia como los de arcilla, -- poco densos, densidad aparente 1.9, admiten de 10 a 12 % de agua, -- Resisten en fuego y las heladas, pudiendo emplearse en obras marítimas. En ocasiones, para hacerlos impermeables se adiciona a la -- mezcla inicial materiales bituminosos; los ladrillos obtenidos, de color oscuro, son muy compactos y resistentes a la temperatura y a la humedad, empleándose como materiales aislantes.

**LADRILLOS FLOTANTES.**- Se fabrican con arena y piedra pómez pulverizada, mezclada con lechada de cal; la pasta obtenida se moldea en prensas de mano y se deja fraguar y secar al aire, permitiendo que se endurezca por dos o tres meses. Su resistencia a la compresión es de 20 a 30 Kgs. por  $\text{cm}^2$ . Su densidad es muy baja (0.7-0.85), por lo cual forman paredes ligeras, refractarias al calor y al sonido. Tienen la ventaja de poder aserrarse fácilmente, permitiendo el aprovechamiento de los pedazos menores, además, su superficie -- rugosa permite la fácil adherencia de los revoques. Se ponen en -- obra con morteros de cal o pasta de cemento. Se construyen también en forma de placas para revestimientos de muros, los cuales pueden clavarse como la madera. Se fabrican en las dimensiones siguientes: 25 X 12 X 6.6"; 25 X 12 X 7.5"; 25 X 12 X 9.5", etc.

#### d.- MATERIALES DE OXICLORURO.-

**GENERALIDADES.**- Se llaman cementos de oxiclорuro, forman oxiclорuros durante la hidratación. Los más importantes son los de zinc y los de magnesio, sobre todo estos últimos, que se conocen en el -- comercio con el nombre de cementos "Sorel", están formados por una -- mezcla de óxido de Magnesio y cloruro de Magnesio.

**MANUFACTURA.**- Como materias primas se emplean la magnesia calcinada y el cloruro de magnesio. La magnesia calcinada se obtiene de la calcinación de la Magnesita a 700-800 °C, en hornos semejantes a los de cal, si la temperatura se eleva entre 1,400 y 2,000 °C., -- la Magnesita se llama fundida y es de gran importancia como material refractario, pero carece de propiedades aglomerantes, en el -- comercio se le llama impropriamente Magnesita. También se emplea la magnesia que se obtiene como producto secundario en las industrias de las sales potásicas. El cloruro magnésico se encuentra en el comercio como sal hidratada cristalizada, o fundida, anhídrica a veces se expende en solución (barriles) a una concentración de 30° Be., --

bién para emplearla directamente ó para rebajarla con agua si se -- quiere de menor graduación. Se prefiere su empleo a 20-22° Be., por -- que las más concentradas dan productos que se agrietan fácilmente.

Al aplicarlas se mezcla el óxido con materiales de relleno, que pueden ser aserrín o polvos de madera, corcho, asbesto, arcilla, -- tierra diatomácea, vermiculita, etc., en proporciones que varían -- de acuerdo con la resistencia final requerida; el producto se pasa por molinos, junto con la solución de cloruro, hasta obtener una -- pasta adecuada que se vacía en moldes.

El cemento para pisos se prepara mezclando los materiales direc -- tamente en la obra o bién empleando algunas de las placas comercia -- les llamadas Xilolitas. Los pisos obtenidos tienen el inconveniente de necesitar aceitarse continuamente. La proporción de la mezcla de  $\text{MgO}$  y  $\text{MgCl}_2$  en un piso normal debe ser de 2.3 : 1 a 2.6 : 1, y em -- plear una parte de magnesita por cada dos partes de madera, en volú -- men. El espesor del pavimento varía de 12 a 16 mm. El cemento para estuco consta de una mezcla de cemento "Sorel" con arena.

**PROPIEDADES.**- Fragan con gran resistencia, teniendo la venta -- ja sobre otros aglomerantes de poder mezclarse con grandes cantida -- des de materiales orgánicos, además de los inorgánicos comunes. El tiempo de fraguado de las mezclas varía con la proporción del ce -- mento, desde 1 a 24 horas; tienen la desventaja de que tardan algún tiempo en endurecerse (28 días); en este tiempo las mezclas para -- pavimentos deben tener una resistencia de 30 Kgs/ $\text{cm}^2$ . a la tracción y de 60 a la flexión, con una dureza de 3. No son resistentes a la -- humedad, mezclados con silicato de sodio dan cementos a prueba de -- ácidos. Presentan una gran dureza, lo cual les permite una gran re -- sistencia a la abrasión. Son susceptibles a de adquirir un alto bri -- llo.

**USOS.**- Se emplean para pisos, sobre todo en hospitales y edifi -- cios públicos, para estuco y trabajos interiores, para la obtención de piedras de esmeril y de Xilolitas o piedras artificiales, tam -- bién para proteger los pisos de concreto contra la abrasión. En el -- comercio se venden mezclas con materiales de relleno, coloreadas o no, con diversos nombres (Heliólita, Karkolita, Ferrolita, Xilopal, Mineralita, Toramento, Papirolita, Terrasolita, etc.), para pavimen -- tos continuos; a veces para estuco de paredes y techos (Helioli -- ta). Para evitar el efecto nocivo de un exceso de cloruro de Magne -- sio, se ha propuesto revestir los suelos con una capa de asfalto.

**PRODUCTOS FABRICADOS.**- **Placas Prensadas.**- veces con un tejido intermedio y con materiales de relleno, empleadas para tabiques, -- paredes, techos, casas transportables, etc. Son refractarias, sopor -- tan la humedad y conducen mal el sonido. Se labran con facilidad y -- son susceptibles de pulimento, adquiriendo aspecto de mármol. Las -- obtenidas a presión elevada, de mezclas de harina de madera y cemen -- to "Sorel" reciben el nombre de "Xilolitas". Se fabrican de colores diversos. Son tenaces, inalterables al aire, poco conductoras del -- calor, incombustibles, resistentes al desgaste, se pueden recubrir con barnices especiales en la cara inferior, se usan para pavimen -- tos.



## Capítulo XII.

## MATERIALES CEMENTANTES.

## III.- CEMENTOS HIDRAULICOS.

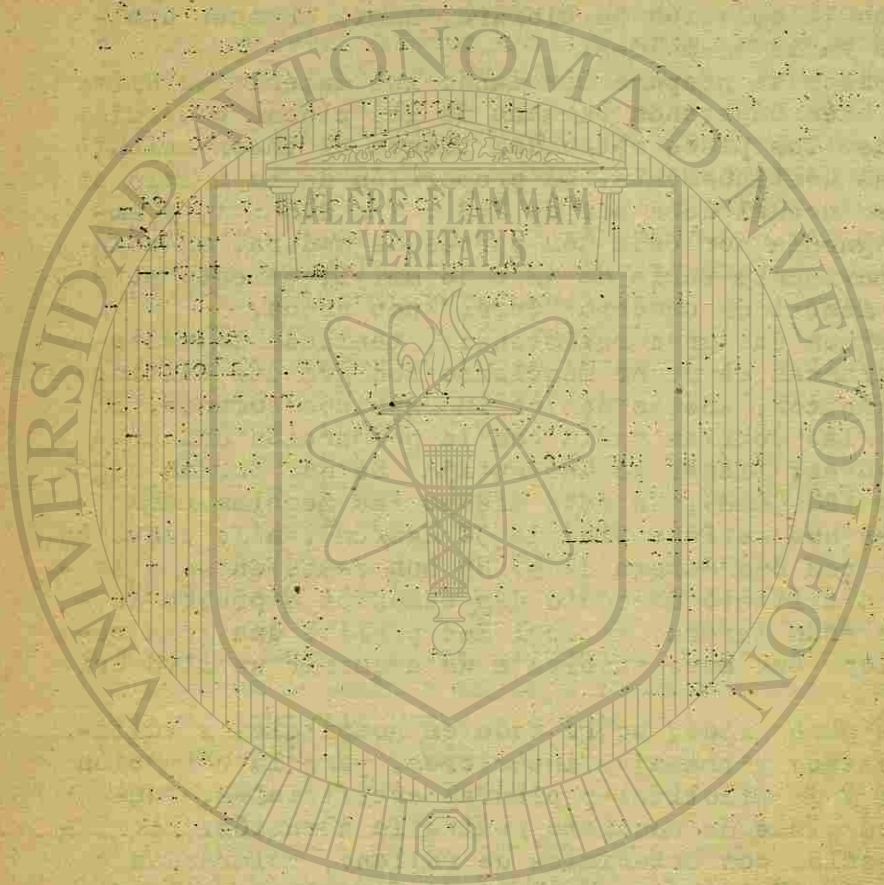
GENERALIDADES.- Comprenden una serie de productos de composición algo variable y constitución compleja no muy bien conocida, - que tienen la facultad de solidificarse y endurecerse bajo el agua (fraguado), propiedad que se conoce como "hidraulicidad" por lo que algunos tienen gran importancia en construcciones hidráulicas. En general se usan en construcciones comunes, por su gran resistencia a la interperie y mecánica. Pueden obtenerse por la pulverización del "Clinker" obtenido de la calcinación de mezclas adecuadas de cal (calizas), Sílice y Alumina (arcillas), (cemento Portland) o bien mezclando Cal viva con una Puzolana (cemento de escorias). Los mas importantes son los llamados cementos normales o sean los cementos Portland, Portland de escorias y Cemento de escorias, en algunas partes se emplean los Naturales y los Puzolánicos. De importancia secundaria son las Cales Hidráulicas y el Cemento Lafarge.

COMPOSICION.- Aunque la composición es variable, todos constan de 3 óxidos principales a saber: Oxido de Calcio (CaO) o Cal, Oxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) o Sílice, Oxido de Aluminio o de Alúmina - - ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). junto con éste se considera el óxido de fierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) como  $\text{R}_2\text{O}_3$  y con la Cal el óxido de magnesio (MgO). (Véase cuadro comparativo)

Compo- nentes.	TIPOS DE CEMENTOS.					
	Cal Hi- dráulica.	Natural	De Esco- ria.	Portland	Portland De Alú- scoria	De Alú- mina.
CaO+MgO	75 - 85	46 - 48	45 - 55	64 - 70	61- 66	36- 47
$\text{R}_2\text{O}_3$	2 - 8	9 - 16	11 - 18	8 - 13	9- 15	39- 53
$\text{SiO}_2$	11 - 16	23 - 29	26 - 34	19 - 22	22- 27	7 - 17

CONSTITUCION.- Estos óxidos componentes se agrupan formando compuestos diversos que se supone sean principalmente Silicatos Di-cálcicos ( $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) y tricálcicos ( $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), Aluminatos ( $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) y ferritos y palcicos ( $4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), además algunos tienen cal libre, por ejemplo la cal hidráulica, además de otros constituyentes como sulfato y sulfuros, oxido de manganeso, etc.

MANUFACTURA. - Se fabrican por quemado de mezclas adecuadas, la cocción puede desarrollarse en hornos de cuba o rotatorios y puede ser: hasta calcinación (cemento natural), hasta reblandecimiento o un principio de fusión (Portland) o hasta fusión completa (cemento de alúmina). También pueden emplearse mezclas de componentes previamente fabricados, por ej. el Cemento de Escoria emplea un componente reblandecido (Portland) y otro fundido (escoria). Durante la cocción se pierde el agua de hidratación o de cristalización, junto con el agua de absorción residual, los carbonatos se disocian a una temperatura de  $800^\circ\text{C}$ . ( $\text{MgCO}_3$ ) o  $900^\circ\text{C}$ . ( $\text{CaCO}_3$ ), desprendiendo anhidrido carbónico y dando los óxidos correspondientes: a  $1,000^\circ\text{C}$



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE



la arcilla se descompone formando aluminatos y ferritos de aluminio hidratados, cal y magnesia y algo de silicatos dicálcicos y pentacálcicos. Cuando la temperatura se prolonga a  $1,200^{\circ}\text{C}$ ,  $1,300^{\circ}\text{C}$ , se forma el silicato tricálcico, empezando la fusión a los  $1,260^{\circ}\text{C}$ . Los componentes son previamente molidos en molinos de bolas, con o sin trituration previa en quebradores de quijada o vibratorios. El producto obtenido de la cocción o "Clinker" se somete a un proceso de aereación y después a un molido final, con o sin la adición de otros componentes (Sulfato de Calcio), finalmente se enfría y se envasa. Cuando se trata de mezclas, la manufactura consiste simplemente en el molido de las materias primas a la fineza requerida y el mezclado en las proporciones adecuadas.

**PROPIEDADES.-** La característica principal de estos materiales es como ya se dijo la propiedad de fraguado y endurecer bajo el agua, como esta propiedad se debe a una hidratación paulatina de los componentes anhidros, aumentada por la presencia de aluminatos y regulada por la adición de 2 a 3 % de yeso (Portland), que forma finas agujas de sulfoaluminatos, retardando la cristalización de los aluminatos. De acuerdo con la teoría coloidal de Michaelis, el silicato tricálcico es atacado, formándose soluciones sobresaturadas con cristales de hidróxido de calcio y masas amorfas coloidales de hidrosilicato cálcico. Estas masas se hinchan al principio por la absorción de agua, pero luego se contraen al coagularse el "gel" alrededor de los granos de cemento sin atacar. El gel coagulado contiene además hidroaluminato e hidroferrito cálcico y una pequeña proporción de cal, se endurece gradualmente, parte por la absorción de agua por los granos sin atacar y parte por cristalización de sus componentes, acelerada por la evaporación de algo de agua, si se hace en el aire. Este endurecimiento gradual o "Fraguado" se verifica en un tiempo variable de acuerdo con el tipo de cemento (su composición), con su % de yeso, con la cantidad de agua, grado de calcinación, fineza, aereación y con la temperatura. En la práctica se consideran dos pasos: el Fraguado inicial y el Fraguado final, determinados por la resistencia o la penetración de una aguja en los aparatos de Vicat y de Gilmore. Después del fraguado final continúa el endurecimiento, aumentando poco a poco la resistencia y presentando máximos a las 24 horas (aluminatos cálcicos), a los 7 días (Silicatos tricálcicos) y a los 28 días. El silicato dicálcico se hidroliza muy lentamente y solo tiene influencia en la resistencia y dureza del cemento después de los 30 días, hasta un año.

#### A.- CAL HIDRAULICA.

Se obtiene por la calcinación de calizas arcillosas o que tienen arcilla en gran cantidad, formándose en parte los constituyentes de los cementos, por lo cual tienen la propiedad de endurecerse bajo el agua, de lo cual proviene su nombre. La temperatura de calcinación de dichas mezclas debe ser mayor que la ordinaria, para que las reacciones se verifiquen. Se emplea en Francia y Sur de Europa para morteros que fraguan bajo el agua, su densidad y propiedades son semejantes a las del cemento natural.

#### B.- CEMENTO LAFARGE.

Es un tipo de cemento Grapier, obtenido por pulverización fina de las partículas gruesas que quedan como residuo en la hidratación de la cal, residuo formado por 58 a 60% de Cal, 26 a 30% de Sílice, 2.6 á 4.5% de Alúmina y otras impurezas. Su densidad es de 2.6 (más bajo que cualquier cemento), fraguado inicial 4 horas y final de 10 horas, es decir que fragua lentamente, fineza 95 á.

99.4% en malla 100. Su mortero 1:2 presenta un 60% de la resistencia del cemento Portland. Se emplea para trabajos de Estucco y en colocación de mármoles y otras piedras ornamentales que podrían ser manchadas por el cemento Portland ordinario.

#### C.- CEMENTO NATURAL.

**DEFINICION Y OBTENCION.-** Se llama también cemento romano. Se obtiene por clacinación y pulverización fina de calizas arcillosas naturales, conteniendo de 13 a 35 % de arcillas y de composición sumamente variable, pudiendo dar un cemento con 1 á 20% de  $\text{MgO}$  y 2 á 20% de alúmina y 1 á 19% de óxido de fierro. La cocción se efectúa generalmente en hornos verticales de alimentación mezclada, semejantes a los de cal (produce  $1/3$  de la carga en forma de clinker diariamente), pero puede hacerse en hornos rotatorios. En los primeros el quemado no es uniforme, pudiendo quedar material sin quemar (10-33%) que no pueden ser usado y algo de material sobrequemado que para ciertas rocas es muy conveniente.

**PROPIEDADES.-** Verían con su composición química. En general es un polvo muy fino, cuyo color varía de amarillo o café y su densidad de 2.8 a 3. Requiere mas agua para consistencia normal y fragua mas rapidamente que el Portland, desprendiendo menor cantidad de calor. El fraguado inicial tiene un mínimo de a 10m, hasta 1 hora y el final un máximo de 3 hs. La fineza no estan alta como la del Portland, pero moderadamente se están haciendo tanto o mas finos que éste. La resistencia a la tensión raras veces excede a la mitad y la resistencia a la compresión  $1/3$  de la del Cemento Portland. La primera en morteros de 1;3 es de 10 Kgs./ $\text{cm}^2$  (150 lbs/pulg<sup>2</sup>), en 28 días y la 2a. un promedio de 70 Kgs./ $\text{cm}^2$  (1,000 lbs/pulg<sup>2</sup>).

**USOS.-** Se emplea para morteros para tubos de albañal, edificios y varios tipos de construcción de albañilería, solo se usa un 2% del total del cemento Portland utilizado.

#### D.- CEMENTOS PUZOLANICOS.

**GENERALIDADES.-** Se conocen con este nombre mezclas obtenidas por pulverización fina de 2 a 4 partes de Puzolanas naturales o artificiales con una parte de cal, sin subsecuente calcinación. Entendiéndose por Puzolanas materiales que contienen un porcentaje suficientemente grande de sílice capaz de combinarse directamente con la cal hidratada a la temperatura atmosférica, para dar un cemento de propiedades hidráulicas. Las puzolanas se forman por el enfriamiento rápido con agua o vapor de agua, de los materiales fundidos. Las puzolanas naturales son rocas formadas por la consolidación de cenizas volcánicas, entre ellas se encuentran la puzolana y las tobas volcánicas, algunas veces se incluye la tierra diatomácea (pozzuolan en italiano significa ceniza volcánica). Entre las puzolanas artificiales la principal es la escoria de alto horno, pulverizada por la acción violenta de una corriente de agua sobre lava fundida.

**CEMENTOS DE ESCORIA.-** Los cementos de Puzolana natural han dejado de tener importancia y solo presentan interés histórico por ser los más antiguos, (empleados por los romanos). Los cementos de escoria solo se aplican para construcciones sin importancia, sobre todo cuando el peso y volumen son de mas importancia, que la resistencia, prefiriéndose el empleo de la escoria para obtener cemento Portland-Escoria y cementos Ferro-Portland o Siderúrgico.

Se fabrican con escoria granulada, la cual se somete a un proceso de secado, pues absorbe de 15 á 45% de agua, durante su obtención. El secado puede efectuarse en secadores rotatorios o verticales, provistos de una serie de tabiques inclinados hacia la base,



en ambos el material circula en sentido contrario a los gases calientes. Después del secado se pulveriza en molinos de bolas, se mezcla con 25 a 45% de cal y se vuelve a moler para darle la fineza final, en molinos de bolas semejantes a los de cemento. El material terminado posee una gran fineza, un color algo lila, que al aplicarse en morteros cambia a azul verdoso o blanco en la superficie, debido a la oxidación de los sulfuros. Esta oxidación es sumamente perjudicial, tendiendo a producir desintegración, de aquí que se procure no emplearlo en superficies expuestas al aire continuamente. Se distingue de los cementos naturales y Portland por su menor densidad, 2.7 á 2.85. Cuando está recién hecho fragua casi en el mismo tiempo que el Portland, pero se endurece mas lentamente; pero si es viejo fragua mas lentamente. Requiere de 2 á 4% menos agua para la consistencia normal. La resistencia a la compresión de morteros ricos, es menor que la de los cementos Portland, pero en mezclas pobres es casi igual.

#### E.- CEMENTO PORTLAND.

**DEFINICION Y COMPOSICION.**- Se considera como cemento Portland el producto obtenido por la pulverización fina del "Clinker" resultante de la calcinación a fusión incipiente de mezclas adecuadas de materiales arcillosos y calizas, sin adiciones subsecuentes a la calcinación, excepto agua y yeso. No debe contener mas de 5% de Oxido de Magnesio y no mas de 2% de  $SO_2$  (representa sulfatos). Contiene de 62 á 65% de cal, 19 a 25% de Sílice, 4 á 7% de Alúmina y 2 á 4% de fierro, algo de sulfatos, álcalis, agua y anhídrido carbónico, formado silicatos di y tricálcicos ( $E_2S$  y  $C_3S$ ), aluminato tricálcico ( $C_3A$ ), y aluminato ferrito tetracálcico ( $C_4AF$ ). principalmente.

**MATERIAS PRIMAS.**- Las materias primas esenciales son materiales calcáreos y arcillas, con algo de mineral de fierro para la preparación del Clinker y sulfato de calcio, para la corrección final. Todas ellas se encuentran en la naturaleza, las calcáreas comprenden las calizas puras (pág. 75), la creta, greda, tiza y las margas. Estas últimas son depósitos de calizas con algo de arcilla y arena en lagos existentes o desecados. Son relativamente puras (90-97% de  $CaCO_3$  y  $MgCO_3$ ) pero debido a su gran humedad se emplean solo en el proceso húmedo, requieren un 15 a 20% mas de arcilla, para convertirse en cemento. Los materiales arcillosos comprenden las Arcillas, Esquistos y Pizarras, semejantes en composición pero que difieren por el grado de consolidación, las más usadas son las dos primeras, sobre todo las solidificadas en formas de esquistos para el proceso seco y las 1as. para el húmedo (Pág. 128). Las pizarras son muy duras y poco usadas. En general las arcillas usadas deben de contener 55-65% de  $SiO_2$  y algo de óxido de fierro. Comúnmente se encuentran en la naturaleza materiales arcillo calcáreos que también pueden usarse, con un 40 á 75% de carbonato de calcio, entre ellos: canchales arcillosos (un 20% de arcillas), margosas o gredosas. La caliza arcillosa se llama también "roca cemento", es una caliza pizarrosa gris oscura o negra, menos suave que las calizas ordinarias, requiere comúnmente la adición de algo de caliza. La utilización de los diferentes tipos se combina de tal manera que puedan obtenerse los porcentajes pedidos, de aquí que pueden usarse calizas con arcillas o esquistos; caliza pura o cal, con calizas arcillosas; marga o creta con arcilla o esquistos, etc. Si las arcillas no contienen suficiente óxido de fierro, se añaden minerales de fierro. El óxido de fierro es necesario para formar el  $C_4AF$  y facilita la formación del  $C_3S$ , además, disminuye la temperatu-

ra de sintetización necesaria cuando esta en exceso produce Clinkers de difícil pulverización. También puede emplearse escoria de alto horno como materia prima, debe de ser básica, con 40 á 50% de cal, 20 á 30% de sílice y 11 á 18% de alúmina y fierro y contener poco sulfuro de calcio. El Sulfato de calcio se añade al final para retardar el fraguado, en proporción de 2 a 3%. Se puede usar cualquiera de las formas naturales, principalmente la Selenita (Pág. 115). Todas estas materias primas requieren ciertas características pues no todas se emplean o pueden emplearse, por ejemplo no se emplean arcillas muy puras (Caolines etc.) y por otra parte no deben contener un exceso de impurezas, así el  $MgO$  no debe ser mayor de 5% por quedar libre en el Clinker, hidratarse lentamente y sufrir gran expansión, los sulfuros son sumamente perjudiciales (no se admite mas de 2%). Los álcalis deben encontrarse en cantidades pequeñas (menos de 5%), parece que se combinan con la cal y alúmina acelerando el fraguado.

#### MANUFACTURA.

**GENERALIDADES.**- Dos son los procesos seguidos. El proceso seco, de gran aplicación en nuestro País y el húmedo, que ha sustituido a aquel en algunos países. El primero emplea materias primas mas o menos secas o que pueden secarse fácilmente, tienen la desventaja de ser mas complicado y presentar dificultades para regular la composición del Clinker, además, produce mayor cantidad de polvo, que aunque puede evitarse instalando equipos colectores, resulta mas costoso. El húmedo en cambio, utiliza materias húmedas, que no tienen que secarse, regula fácilmente la proporción y requiere menos equipo. Después de la obtención del clinker, los dos procesos son iguales.

##### a.- PROCESO SECO.-

**Quebrado Preliminar.**- Los materiales tal como llegan a la fábrica o ligeramente secados cuando están húmedos, se quiebran en quebradores de quijada, de disco o giratorios (de pera) de grandes capacidades, pasando el material por una criba rotatoria y separando el material grueso mayor de 2 á 2 1/2", el cual se quiebra en un quebrador chico de tipo martillo ó giratorio de cono, para uniformar el producto, el cual se almacena en tolvas de acuerdo con su composición.

**Secado.**- El material quebrado se lleva a secadores rotatorios, en donde se pone en contacto con gases calientes de un hogar o de desperdicio de los hornos, calentándose a una temperatura de 105 a 110 C. y eliminándose el agua de absorción. Los secadores son cilindros de acero con salientes interiores longitudinales, de 10 á 15 mts. de largo por 1 1/2 de diámetro, inclinados 7 á 15° con la horizontal. El material secado se almacena en Silos.

**Molido Preliminar.**- Se lleva a cabo en molinos de martillo, rotatorios o de cono (Simons) antes del mezclado, para ser reducido a un tamaño de 1/4 a 1/2" o menos, pasando el 90 á 95% en malla 20. Pueden emplearse pequeños molinos de bolas de tipo cónico con 6 a 8 tons. de bolas de acero de 2 1/2 á 5" de diámetro, pasando el material molido por una criba circular en su parte posterior. Un molino de este tipo, 1.70 mts. de largo y 2.5 de diámetro produce unas 14 toneladas de material de malla 20, se juntan en la proporción adecuada por medio de distribuidores automáticos con una pequeña banda sin fin movida por un motor.

**Mezclado y Molido final.**- Se lleva a cabo en molinos rotatorios



de bolas de acero de 1 a 1 1/4" de diámetro, generalmente de múltiple paso, divididos en compartimientos se parados por una criba y comunicando con un separador de aire tipo Raymond, el cual regresa el polvo de mayor tamaño al primer compartimiento o de molido grueso. Este tiene bolas de mayor tamaño. Varían de 1 1/2 a 3 Mts. de diámetro por 3 a 15 mts. de longitud. Un molino de 50 H.P. puede moler de 22 a 25 toneladas por hora a una fineza de 80 a 90% en malla 200. El producto final se envía a tanques de almacenamiento, en donde pasa por medio de un gusano al horno quemado.

Quemado.- El material alimentando al horno se mueve a lo largo, en contracorriente con los gases calientes provenientes de un hogar situado en la parte anterior (Veáse Pág. 17).

Los gases de salida, formados por anhídridos carbónico y sulfuroso, vapor de agua, etc. arrastran gran cantidad de polvo, pasando por una cámara antes de pasar a la chimenea, para depositar una parte del mismo. Los hornos son cilindros de lámina de acero, recubiertos de ladrillos refractarios, de dimensiones variables desde 25 hasta 150 mts. de largo y de 2 a 3 1/2 mts. de diámetro, exteriormente llevan dos o tres fajas de acero endurecido, sobre las cuales descansa y gira sobre cilindros de fricción colocados sobre bases de concreto. En su parte media lleva un engrane para producir el giro. Giran de 45 a 60 r.p.m. y producen de 300 a 400 toneladas de Clinker por día, durando el material en el horno de 1 a 1 1/2 hs. Los materiales se transforman en el horno en bolas de diversos tamaños de Clinker, el cual pasa a enfriadores rotatorios o con una serie de bandas longitudinales o transversales y una criba en su parte posterior para separar el material demasiado grueso. El clinker obtenido se lleva al exterior para ser sometido a un proceso variable de aereación, para lo cual se aplica en grandes montones, mezclándose constantemente. Esta operación es con el objeto de neutralizar la cal libre, por combinación con la humedad y el anhídrido carbónico del aire.

Obtención, almacenamiento y empaque de cemento.- Finalmente el Clinker se somete a un proceso semejante al del molido de materias primas, en el primer paso se muele en molinos rotatorios de tipo cónico, a una fineza de 80 a 90% en malla 200 y mas tarde, junto con 2 a 3% de yeso, en molinos de bolas hasta fineza de 93-95% en malla 200, pasándose a silos de almacenamiento en donde se conserva por unas pocas semanas para la hidratación y carbonatación de cal libre, con el objeto de reducir la cantidad de calor que desprenderá durante el fraguado. Después de esto se conduce a balanzas automáticas para ser empacado en bolsas de papel de varias capas, con cierre automático.

#### b.- PROCESO HUMEDO.-

La materia prima utilizada (generalmente Marga) se bombea a depósitos cerca de los hornos, después de pasar por molinos chilenos y ser lavada y clasificada. La arcilla se muele también en molinos chilenos en húmedo y en seco. Cuando se usa caliza como materia prima, se maneja con el proceso seco. Preparadas las materias primas se mezclan en la proporción requerida y se muelen en conjunto, resultando con un contenido de humedad de 30 a 50%, se trasladan a tanques de almacenamiento, corrigiendo su composición con la adición de nuevas mezclas y finalmente se bombean a hornos rotatorios de mayor tamaño que los usados en el proceso seco, en donde se obtiene el Clinker.

PROPIEDADES.- El cemento Portland, es un polvo muy fino, cuyo color varía de gris verdoso a gris café, capaz de fraguar y endure-

cerse por reacción con el agua. Su nombre proviene de que los materiales usados en su preparación (1824), tenían composición semejante a las calizas de Portland Inglaterra. Los propuso Joseph Asdin, un ladrillero inglés. Su densidad es mayor que la de los otros cementos 3.1 a 3.2 y su densidad aparente varía con la composición de 1.2 a 1.5 Kgs./dm<sup>3</sup>, su fineza varía de 1,600 a 1,800 cms<sup>2</sup>/gr., fragua mas lentamente que el cemento natural y mas rápido que el puzolánico. El fraguado inicial es de 1 1/2 a 2 horas y el final de 2 1/2 a 3 1/2, el fraguado inicial, no debe de ser menor de 45m, en el aparato de Vicat o de 1 hora en el Gilmore y el fraguado final debe obtenerse dentro de 10 horas, endureciéndose en un término de 48 hs. a 28 días. Sus propiedades varían con la composición y proporción de los constituyentes, con el grado de molido etc. requiere de 20 a 28 partes de agua para dar una pasta de consistencia normal, durante la hidratación desprende gran cantidad de calor, que tiene influencia en aumentar su dilatación, por lo cual puede producir vaciados porosos al contraerse o partirse, de aquí que para cierto tipo de construcciones se sustituye por una variedad llamada de bajo calor. El cemento Portland normal es afectado por las sales disueltas, especialmente sulfatos, los cuales cristalizan de su solución en los poros del cemento, provocando su desintegración. La resistencia a la tensión del mortero 1:3 con arena sílice en briquetas Standard en forma de ocho, debe ser igual a mayor que 19 Kgs./cm<sup>2</sup> (275 lbs/pulg<sup>2</sup>) en 24 horas y 25 en 28 días usualmente aumenta hasta 28 en 28 días. La resistencia a la compresión de morteros Standard de 2" varía notablemente con la fineza, pero para un cemento de 1,700 a 1,800 cms<sup>2</sup> por gramo en 28 días es de 280 a 300 Kgs./cm<sup>2</sup>.

USOS.- Constituye el material estructural mas usado después del acero. Se emplea en casi cualquier tipo de construcción, adaptándose sus propiedades de acuerdo con las condiciones requeridas, como concreto se aplica para vaciados de techos, paredes, pavimentos, puentes, túneles, conductos, etc. solo o reforzado con acero. Combinando con arena y cal forma los morteros para colocación de ladrillos, piedras, etc. En forma de clinker se emplea para preparar otros cementos de propiedades algo distintas, al mezclarlo con otros materiales, entre ellos puzolanas, cemento natural arena sílice inerte o cal, materiales que por otra parte pueden intervenir también como impurezas, además de otros materiales a prueba de agua, aceleradores del fraguado. Los materiales puzolánicos y la arena sílice se emplean en la obtención de cementos para estructuras marinas o hidráulicas, por su bajo calor de hidratación.

#### F.- VARIEDADES DEL CEMENTO PORTLAND.

a.- Cemento Portland Blanco.- Para ciertas aplicaciones especiales tales como pisos, estuco para paredes, objetos moldeados y en general trabajos ornamentales se fabrica un cemento conocido como cemento Portland blanco, empleando materias primas de bajo contenido de fierro (< 1% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), libres de sulfuro de fierro. Su temperatura de quemado es superior a la del ordinario y resulta mas costoso, por la selección de las materias primas.

b.- Portland de alta resistencia.- Se obtiene de mezclas altas en cal, las cuales se queman dos veces y se muelen finamente 2 ó 3 veces. Tienen una proporción mayor de silicato tricálcico que el ordinario, de aquí que el endurecimiento sea mas rápido, produciendo morteros y concretos de mayor resistencia, sobre todo en los primeros 3 días (2 a 3 1/2 veces la del normal), pero disminuyendo la relación con el tiempo. Se usan solo cuando se requiere -



alta resistencia a uno ó dos días, porque su costo es de 40 a 50% -- mas alto que el ordinario.

c.- Portland de bajo calor.- Cuando el cemento se emplea con la construcción de grandes masas de concreto, el calor desprendido durante la hidratación provoca una expansión excesiva y no es fácilmente disipada del interior, provocando esfuerzos entre el interior y el exterior de la masa, que pueden originar roturas. Esta tendencia a la ruptura se reduce bajando el calor de hidratación, para lo cual se aumenta la proporción de silicato dicálcico y se disminuye la del silicato y aluminato tricálcicos, presenta la desventaja de la lenta hidratación del  $C_2S$  y por lo tanto de tardar mucho tiempo en endurecerse, por lo cual no es apropiado para trabajos ordinarios de construcción; en cambio para grandes obras permite fácilmente la expansión y la contracción, aumenta la facilidad de trabajo, la resistencia y la impermeabilidad, por lo cual se usa para construcción de presas.

d.- Portland especial.- Modernamente se está fabricando un tipo especial de cemento Portland, mezclado con un agente apropiado que permite la introducción de aire en el concreto preparado, al tiempo de la mezcla. La cantidad de aire introducido no debe ser menor de 15% ni mayor de 21%. La A.S.T.M. permite el empleo de los siguientes productos: Resina Vinsol, Darex AEA., N-Tair y Airalon. La primera consiste de la fracción de alquitrán de Pino insoluble en petróleo, se neutraliza con sosa cáustica para convertirlo en resinato de sodio, antes de la adición. El N-Tair es también un resinato de sodio de la Brea obtenida de trozos de madera de pino tratados previamente con Nafta. El Darex AEA, es una sal Trietanolamina de un Hidrocarburo Sulfonado. El airalon es una mezcla de ácidos grasos y aromáticos, derivados del proceso de manufactura del papel y neutralizados para hacer jabones solubles en agua.

En la fabricación de éstos cementos, se muelen juntos al Clinker y algunos de los productos indicados, pueden usarse los tipos de cementos Portland especificados, obteniéndose los Tipos clasificados como IA, IIA, IIIA, (ASTM.), el 1o. es el normal, el 2o. es de bajo calor, algo resistente al Sulfato y el 3o. tiene Portland de alta resistencia. La fineza debe ser de 1,600 (I) a 1,700 (II)  $cm^2/gr$ . El tiempo del fraguado inicial no menor de 60m, y el final no mayor de 10hs., (Gilmore). Resistencia a la compresión (mortero 1: 2.75) de 50 en 48 hs. a 200 Kgs/ $cm^2$  en 28 días.

#### g.- CEMENTO PORTLAND - PUZOLANICO.

OBTENCION.- Se fabrica moliendo juntas mezclas de cemento Portland con materias puzolánicas naturales o artificiales (Pág. 25) calcinados o sin calcinar, de tal manera que el material silíceo de la Puzolana se combine con la cal libre del cemento Portland, dando compuestos estables. El principal material puzolánico empleado es la "Escoria" de alto horno, formando cementos conocidos como "Portland Escoria". La preparación de las mezclas es variable, obteniendo cementos con un máximo de cemento Portland de 70%, mientras que otros contienen un máximo de escoria de 70%. En Inglaterra y en Alemania se fabrican con escoria de alto horno, el Cemento Portland-Escoria y el cemento Eisen, en nuestro país (Monterrey) se fabrican los cementos Ferroportland con 45% de Escoria, 47% de Portland y 7 á 8% de Sulfato de Calcio y el cemento Atlante.

PROPIEDADES.- Son mas fácilmente pulverizables, lo que permite darles una mayor fineza que al cemento Portland, usualmente de 3,000 a 3,500  $cm^2$  por gramo. Producen concretos mas plásticos que

se segregan menos rapidamente y son mas impermeables que los del cemento Portland, sin embargo, requieren mas agua para una consistencia dada y se contraen mas durante el secado; producen menos calor de hidratación, disminuyendo éste con la proporción de la Puzolana, por ej. con un 30% se asemejan al Portland de bajo calor. Los que contienen puzolanas altas en sílice presentan una gran resistencia al sulfato, aumentando con el contenido de los mismos. Los de tierra diatomácea son mas pulverizables y los de mayor resistencia mecánica y resistencia al sulfato, sobre todo si estan calcinados, pero se contraen mas durante el secado, la contracción disminuye con la calcinación; Los de tobas volcánicas y pomez muestran menor contracción, actuando se calcinan disminuye la resistencia al sulfato.

USOS.- Se emplean para obras en grandes masas de concreto, sobre todo para estructuras hidráulicas y obras sujetas a la acción del agua de mar y de sulfatos. Se han empleado mucho en la construcción de presas, por ej. el acueducto Los Angeles fué hecho con concreto de cemento Portland y tobas Volcánicas 1;1. En la represa de Brownsville en E.U.A., en nuestro país se está empleando con gran éxito en la construcción de la presa Falcón.

#### H.- CEMENTOS DE ALUMINA.-

DEFINICION Y COMPOSICION.- Se llaman también Cementos Fundidos por estar fabricados de una mezcla de Bauxita ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) (Pág. 104) y caliza fundida en el horno eléctrico y mas tarde sometida a quebrado y pulverización. Se emplean mucho en Europa, sobre todo en Francia desde 1910 y son de aplicación relativamente reciente en América, donde se les conoce con el nombre de cementos de Luminita, también se le llama cemento Eléctrico, "Cilcimen" y Cementos Resistentes al Sulfato, consisten de 40% de alúmina, 40% de cal, 15% de Oxido Férrico y 5% de sílice, magnesita material insoluble, etc. los cuales se agrupan formando aluminato cálcico (CA), pentaluminato Tricálcico ( $C_3A_5$ ), algo de silicoaluminato dicálcico ( $C_2AS$ ) y un material vídrioso.

PROPIEDADES.- Se presenta mas finamente molido que el cemento Portland, adquiere fraguado inicial mas lentamente que el Portland sin retardador, por la ausencia de silicato tricálcico, pero en cambio se endurece rápidamente, por la formación de hidroaluminatos gelatinosos y cristalinos ( $C_2A$ ), actuando el gelatinoso como material cementante. Alcanza una gran resistencia en 24 horas, teniendo a las 48 horas una resistencia comparable a la del cemento Portland en 28 días, después continúa aumentando, aunque mas lentamente hasta llegar al doble, desprende gran cantidad de calor, por lo cual para obtener mejores resultados se recomienda ventilar frecuentemente el vaciado. Su principal característica es una gran resistencia a la cristalización de las sales solubles, sobre todo del sulfato, resistiendo la acción del agua de mar, además son menos sensibles al frío. Los morteros de Luminita en atmósfera seca se contraen tanto como los Portland, pero en atmósferas húmedas sufren mas expansión.

USOS.- Se emplean para obras marítimas, por su resistencia a la acción desintegrante del agua de mar, aún cuando su costo es mayor que el del Portland (3 á 4 veces), además se emplea para obras en que se requiere rapidez de trabajo, ahorrándose en las formas.

#### PRODUCTOS COMERCIALES.-

a.- LADRILLOS DE ESCORIA.- Pueden ser de dos tipos: de escoria



hidráulica o de escoria fundida, los primeros aprovechan las propiedades de fraguado de las escorias granuladas de altos hornos, mezclando 5 á 6 volúmenes con uno de lechada de cal, es decir, formando un cemento de escorias, el producto fragua en 6 á 8 días, formando silicatos cálcicos. Puede aumentarse la resistencia pulverizando parte de la escoria. Los ladrillos se prensan mecánicamente y se maduran al aire. Se sientan en morteros de escoria, cal y arena. Son de color grisáceo, algo refractarios, se emplean para edificios en sustitución del ladrillo de arcilla ordinario. Sometiéndolo a la escoria durante la solidificación a la acción del aire comprimido, se obtiene un producto esponjoso análogo a la piedra pómez, que se puede aglomerar con cemento, dando ladrillos flotantes o porosos. Los de escoria fundida se obtienen por el vaciado directo en moldes, sobre todo en las escorias ácidas, recubriéndolos en su superficie con una fina capa de arena o de ceniza para enfriamiento, lento, o se introducen en enfriadores. A veces se moldean en forma de barra que luego se corta. Para disminuir su fragilidad se mezclan las escorias con arcilla, ceniza, arena, etc. en hornos rotatorios. Los ladrillos obtenidos son tenaces, poco quebradizos, poco durables, de gran resistencia a la abrasión. Se emplean para consolidación de aceras, adoquinados, construcciones ligeras, etc.

b.- MATERIALES DE CEMENTO AMIANTO.- Eternita, Asbestolita, Uralita, etc. Son pizarras artificiales fabricadas con fibras de amianto empastadas con cementos, por lo que suele llamarseles Fibrocementos, los componentes se mezclan en seco y se ponen a presión de 10 a 12 atmósferas en presencia de vapor de agua, dejando luego fraguar al aire libre o en secadores especiales (productos planos.) En la fabricación de tinacos, tubos de drenaje, etc. se emplea generalmente la contrafiguración a alta velocidad de una pasta aguada, la cual entra por el centro de los moldes y sale casi seca de ellos. Los productos de fibro cemento no son inflamables, malos conductores del calor, la acción directa de la llama a temperaturas superiores a 200° C. provoca su rajamiento y algunas veces su rompimiento violento. Tienen la ventaja de poder perforarse y cortarse casi como la madera, poniéndose en obra mediante clavos, tornillos o cementos, ya que la mezcla agarra perfectamente sobre ellos. La Uralita es susceptible de un bello pulimento y se emplea para la construcción de placas labradas. Los tubos de drenaje se revisten interiormente de betún de asfalto para hacerlos inatacables.

c.- MOSAICOS DE CEMENTO.- Se fabrican moldeando a presión mezclas de arena y cemento. Para esto se emplean moldes de acero ajustables con tornillos de mano, que circundan una pieza con la forma del mosaico (cuadrado, octagonal, etc.). En esta pieza se coloca una capa de pasta viscosa, para los mosaicos de varios colores o dibujos se usa otra pieza con claros, dentro de los cuales se van a colocar las distintas pinturas, se uniforma la pintura o pinturas y se deja un momento de reposo, después de lo cual se puede quitar la placa adicional y se añade una mezcla seca de arenas y cemento de poco espesor y finalmente una capa mas gruesa de arena y cemento húmedos, se ajusta el conjunto al molde de una prensa hidráulica y se aplica una presión de 60 á 80 toneladas. Se saca el mosaico y se coloca verticalmente en cajas con tabiques separados hasta que se seque la pintura. Para evitar que se peguen se trata el molde con una mezcla de petróleo y aceite de linaza, los mosaicos ya secos se llevan a pilas de fraguado, en donde se sumergen en agua y se dejan por 24 á 48 horas, tiempo suficiente para el fraguado y endurecimiento del cemento. La pintura usada se prepara --

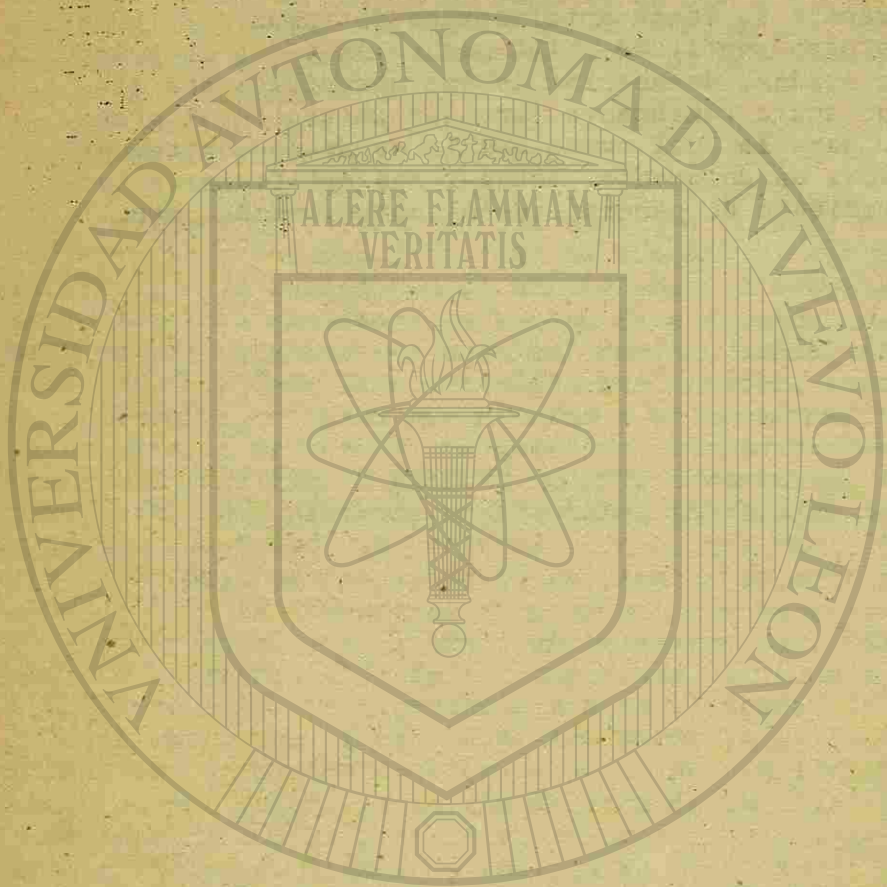
con una mezcla de óxidos metálicos mezclados con polvos de mármol y arena fina para aumentar su viscosidad.

Las dimensiones varían, generalmente son de mas de 5 mm. de grueso y tamaños de 10 X 10, 20 X 20, 30 X 30 y 40 X 40 cms.

USOS.- Se usan para el revestimiento de pisos y a veces de paredes.

d.- LOZAS ARTIFICIALES.- En la práctica moderna se ha hecho muy común la preparación de lozas artificiales de tamaños y formas diversas, empleadas para sustituir a las naturales y que se preparan por vaciados en moldes, de mezclas de los materiales mas diversos, con algún producto cementante para dar imitación al granito, de mármol, etc. para lo cual puede mezclarse arena con cemento y un agregado grueso y un colorante. Estas lozas artificiales se emplean para revestimiento de paredes, escalinatas, mesas, etc.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

## Capítulo XIII

### MORTEROS Y CONCRETOS.

#### A.- MORTEROS.-

**GENERALIDADES.-** Se entiende con este nombre, mezclas de materiales cementantes con material inerte fino, menor de  $1/4''$ , que puede ser arena, escoria, etc. Sirven para poner en obra los materiales de arcilla y rocas naturales o artificiales. Los mas comunes -- son mezclas apropiadas de cemento y cal con arena o de los tres con el agua, batidas hasta consistencia plástica y homogénea. La arena evita la contracción excesiva, aumentando la porosidad. El cemento actúa como aglomerante y la cal aumenta la adhesividad. Los Morteros tienen una estrecha relación con los concretos, de los cuales se diferencian porque estos últimos contienen material inerte grueso (Piedra quebrada, grava y escoria, etc. coincidiendo en muchas de sus propiedades y características, así como en su preparación. Aunque en esencia el nombre de Morteros y Concretos se refiere -- a productos derivados de los materiales cementantes hidráulicos, algunos plásticos de arcilla y otros pueden dar productos de tipo semejante (Pág. 107).

**PREPARACION.-** Pueden obtenerse a mano, mezclando con azadón y pala, pero lo mas conveniente es prepararlos en mezcladoras mecánicas, en un tambor de 200 pies/m. de velocidad tangencial, por unos dos minutos. Una máquina llamada de cañón para depositar morteros de cemento, consta de dos cámaras cerradas, comunicadas con una válvula de cono y mantenidas a la misma presión con aire comprimido. La mezcla se admite en la superficie con una válvula también de cono y se alimenta continuamente a la inferior, la cual pasa al mortero por una manguera al lugar del depósito, a través de una boquilla especial, depositandolo con gran fuerza, de tal manera que se elimina el agua sobrante y se forma una mezcla de gran compacidad.

La relación de los constituyentes varía según las necesidades; pero en general, cuando se desea resistencia se usa una parte de cemento Portland, 1 de cal y 3 de arena, si no es así puede usarse una de cemento, una de lechada, de cal, y 6 de arena en volumen. Cuando tienen poco o nada de cemento se llaman Morteros de Cal, mientras que los anteriores son de Cal y Cemento. Cuando contienen poca cantidad de cal, no mayor de 15% del volumen del cemento, se llaman Morteros de Cemento. Los ingredientes se miden en recipientes de volumen conocido, a veces se añaden en peso. La cantidad de agua depende de la resistencia y consistencia buscada, disminuye con la disminución de cal y añadida en exceso afecta la resistencia porque su evaporación produce excesiva contracción y porosidad así que debe agregarse solamente la cantidad necesaria para producir la consistencia buscada. Las cantidades de agua necesarias son: 90% del peso de cal, 35% del peso del cemento y 17% del peso de la arena. No deben usarse aguas duras o saladas, porque las sales presentes son causa de eflorescencias molestas.

**PROPIEDADES.-** Dos son las más importantes en un mortero. La adhesividad y la plasticidad, la primera aumenta con el contenido de cal, al mismo tiempo que disminuye la coherencia característica del cemento. La plasticidad aumenta con la fineza del cemento, por aumentar la superficie expuesta a la hidratación y facilitar mas el recubrimiento de los granos de arena. Los morteros de cal y cemento

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
1925



son los mas plásticos, la cal les da plasticidad y el cemento les da su propiedad de fraguado. La arena disminuye la plasticidad. Otra propiedad importante es el encogimiento o contracción, aumenta con la adición de cal y cemento pero menos con éste último, disminuye con la adición de arena, pero esta solo puede añadirse hasta cierto punto, porque en cantidad excesiva disminuye la resistencia del mortero y le hace perder su plasticidad y adhesividad. Con excepción de los morteros de cal y arena, los demás no pueden ser remezclados una vez que se han endurecido y morteros de cemento no deberán dejarse en pilas excesivas de agua hasta el día siguiente como se acostumbra en algunas partes.

**MORTEROS DE CAL.**- La mezcla de cal y arena se endurece muy lentamente, por la absorción gradual de anhídrido carbónico para formar carbonato de calcio, aumentada por el aumento en porosidad debido a la arena, no teniendo acción química sobre ésta, aunque es probable que con el tiempo se forme algo de Silicato de calcio. Presentan gran plasticidad y son los únicos morteros que pueden prepararse en grandes cantidades y almacenarse hasta que se necesitan, pudiendo ser mezclados a la consistencia deseada. En la preparación puede emplearse cal hidratada o cal viva, necesitando la 2a. mayor cantidad de agua (165-200% en peso); generalmente se usan 2 1/2 á 3 partes de arena por 1 de pasta de cal, cantidad suficiente para llenar los vacíos de la arena, debiendo dar un color y consistencia uniforme antes de usarse.

Los morteros altos en cal muestran baja resistencia, fraguado mas lento, gran plasticidad y un gran encogimiento. El uso de excesiva cantidad de arena produce morteros poco plásticos y de poca resistencia, por la gran porosidad producida. Cuando se pone menos de la conveniente, la pasta se encoge demasiado y se parte. La fineza de la arena afecta también las propiedades del mortero, mezclando arena de diferentes granos disminuye la porosidad.

**USOS.**- Varían con la proporción de los componentes y aunque con muchas aproximación pueden considerarse las siguientes relaciones en volumen: Para enjarrado y trabajos de albañilería, en lugares expuestos o húmedos: morteros de cal-cemento de relación 1;1;6 o de Cemento natural-arena de relación 1:2 o 1:3. Morteros de Cemento para superficies de pisos y aceras, de relación 1:1 á 1:2. Para recubrimiento a prueba de agua, de 1:0 á 1:2. Para ladrillos y bloques de concreto, de relación 1:2 1/2 á 1:4. Para tubos de drenaje, de relación 1:0 á 1:2.

#### B.- CONCRETO.

**GENERALIDADES.**- Se considera como concreto una mezcla de material grueso, (formado por piedra quebrada, grava o partículas inertes similares), con suficiente cantidad de material fino para llenar los espacios vacíos (arena) y apropiada cantidad de cemento y agua para formar una pasta susceptible de endurecerse con buena resistencia. Cuando se requiere gran resistencia se reforza con acero.

**MATERIAS PRIMAS.**- El material inerte debe de tener una graduación tal de tamaños que se obtenga la mayor compacidad posible, las partículas de un solo tamaño dan agregados menos densos y de menor resistencia. Se clasifican como agregados finos, partículas menores de 1/4" y comprenden: Arena, escoria pulverizada, etc. y como agregado grueso las partículas mayores, que pueden ser: piedra quebrada (granitos, basaltos, diorita, cuarcita, etc.), gravas, (cascajo), es-

coria, etc. La arena debe tener una composición granulométrica adecuada, mas bien gruesa que fina, no mas de 50 % de malla 30 y no mas de 10 % de malla 100. No debe de contener mucha materia orgánica (7.1 %) ni un exceso de arcilla y limo mayor de 3 % (removido por decantación). El agregado grueso debe igualmente estar bien proporcionado y libre de materias orgánicas, arcilla, etc. El máximo tamaño usado varía con el trabajo (2 1/2"), una buena proporción es: 95%, pasando el máximo, 30 a 70%, por una abertura de la mitad y no mas de 10% por malla 4. La dureza del material usado depende de la clase de trabajo, para pisos, pavimentos, etc., debe ser elevada (granitos, cuarcitas) para evitar perjuicios por absorción, (rocas de tipo suave no deben ser usadas). Se prefiere el uso de piedra redonda o cúbica (grava), por su menor % de vacíos. Lo que produce un concreto mas compacto, con menor cantidad de mortero forma concretos mas fluidos y densos, que requieren menos manejo. Por otra parte, la piedra quebrada en forma de piezas, en forma aplastada o alargada, necesita mas mezclado para aumentar la compacidad, pudiendo producir concretos resistentes y densos cuando estan bien entremezclados y dando gran adhesividad por la superficie rugosa que presentan. De las rocas quebradas usadas la mas común es la caliza, junto con la dolmita forma concretos que si bien no son tan duros como los granitos, resisten mejor el fuego y la abrasión, desgastandose mas uniformemente. No deben ser porosos y no deben contener mucho polvo si se usan con arena fina, la piedra se gradúa en tamaños de 1/4" a 1/2".

**RELACION DE LOS COMPONENTES.**- El factor de mas importancia en determinar las propiedades del concreto es la proporción o relación en que deban intervenir los materiales para un trabajo particular, de tal modo que se obtenga la máxima resistencia al menor costo posible, se debe tender sobre todo a disminuir sin perjuicio la cantidad de cemento empleado, también es necesario escoger el tipo de material mas adecuado para un uso particular, por el ej. para resistencia al fuego debe de tener material no combustible, de alto calor específico (escoria), el concreto espuesto a la congelación debe de contener la misma cantidad de agua y un cemento de fraguado rápido etc. De gran importancia también es la cantidad de agua necesaria, la cual afecta la resistencia y otras propiedades. Se calcula sobre la cantidad de cemento en volumen o en peso, aumenta con la disminución de éste y es directamente proporcional a la relación entre el volumen total y el volumen del cemento. Aproximadamente un saco de 50 Kgs. de éste, requieren de 10 a 12 Lts. de agua, para hidratación completa y desarrollo de las reacciones químicas, pero para producir la fluidez necesaria requiere un poco mas, o sea de 25 a 35 Lts. Si la cantidad de agua fijada afecta la resistencia, debe disminuirse hasta lograr una proporción adecuada.

Para calcular ésta se emplean diferentes sistemas, basados en propiedades particulares, por ejemplo: En el análisis mecánico, en el volumen absoluto, en la relación de agua cemento, en el modo de de fineza, en la cantidad de vacíos en el mortero, etc. dependiendo su aplicación del control que pueda llevarse. Es común sin embargo, fijar una relación arbitraria basandose en el trabajo requerido, material prima disponible, etc. y luego modificarla de acuerdo con el trabajo y las propiedades buscadas. La cantidad de agua se fija según la consistencia y la resistencia deseadas. La resistencia (S), varía con la relación de agua cemento (X), según la fórmula:  $S = 14,000 / 7^X$  Las proporciones de agregado fino y grueso se fijan también probando distintas mezclas para obtener la mas manejable y que de un concreto que no se segregue o se separe durante el



que de un concreto que no se segregue o se separe durante el transporte. La proporción de cemento depende del uso a que se destina, para concretos resistentes debe ser elevada, porque la resistencia disminuye con el aumento del por ciento de agregado. Su proporción con el agregado fino varía de 1:2 a a 1:4, procurando que quede un 10 a 12 % de vacíos sin compensar.

Otros hechos pueden tenerse en cuenta al hacer la selección - pueden ser los antes mencionados. Los agregados finos son menos densos y requieren mas cementos y agua. Las mezclas con 80 % de agregado grueso y 20 % de fino dan la mejor resistencia. La proporción con el agregado fino a la suma de los volúmenes individuales, varía con el tamaño máximo del agregado grueso, así, cuando éste es de  $3/8"$  puede ser de 55 a 70 %, si es de  $3/4"$  varía de 40 a 60% y si es mayor de  $1"$ , de 30 a 50 %.

A continuación se indican algunas relaciones en volumen, apropiadas para los usos descritos, pero en todo caso deben considerarse como mezclas de tipo general y no particular.

RELACION	USOS	PROPIEDADES
1 : 1 : 2	Mezclas ricas, para estructuras, columnas y vigas.	Resistencia a la intemperie o condiciones severas. Resistencia en 28 días: $390 \text{ Kgs/cm}^2$ . Requieren 18 lts. de agua por saco de cemento.
1:1 1/2: 2 1/2 1:2 1/4: 3 1/2	Mezclas normales para redes, pavimentos, pisos etc., para reforzar columnas, arcos, maquinarias, etc.	Resistencia al agua y condiciones severas, resistencia a la vibración o choque. Resistencia, $315 \text{ Kgs./cm}^2$ . Requieren 22 lts. de agua.
1 : 1 1/2 : 3 1 : 2 1/4 : 4	Tubos de drenaje, tanques, compuertas, pavimentos, paredes de climas fríos, etc.	Resistencia al agua y a la congelación y cambios bruscos de temperatura. Resistencia, 260. Requieren 25 lts. de agua por saco de cemento.
1: 2 : 3 1: 2 1/2: 4	Mezclas medias para los mismos usos que las anteriores pero en climas templados.	Poca resistencia. Resistencia 210, llevan 27 lts. de agua por saco de cemento.
1 : 2 1/4 : 3 1/2 1 : 3 : 5	Mezclas pobres, para estructuras compactas, tirantes, paredes de retención, cimientos bajo carga estable, relleno, etc.	Poca resistencia (150), soportan los cambios de humedad severos, requieren 30 litros de agua.

La proporción de agua necesaria para una relación dada varía no solo con la proporción de cemento, sino también con la clase de estructura y las condiciones a que se va a sujetar. En general disminuye en los climas y condiciones mas severas (agua de mar, congelación y descongelación, etc.). Para mezclas ricas o pobres varía de 7.5 a 9.5 lts, por bolsa de cemento al pasar de las condiciones de máxima protección a las de máximo ataque.

#### PREPARACION DEL CONCRETO.

**MATERIALES.** - Conocida la relación, se calcula la cantidad necesaria para un volumen dado y se pasan o se miden los materiales en proporción con el número de bolsas de cemento de 45.37 Kgs. (100, lbs,) o de 50 Kgs. La gravedad específica (e) del cemento Portland es de 3.1 la del agregado se toma como de 2.65 y la del agua como 1. El volumen total de concreto no es igual a la suma de los volúmenes agregados, sino a la suma de los volúmenes absolutos, siempre que no tenga espacios vacíos. Los volúmenes absolutos se determinan de la relación entre densidad aparente y gravedad específica. Para el cemento es de  $1.52/3.1 = 0.49 \text{ M}^3$ , para el agregado fino es de  $1.68/2.65 = 0.635 \text{ m}^3$ , para el agregado grueso de  $1.6/2.65 = 0.605 \text{ m}^3$  y para el agua es de 1.

**MEZCLADO.** - Puede ser a mano o mecánico según la cantidad requerida, aunque se prefiere generalmente el mecánico. El mezclado a mano se efectúa mezclando en seco la arena y el cemento formando al final un amplio cráter en el cual se añade la cantidad calculada de agua y piedra, volteando la masa hasta obtener color y apariencia homogénea. Los mezcladores mecánicos pueden ser intermitentes o continuos. En el primero los materiales son añadidos en las cantidades calculadas, se añade luego el agua y se mezcla por un tiempo variable de 1 a 5 minutos, aumentando en la riqueza de la mezcla, un tiempo mayor de 5 m. no produce aumento apreciable en la resistencia. En el sistema continuo el mezclado no es tan uniforme, se regula el tiempo de carga y descarga con el tiempo de vaciado de la máquina, para dar un mezclado apropiado; el agua se añade continuamente desde antes de añadir los materiales, hasta el vaciado. En general los mezcladores consisten en una cámara rotatoria de forma variable, con o sin rebordes interiores, por ejemplo, el mezclador de cubo no requiere placas interiores. En la práctica las grandes masas de concreto se preparan en una planta central y se distribuyen en trocas, también en ciudades de gran número de habitantes se vende concreto preparado, distribuido en camiones equipados con agitadores para evitar la segregación.

**MANEJO DEL CONCRETO.** - Para pequeños trabajos se puede transportar carretillas o cajas de madera con manejeras, procurando que la distancia no sea muy grande y para grandes estructuras, en camiones, elevadores de canchales de gravedad, transportadores de banda, palas mecánicas de quijada, etc.; para túneles se transporta por aire comprimido. El vaciado por gravedad requiere una mezcla móvil muy húmeda, disminuyendo la densidad y resistencia del producto. La mezcla de consistencia seca se debe poner en capas no mayores de 20 cms. y no debe dejarse caer de gran altura, la húmeda se coloca en capas mas delgadas según la consistencia y el ancho de la sección transversal. El concreto vaciado puede distribuirse con azadones o palas y picarse en todas sus partes con palas mezcladoras. Para grandes vaciadas se usan vibradores eléctricos o neumáticos de gran importancia en la consolidación en paredes, columnas y otros -



(internos) o de pavimentos, vaciados, productos moldeados etc. (externos). A veces se usa también vibraciones de las formas. Los vibradores son más efectivos en las mezclas secas con trozos menores de 2", reducen la cantidad de arena a un 28 ó 25 % del agregado total, con mayor dureza. Producen compacidad más rápidamente que a mano y mejoran la efectividad del concreto, sobre todo en formas intrincadas y secciones reforzadas. Los vibradores internos son de tres tipos: De varilla movida por un eje flexible conectado a un motor, de varilla de tipo rígido movida por una excéntrica y de motor interno en la unidad vibradora, comúnmente se emplea en combinación con flotadores vibratorios para emparejar la superficie. La mayor parte de los vibradores se mueven de 3,500 a 7,000 vibraciones por minuto, con un desplazamiento de 0.03 a 0.09". La frecuencia depende de la consistencia del concreto, siendo mayor para las mezclas más espesas. El tiempo de aplicación depende del concreto y del tipo de estructura, pero usualmente es alrededor de 3 m. por M<sup>2</sup> por capa.

El método de vibración de las formas se usa en consolidar concreto en unidades prevaciadas, como bloques, ladrillos y tubos. Cuando se va a depositar concreto bajo agua se pueden separar secciones cerradas, de las cuales se bombea el agua al exterior, pero a veces esto no es posible y se emplean varios métodos y aparatos, entre estos el "Tremie", tubo largo de madera o metal, de longitud ajustable, con un alimentador en la parte superior y con una válvula en la inferior, se coloca vertical con tirantes o una grúa, se llena de concreto y se abre la válvula, se eleva ligeramente y se mueve sobre el área a cubrir. Se pierde algo de cemento, también se emplean cubos de quijada de gran capacidad y sacos de todas clases de papel, tela abierta de yute, etc.

Para unir los vaciados viejos con nuevos, debe limpiarse bien la superficie y humedecerla, en paredes delgadas o impermeables la superficie limpia se cubre con una capa de mortero rico o cemento.

**CURADO DEL CONCRETO.**— Consiste en mantener el concreto (después de vaciado) suficientemente húmedo y caliente para evitar el rápido secado y permitir una lenta hidratación. Esto es de gran importancia, porque un secado demasiado rápido produce un concreto débil, causa de muchas fallas. El curado debe durar de una a dos semanas. Las mezclas ricas son menos afectadas que las pobres y requieren menos tiempo. El método usual consiste en el regado continuado, 2 ó 3 veces al día cuando no hay sol, o cubriendo con tierra, paja, aserrín, etc. En un principio, después del fraguado inicial puede cubrirse con costales húmedos y más tarde con tierra, arena o paja humedecida una vez al día. En las regiones áridas se ha hallado apropiado cubrir con dos capas de asfalto o alquitrán regresado, una hora después de determinado el vaciado, para retener el agua. También puede usarse silicato de sodio en solución de 38°Bé., de relación 1:3.3 (Na<sub>2</sub>O. SiO<sub>2</sub>), regándolo sobre la superficie, éste es sumamente efectivo porque forma una capa impermeable que al mismo tiempo se combina con el cemento, cerrando todas las aberturas y endureciendo lo. Puede usarse también cera o parafina disueltas. Estas cubiertas generalmente se aplican en dos capas, antes de que se pierda la humedad, ocasiones sirve también una aplicación superficial de cloruro de calcio (1Kg./M<sup>2</sup>) el cual por su higroscopicidad y delicuescencia absorbe agua del aire, manteniendo la humedad suficiente. — Antes de aplicarlo se cubre la superficie con mantas empapadas, por un período no menor de 12 Hrs. Se usa disuelto en el agua de hidratación (Curado Integral), en proporción de 1 Kg. por saco de cemento. Actúa como acelerador del endurecimiento, lleva al mínimo los

cambios de humedad, aumentando la resistencia al desgaste y la durabilidad. Permite el uso de menor cantidad de agua y disminuye el tiempo de curado del concreto. Se agrega en solución al 100% de  $e = 1.31$  a  $e = 1.36$ , en proporción de dos o tres partes por saco, según la velocidad de fraguado buscada.

Para proteger el concreto de la congelación durante el endurecimiento, lo principal es mantenerlo caliente, lo cual puede efectuarse cubriéndolo con aserrín o viruta. Para edificios se pueden usar estufas o cubrir la superficie con papel algo separado y calentarla con tubos de vapor, sobre todo en las primeras 24 horas.

**PROPIEDADES.**— Varían notablemente con el tipo de materias primas utilizadas, con la proporción de las mismas, tamaño del agregado, condiciones de trabajo, obtención, etc. y sobre todo en la relación agua-cemento, la cual fija la resistencia a la compresión, que varía generalmente de 70 a 126 kgs./cm<sup>2</sup> en 3 días a 200 a 300 kgs./cm<sup>2</sup> en 28 días, para mezclas 1:2.4:3.6 en peso, con 25 lts. de agua por bolsa. La resistencia a la tensión varía de una forma semejante siendo de 7 a 10 % de la resistencia a la compresión, no es de importancia, de ella depende también la flexión. La resistencia al corte es de gran importancia, varía de 1/2 a 0.8 de la resistencia a la compresión de mezclas ricas a pobres. El concreto no es perfectamente elástico para cualquier grado de carga, no teniendo prácticamente límite elástico definido, ya que disminuye cuando la carga aumenta. Sus propiedades elásticas varían con la riqueza de la mezcla, con la intensidad del esfuerzo, y con la edad. Cuando se sujeta el concreto a flexión, exhibe fatiga. La adhesión al acero es importante en el diseño del concreto reforzado, depende de la riqueza de la mezcla y el carácter de la superficie del acero, cuando se requiere alta resistencia se asegura la ligazón con barras deformadas o alambrado. También la adhesión entre la superficie de diferentes vaciados es muy pobre, por lo que es necesario humedecer antes la superficie y a veces picandola para facilitarla, lo mismo debe hacerse para el acabado o enjarrado del concreto. Está sujeto el concreto a cambios de volumen (contracción o expansión) debido al proceso químico de fraguado y endurecimiento, a la variación de la humedad y temperatura, etc. estos cambios dependen de la riqueza de la mezcla. Su coeficiente de expansión es semejante al del acero. — El peso específico del concreto es de gran importancia, dependiendo del carácter del agregado, si éste está bien graduado, para disminuir el espacio de vacíos alcanza 2.46 kgs/cm<sup>3</sup>, pero usualmente es de 2.15 Kgs/cm<sup>3</sup>, en el concreto con aire atrapado es menor.

El concreto es especialmente resistente al fuego, teniendo en este sentido superioridad sobre otros materiales, es incombustible, tiene un coeficiente de dilatación igual al del acero y tiene baja conductividad calorífica.

#### CONCRETOS ESPECIALES.

**CONCRETO SOMETIDO AL VACIO.**— Sometiendo el concreto recién vaciado a un vacío parcial (20 a 25") por 4 ó 30 m. se elimina gran cantidad de agua en exceso, dejando espacios vacíos llenos de aire al consolidarse por la acción simultánea de la presión atmosférica, sujetándose al concreto a una compresión de 1,550 lbs/pie<sup>2</sup> para 22" de vacío, debido a esto aumenta la densidad del concreto, reduciendo los vacíos. El concreto se endurece rápidamente y las formas especiales usadas pueden retirarse después del tratamiento. Este proceso se ha empleado en construcciones, pavimentos, pisos, techos,

INSTITUTO DE ESTUDIOS  
 BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
 "ALFONSO REYES"  
 No. 1025



etc.

**CONCRETO CON AIRE ATRAPADO.**- Se está empleando modernamente un concreto especial para puentes y pavimentos, en el cual parte de la arena se está sustituyendo por aire atrapado, mediante el uso de sustancias especiales (véase Cemento Portland especial, Pág. 130). El aire atrapado produce aumento en la resistencia a la congelación y al deterioro superficial por el uso del cloruro de calcio o de sodio, para remover el hielo. Mejora la resistencia al sulfato. Reduce la resistencia pero se compensa con el aumento en durabilidad, para mezclas de 4 a 5 % de aire en volumen y por el mejoramiento en propiedades de trabajo y menor densidad. Sin embargo, el contenido de aire no debe pasar de 6 %, cuando el volumen del mortero es de 1/2 a 3/5 del volumen total.

El contenido de aire puede lograrse con el uso de cementos que contengan el agente apropiado (Portland o naturales) o con la adición directa de las sustancias al concreto, durante el mezclado, por ej. Resinas naturales, hidrocarburos sulfonados, grasas, etc. saponificados cuando son insolubles en agua. La A. S. T.M. como ya se dijo permite el uso del Vinsol, el Darex, N-Tair y Airalón. Los cementos naturales por su extremada fineza, requieren la adición de grasas y otras sustancias que facilitan el molido y que causan que el aire sea atrapado, pudiendo usarse con cemento Portland en relación de 1:5 a 1:6 en volumen de 1:3 en peso. Los agregados usados para este tipo de cemento deben ser de la mejor calidad, llenar las especificaciones del departamento de caminos correspondiente. El uso de material quebrado aumenta en 1 % el contenido de aire posible, por el aumento en cantidad de arena (aumenta el aire atrapado). El aire atrapado aumenta con la pobreza de la mezcla, con la humedad, con el aumento del tamaño agregado grueso (s 10 a hasta 7")-- con el mezclado a máquina y con el tiempo de mezclado. Al calcular la mezcla adecuada para éste tipo de mortero usando cemento especial, se deben hacer las pruebas convenientes y rediseñar la mezcla, generalmente se reduce el contenido de arena en un 3 % del peso total del agregado, a veces se reduce algo del agregado grueso. Si el contenido del aire no queda dentro de los límites (3-6 %) se hacen ajustes en algunos de los factores mencionados (materiales, métodos de mezcla, diseños de ésta, etc.). Cuando se usan mezclas se determina por pruebas la proporción de materiales para un contenido especificado.

**USOS.**- Se usa principalmente en pavimentos, en aeropuertos, carreteras y calles desde 1938, modernamente se emplea cada vez mas, en puentes, edificios, presas, y otras estructuras, en las que una pequeña disminución en resistencia no afecta, debido al alto coeficiente de seguridad.

**CONCRETOS IMPERMEABLES.**- La permeabilidad del concreto depende de muchos factores, entre los cuales tiene importancia decisiva el curado y la preparación de las mezclas, también depende de la porosidad, sobre todo de la continuidad y tamaño de los poros, de su número y distribución y de la clase de agregado. La permeabilidad puede disminuirse con el uso de los compuestos a prueba de agua, los cuales pueden formar parte del concreto (integrales) o simplemente recubrirlo.

a.- Los primeros se llaman también materiales de relleno y pueden ser inertes o activos: 1o. Los inertes no tienen acción química sobre el cemento y pueden ser: Arena fina, arcilla, tierra de infusorios, cal hidratada, sirven para rellenar los vacíos, se añaden durante la mezcla en un 10 a 20 % del cemento, reduciendo la

permeabilidad, tienen poco efecto en la resistencia en mezclas ricas. 2o. Los activos forman compuestos insolubles con ciertos componentes del cemento en presencia del agua. Se mezclan con el cemento en un 2 %, reducen la permeabilidad en menor grado y la resistencia de las mezclas ricas.

b.- Cubiertas exteriores.- Comprenden varias clases, desde soluciones acuosas de sales inorgánicas, como silicato de sodio, sulfato de zinc, etc. hasta emulsiones de Asfalto, además de sustancias aplicadas en combinación por aplicaciones exclusivas, entre ellas; Sulfato de sodio, Cloruro de bario, jabón, alumbre, etc. También pueden usarse capas de papel o tela en cubierta de alquitrán o asfalto. El silicato es descompuesto por la acción del ácido carbónico, depositando sílice gelatinosa en los poros, tiene la desventaja de no penetrar lo suficiente, también son usados los fluosilicatos o silico fluoruros de zinc, magnesio o aluminio.

Entre los materiales de tratamiento superficial se usan también las pinturas de aceite, barnices, hidrocarburos líquidos, el jabón, etc. pero son de poco valor. Para aplicar pinturas se trata primero con solución de sulfato de zinc, el cual reacciona con la cal, eliminando su acción sobre el aceite, algunas veces se usa una pintura de caseína, también, dejando secar por varios meses, se pueden emplear pinturas ricas en pigmentos dispersos en aceite Tung, tratando la superficie como antes se indicó. Para proteger el concreto contra la corrosión, sobre todo del agua de mar, se hace tan compacto e impermeable como sea posible o se cubre de una capa de mortero rico, con agua con cloruro de Bario, que forma sulfatos insolubles con el agua de mar, cerrando los poros.

**PRODUCTOS DE CONCRETO.**- En aquellos productos fabricados por vaciado de concreto en moldes, con o sin presión, tales como bloques, tubos de albañal, arbotantes, etc. Las mezclas empleadas varían de unos productos a otros, de acuerdo con la resistencia. En general, se usa la relación 1:2:4 para productos de gran dureza y durabilidad y la 1:2 1/2 :4 para bloques y la 1:2:3 para postes. Para productos de paredes delgadas se usa solamente material fino, menor de 1/4", en relación 1:2 1/2 y 1:3 aumentando la proporción y tamaño del agregado grueso con el tamaño del producto. No deben contener mucha humedad, se vacían en moldes y se consolidan por medio de máquinas hidráulicas bajo fuertes presiones, a veces se mezclan con agua de cal para hacerlos mas densos e impermeables, comúnmente no se colorean, pero a veces se añaden colorantes.

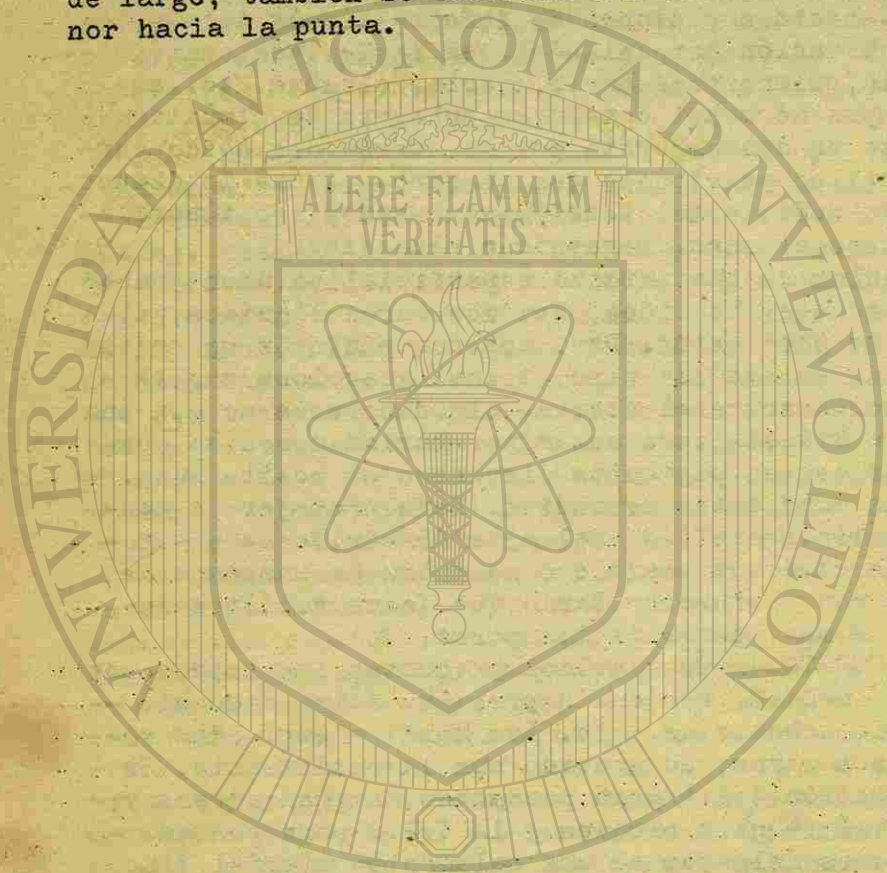
**BLOQUES.**- Son generalmente de caras rectangulares, de dimensiones variables y con gran número de huecos, los mas comunes tienen 36X20 X45, con tres huecos uniformemente distribuidos, otros tienen la mitad de grueso (10 cms.) y se emplean para tabiques o paredes delgadas. A veces se emplean formas especiales que se llaman bloques de dos piezas, de T. en L. y en U. y se emplean para tabiques aislantes; también se fabrican bloques para exteriores con alguna forma o grabado definido.

**TUBOS.**- No deben ser muy porosos, porque pueden destruirse por congelación, o cristalización de sales disueltas, por lo cual debe escogerse bien el agregado para evitar el mayor número de poros; el tamaño máximo del agregado varía con el diámetro del tubo, de 1/4" en adelante. La proporción de cemento a arena deben ser 1:5 en volumen. Pueden fabricarse a mano o mecánicamente, en el 1er caso se usan moldes dobles. En el 2o. el molde interior se sustituye por un émbolo giratorio que se mueve a lo largo del molde. Modernamente se emplea también el proceso centrífugo o sea la rotación



del molde gran velocidad, de tal manera que la mezcla se adhiere a las paredes. Para tubos de gran diámetro se refuerzan con varillas que quedan atrapadas por la mezcla.

POSTES.- Para obtención de un pequeño número se emplean moldes de madera fijos de diversas formas, cuadrados, lisos, circulares, - estirados, etc. pero en gran escala se emplea el método centrífugo. Generalmente son de tipo cónico, disminuyendo 2cms. por cada metro de largo, también se fabrican con barras de refuerzo, de número menor hacia la punta.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

#### MADERAS DE CONSTRUCCION.-

GENERALIDADES.- La madera ha sido desde tiempos primitivos uno de los materiales mas usados en construcción, por ser menos costosa, mas ligeros y manejable y fácil de cortar en la forma deseada, sin embargo, durante mucho tiempo su combustibilidad y putrefacción limitaron su empleo, pero modernamente ha vuelto a aumentar gracias a los métodos de preservación y de protección empleados y a las nuevas sustancias protectoras descubiertas, así como también a nuevos adhesivos que permiten el empleo de los desperdicios de madera y la fabricación de madera contrachapada o entrechpada.

DEFINICION.- Se da el nombre de madera a la parte infracortical del tronco y ramas de los árboles y a veces de las raíces. Está formada por un tejido mas o menos compacto (tejido leñoso), constituido por fibras de celulosa cementada con lignina. La madera de aplicación en Ingeniería es producida por árboles, de aquí que para conocer su formación, estructura etc. sea necesario hablar de estos.

TIPOS DE ARBOLES.- ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO.- Según su crecimiento los árboles pueden clasificarse en dos grupos. Endógenos y Exógenos pertenecientes ambos a las Espermatofitas (plantas vasculares de semilla).

ENDOGENOS.- Pertenecen a la familia de las Monocotiledoneas (Angiospermas) (semillas de un solo cotiledón), se caracterizan porque su crecimiento se desarrolla por la formación de nuevos anillos entre los ya existentes, predominando el crecimiento longitudinal, es decir en altura, no producen madera del tipo normal cuando se les asierra. Los vasos se encuentran arreglados en manojos dispersos en el tejido total. Pertenecen a este tipo árboles de poca importancia, entre los cuales se encuentran las palmeras, el bambú y la yuca, comunes en regiones tropicales.

EXOGENOS.- Se caracterizan porque su crecimiento se efectúa por formación de nuevos anillos entre los ya existentes y la corteza, es decir, crecen hacia fuera y su crecimiento es tanto en altura como en diámetro, los vasos se encuentran repartidos en estos anillos. Producen la verdadera madera, de aquí que el estudio que sigue se refiere a este tipo. Comprenden dos variedades principales:

A.- Arboles del subtipo de las Gimnospermas, comprenden unas 500 especies, en comparación con unas 100,000 de las Angiospermas, de hojas en forma de punta, generalmente perenne (siempre verde) y madera comunmente suave, a esta pertenece principalmente las coníferas (Pinos, Abetos, Cipreses, etc.), cubren grandes áreas con relativamente pocas especies, siendo menos difíciles de explotar. Se desarrollan sobre todo en zonas templadas. Se caracterizan por la presencia de pocas ramas, ya que tienen por lo común un tronco continuo.

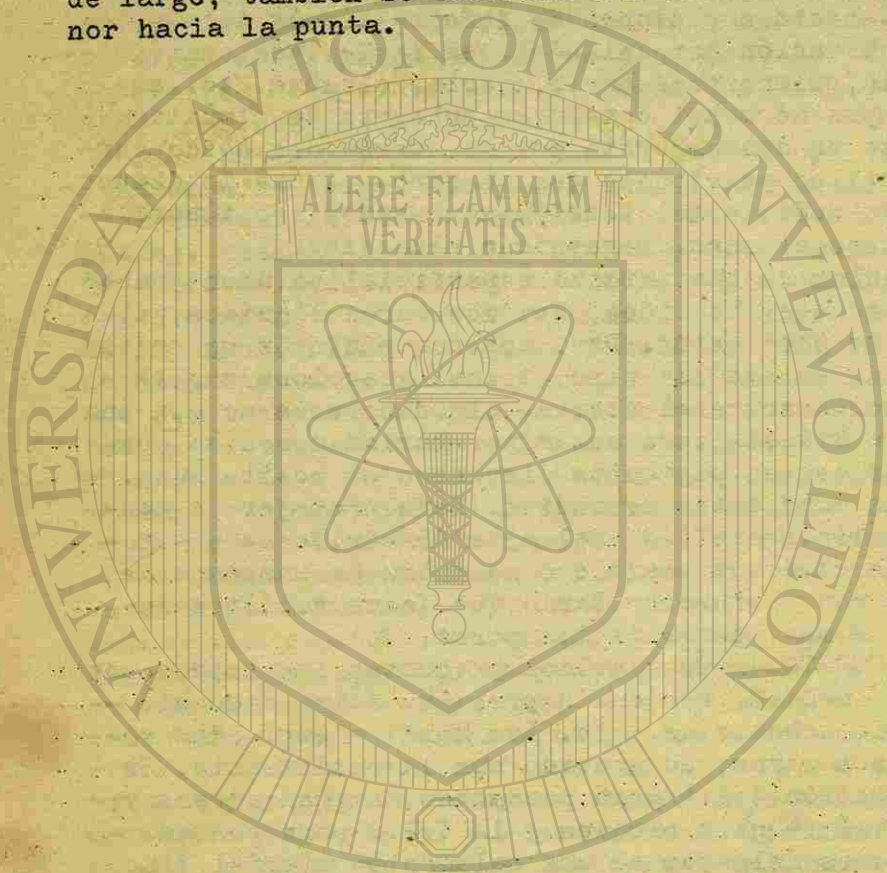
B.- Arboles de la familia de las Dicotiledóneas, (Angiospermas), de hoja ancha generalmente caduca, y madera comunmente dura (Roble, Olmo, Hoyal, Ebano, Castaño, etc.), son las especies dominantes.

CONSTITUCION.- Están formados del centro a la periferia por una médula central, alrededor de la cual se forma una serie de anillos que constituyen el leño, "Duramen" o madera propiamente dicha y la "albura" casco o albúmen, mas clara y mas ligera y de mayor -



del molde gran velocidad, de tal manera que la mezcla se adhiere a las paredes. Para tubos de gran diámetro se refuerzan con varillas que quedan atrapadas por la mezcla.

POSTES.- Para obtención de un pequeño número se emplean moldes de madera fijos de diversas formas, cuadrados, lisos, circulares, - estirados, etc. pero en gran escala se emplea el método centrífugo. Generalmente son de tipo cónico, disminuyendo 2cms. por cada metro de largo, también se fabrican con barras de refuerzo, de número menor hacia la punta.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

#### MADERAS DE CONSTRUCCION.-

GENERALIDADES.- La madera ha sido desde tiempos primitivos uno de los materiales mas usados en construcción, por ser menos costosa, mas ligera y manejable y fácil de cortar en la forma deseada, sin embargo, durante mucho tiempo su combustibilidad y putrefacción limitaron su empleo, pero modernamente ha vuelto a aumentar gracias a los métodos de preservación y de protección empleados y a las nuevas sustancias protectoras descubiertas, así como también a nuevos adhesivos que permiten el empleo de los desperdicios de madera y la fabricación de madera contrachapada o entrechapada.

DEFINICION.- Se da el nombre de madera a la parte infracortical del tronco y ramas de los árboles y a veces de las raíces. Está formada por un tejido mas o menos compacto (tejido leñoso), constituido por fibras de celulosa cementada con lignina. La madera de aplicación en Ingeniería es producida por árboles, de aquí que para conocer su formación, estructura etc. sea necesario hablar de estos.

TIPOS DE ARBOLES.- ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO.- Según su crecimiento los árboles pueden clasificarse en dos grupos. Endógenos y Exógenos pertenecientes ambos a las Espermatofitas (plantas vasculares de semilla).

ENDOGENOS.- Pertenecen a la familia de las Monocotiledoneas (Angiospermas) (semillas de un solo cotiledón), se caracterizan porque su crecimiento se desarrolla por la formación de nuevos anillos entre los ya existentes, predominando el crecimiento longitudinal, es decir en altura, no producen madera del tipo normal cuando se les asierra. Los vasos se encuentran arreglados en manojos dispersos en el tejido total. Pertenecen a este tipo árboles de poca importancia, entre los cuales se encuentran las palmeras, el bambú y la yuca, comunes en regiones tropicales.

EXOGENOS.- Se caracterizan porque su crecimiento se efectúa por formación de nuevos anillos entre los ya existentes y la corteza, es decir, crecen hacia fuera y su crecimiento es tanto en altura como en diámetro, los vasos se encuentran repartidos en estos anillos. Producen la verdadera madera, de aquí que el estudio que sigue se refiere a este tipo. Comprenden dos variedades principales:

A.- Arboles del subtipo de las Gimnospermas, comprenden unas 500 especies, en comparación con unas 100,000 de las Angiospermas, de hojas en forma de punta, generalmente perenne (siempre verde) y madera comunmente suave, a esta pertenece principalmente las coníferas (Pinos, Abetos, Cipreses, etc.), cubren grandes áreas con relativamente pocas especies, siendo menos difíciles de explotar. Se desarrollan sobre todo en zonas templadas. Se caracterizan por la presencia de pocas ramas, ya que tienen por lo común un tronco continuo.

B.- Arboles de la familia de las Dicotiledóneas, (Angiospermas), de hoja ancha generalmente caduca, y madera comunmente dura (Roble, Olmo, Hoyal, Ebano, Castaño, etc.), son las especies dominantes.

CONSTITUCION.- Están formados del centro a la periferia por una médula central, alrededor de la cual se forma una serie de anillos que constituyen el leño, "Duramen" o madera propiamente dicha y la "albura" casco o albúmen, mas clara y mas ligera y de mayor -



contenido de humedad, finalmente existe una capa llamada "liber",  $\frac{1}{2}$  de fibra delgadísima y flexible y por último la "Corteza" y el --- "corcho ó Suber".

**CRECIMIENTO.**- El crecimiento primario representa el alargamiento en longitud y la formación de ramas, según la especie, controla la forma adquirida por el árbol y una vez iniciada continúa cuando menos periódicamente. Forma tejidos llamados primarios y además -- las ramas o el tronco crecen en grosor, formando anillos anuales concéntricos entre el Albúmen y el Líber, comenzando por una capa casi invisible llamada "Cambium", durable gran número de años. Produce nueva madera y corteza por un crecimiento llamado secundario, llamándose a los tejidos producidos "tejidos secundarios". El espesor de estos anillos es sumamente variable, no solo en las distintas especies, sino en diversas variedades de una misma especie, según las diferentes condiciones de crecimiento, asimismo, varía en las diferentes partes de una sección transversal y con la altura a que se tome. Son generalmente mas amplios en el centro que en la periferia y en los árboles jóvenes que en los viejos. En los primeros, (en pleno desarrollo) pueden ser hasta de  $\frac{1}{2}$ " o más, mientras que en los árboles viejos de los bosques pueden ser tan pequeños -- como  $\frac{1}{200}$ ", por término medio puede considerarse un espesor de -- 0.1 á 0.15". Estos anillos se mantienen unidos por los llamados -- "Rayos medulares", que atraviesan el árbol desde la periferia hasta el centro y cuyo papel es el de distribuir el agua y el alimento -- entre la corteza y las capas interiores. -- Estos anillos son mas notables en muchas de las maderas duras (roble) y en ciertos cortes -- le dan gran belleza a la madera terminada, tienen gran influencia -- en el encogimiento y afectan las propiedades mecánicas de la madera. Los anillos que corresponden a los diferentes años se distinguen además del grosor, por el color que presentan, generalmente -- mas obscuro entre mas años pasan.

Si se observa cada anillo en particular se nota una diferencia en su composición, debido a las variaciones en el tamaño y estructura de las células y fibras de la madera con la velocidad del crecimiento, la cual disminuye de la primavera al invierno. La madera de primavera, de crecimiento mas rápido, está formada por células mas grandes, de paredes mas delgadas que las de verano y de menor densidad, diseñadas para la conducción de savia, mientras que o la de verano, de células de paredes mas gruesas, mas densas y obscuras, están adaptadas para asegurar la resistencia y conducen poca -- savia. El color de estas formaciones depende de la porosidad de la -- madera, así, en las maderas no porosas (muchas coníferas, pinos) -- la madera de primavera, mas abierta, aparece de color mas claro -- (interior del anillo), mientras que en las maderas porosas la presencia de los poros la hacen aparecer mas oscura. En algunas especies de poros difusos (Haya, Maple,) el color es mas uniforme. --- Cuando el árbol es joven, los anillos centrales continúan desarrollando sus funciones y acumulando madera, y en un momento dado de -- jan de funcionar fisiológicamente, muriendo las células alrededor -- del centro y formando un corazón que actúa solamente como soporte -- mecánico. Así, pueden notarse dos partes en el árbol:

A.- La formada por los anillos que van terminando sus funciones y que constituyen la llamada "Madera muerta, Madera de corazón" ó "Duramen", generalmente de color mas obscuro, por la infiltración de pigmentos y de mayor compacidad, por la ausencia de savia. En su formación se producen varios compuestos orgánicos que -- se acumulan en las células y aún en sus cavidades, en forma de de-

pósitos amorfos o cristalizados (taninos, gomas, resinas, sales de ácidos orgánicos, tales como oxalatos, etc.), estos compuestos a veces evitan el empleo de la madera para ciertos usos (empaques de -- alimentos), pero también pueden aprovecharse en algunos casos.

B.- La formada por los anillos que conducen aún la savia y -- que constituyen la "Madera de savia", Madera viva o "albura" y -- cuya proporción varía mucho en las diferentes partes de un mismo árbol, generalmente es mayor en la parte superior que en las ramas y en -- los árboles jóvenes que en los viejos, aunque estos tienen mayor -- número de anillos en funcionamiento. El espesor varía con las distintas especies. Es más fácil de secar, se impregna mas fácilmente con preservativos y tiene menos nudos.

La diferencia en color de una madera a otra depende de la especie, pues mientras unas presentan un marcado contraste (Cedro, Tabaco, Olmo, Alerce, etc.), otras casi no ofrecen diferencia (Cicutá, Pino, Abeto), también es mayor en los árboles viejos que en -- los jóvenes.

La madera de corazón en los árboles viejos es mas resistente y mas compacta, por lo cual presenta menos encogimiento durante el -- secado sufre menos cambio que la de savia, se pinta mas fácilmente y resiste mejor la putrefacción, tanto por su menor contenido -- de humedad, como por la presencia de materias de infiltración que actúan como venenos para los hongos y los insectos.

Es mas pesada, por su mayor compacidad, pero en algunas maderas, sobre todo en las coníferas, la madera de savia puede ser de mayor peso, por la presencia de un gran contenido de humedad, pero solo recién cortada. Es mas durable y menos permeable.

**TEXTURA Y GRANO O HILO DE LA MADERA.**- Se considera como grano o hilo de madera, al espesor de los anillos anuales, es decir, el -- número de los anillos por pulgada y la distribución y dirección de la célula y fibras de la madera cortada. Los árboles de crecimiento rapido producen madera de grano mas ancho (grano grueso) que las de crecimiento lento (grano fino o cerrado). Cuando los elementos de la madera (células y fibras), son rectos y corren paralelos a -- los lados de la pieza, la madera se llama de "hilo o grano recto". Cuando por el contrario no corren paralelas al eje de la pieza, se la llama "grano transversal", pudiendo adquirir diferentes denominaciones según la inclinación del grano, expresada ésta como una relación entre una desviación de 1" del grano de los lados de la -- pieza y la distancia dentro de la cual esta desviación ocurre y -- así puede llamarse: Diagonal, Espiral, Ondulante, Entrelazado, etc. -- esto tiene efecto en las propiedades. La Dirección del grano puede notarse a veces a simple vista, otras siguiendo la dirección de -- las hendiduras conductoras de resina o anillos anulares, dejando caer una gota de tinta.

**ESTRUCTURA DE LA MADERA.**- Observando al microscopio el tejido leñoso se ve que varía de una especie a otra, pero que en general consta de cuatro elementos constitutivos a saber: A.- Traqueidas B.- Parenquima, C.- Vasos y D.- Fibras de madera.

A.- **TRAQUEIDAS.**- Son células poligonales, a veces rectangulares, con bordes redondos, a veces dentados. Son pequeñas y de poca importancia en las maderas duras, pero de .05 a .35" de largo y de diámetro  $\frac{1}{15}$  á  $\frac{1}{100}$  de la longitud, en la madera de las -- coníferas, formando el prosenquima para la conducción y para dar resistencia al árbol. Las células son alargadas a lo largo del grano, de paredes delgadas y se agrupan en hileras radiales entre los rayos, solo interrumpidas por los canales de resina (si hay). En los

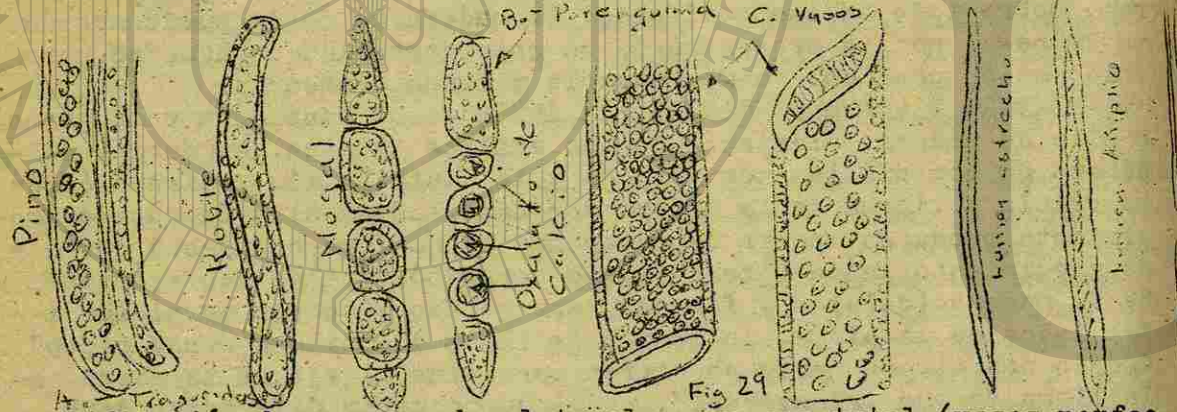


árboles de hojas ancha se mezclan con elementos no fibrosos llamados Vasos.

Las paredes de estas células contienen un conducto para el flujo de la savia de una célula a otra y a través de los vasos.

B.- PARENQUIMA.- Tejido formado por células vivas de membrana muy finas, compuestas de celulosa y las cuales generalmente no se reproducen y su protoplasma contiene numerosas vacuolas. Sirven para almacenar alimentos en el otoño; en la madera de savia, son relativamente cortas, puesto que actúan poco en la conducción. Se colocan una encima de otra en líneas verticales o se agrupan en manojos, con sus ejes mayores extendidos radialmente, constituyendo en conjunto los "rayos medulares" de las maderas duras mezcladas con las traqueidas, los de las maderas suaves, para conectarse con el parénquima de la parte interior de la corteza. Algunas veces -- (encino blanco nogal etc.), se arreglan paralelos a los vasos, apareciendo en los anillos como finas líneas concéntricas (Parenquima Longitudinal), otras forman el borde de los anillos, se arreglan en planos radiales o rodean a los vasos mayores. Cuando el Parénquima forma los conductos de resina (si hay) se conoce como parénquima Epitelial. Las paredes laterales del parénquima están perforadas por una gran cantidad de pequeñas depresiones. Según la forma y disposición de las células, el parénquima puede ser poliedrico, globular, muriforme, etc.

C.- VASOS.- Cuando se sobreponen las células y desaparecen



por gelificación de sus paredes laterales, ya sea total (vasos perfectos) o parcialmente (imperfectos), se forman pequeños conductos de longitud indefinida, por los cuales circula la savia, llamándoseles vasos. Pueden presentar distintos aspectos, según las células que los forman, así, pueden ser: Escalieriformes, anillados, reticulares, etc., cuando sus paredes están perforadas se les llama cribosos o liberianos. Su diámetro varía de un árbol a otro, aunque generalmente es pequeño (0.01" o menos) y solo ocasionalmente es suficientemente grande para ser observado a simple vista. Constituyen los poros de la madera y según su abundancia las maderas se dividen en: Porosas, de Poros Difusos y No porosas. En estas últimas (coníferas) los espacios entre las células se encuentran llenos de resina y no poseen verdaderas paredes como los vasos, por lo que se les llama conductos de resina, son de gran tamaño y se encuentran rodeados por células epiteliales, pueden ser: radiales, longitudinales o transversales (pequeñas) y están comunicados entre sí.

Según la función que desempeñan los vasos, pueden ser:

a.- Liberianos, los que transportan la savia elaborada. b.- Leño --

sos, los que conducen la savia bruta y el aire y c.- Lactíferos, los que llevan sustancias de reserva o de deshecho.

D.- FIBRAS DE MADERA.- Parenquima Longitudinal. Son fibras delgadas formadas por células muertas, de 1/5 a 1/10" de largo, -- terminadas en punta en ambos extremos (forma de uso, a veces ahorquilladas), de paredes gruesas y bordes generalmente dentados. En algunas maderas las células están divididas por tabiques centrales. Estas células están formadas por Ligninas y constituyen el tejido fibroso. Las fibras de madera se encuentran más o menos en el centro de los anillos anuales de las maderas duras y les comunican propiedades de resistencia, tenacidad y dureza.

ESTRUCTURA DE LA MADERA.- La estructura de la madera de las coníferas es muy simple, presenta rayos medulares de una sola célula de ancho y varias de profundidad, formados por traqueidas y parénquima alternados, contienen además traqueidas longitudinales (90% del volumen) parénquima longitudinal (muy poco) y células epiteliales. Las traqueidas son 90 veces más largas que anchas (desde luego variables), se arreglan en hileras radiales no interrumpidas, son prismáticas o tubulares, presentan también conductos de resina (pino, abeto Douglas o pino del pacífico, alerce, etc.)

En los árboles de hoja ancha la estructura es sumamente variada, según que sean porosos o de poros difusos, en las primaras los vasos son más grandes en las maderas de primavera y pequeños y agrupados en el verano, pero solo ocupan del 10 al 25% del volumen -- (encino) los rayos modulares son anchos (100 células o más) y de 1" o más de altura, pero en su parte superior y fondo disminuyen a una simple célula, juntándose con otros rayos y dando figuras redondeadas en la sección tangencial (varían del 15 al 25% del volumen). También las fibras de madera (Parenquima longitudinal) varían en número, forma, grosor y naturaleza de sus paredes, etc. En la madera de poros difusos (arce) la distribución de los poros es más uniforme, pero son de diámetro muy pequeño y tienen poca variación, aún en la madera de primavera o la de verano, tienden a agruparse en grupos radiales de dos a cuatro células. Los rayos medulares son menos anchos que en las anteriores, pero más que en las coníferas, dan apariencia plateada en la madera aserrada por cuartos. Presentan marcos bien definidos entre los anillos de crecimiento.

En general es difícil notar a simple vista la estructura de la madera, para definir a que árbol pertenece, pero puede prepararse una muestra delgada con una navaja afilada, mojarla y observarla al trasluz, poniéndola entre dos capas de vidrio delgado, si al examinarla con una lupa se observa que no tiene poros, pertenece a las coníferas, si los poros están distribuidos en todo el anillo y aproximadamente del mismo diámetro, sin haber concentración en la porción de madera de primavera, será de poros difusos. Muy importante también será la observación de los rayos medulares al microscopio, para determinar el tipo de células que los forma, el color de la madera y la diferencia de éste entre la madera de albura y la de corazón, algunas propiedades físicas, como son la densidad, la dureza, etc.

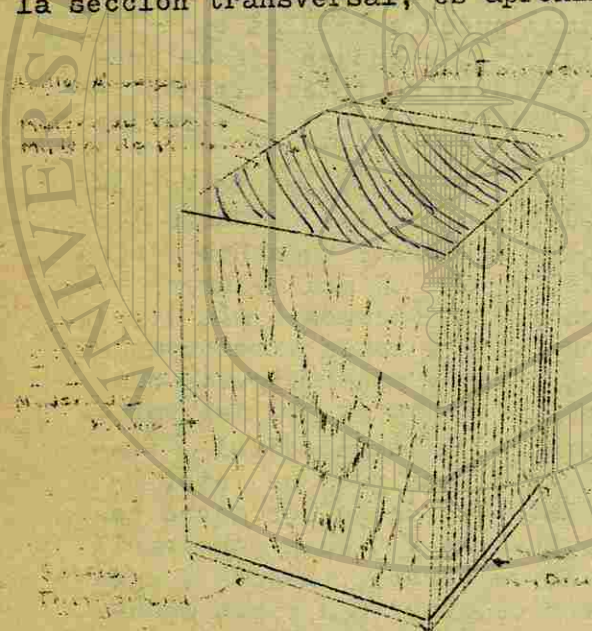
PRODUCCION DE MADERA DE CONSTRUCCION.- La producción de la madera de construcción comprende tres pasos esenciales: a.- Obtención de los Troncos o Trozas, b.- Corte de los troncos a formas comerciales (tablas, tablones, barrotes, etc.) c.- Secado de la madera.

a.- El corte de los árboles puede desarrollarse total o ---



parcialmente. En los grandes árboles se corta primeramente la copa y después el resto, procediendo luego a la separación y eliminación de las ramas. El corte se verifica perpendicularmente al eje del árbol y se le llama "corte transversal" o de "testa", un corte de este tipo presenta los anillos del árbol y muestra la diferencia entre la albura y el duramen. Se desarrolla generalmente al terminar el invierno o sea cuando es mínima la cantidad de savia, además de que en tiempo de invierno las actividades microbianas disminuyen y el secado de la madera recién cortada no es muy intenso, evitando que esta se raje.

b.- Los troncos se llevan al aserradero en donde se cortan para obtener formas comerciales según su diámetro y dimensiones. Pueden verificarse dos tipos de cortes principales: 1.- El corte longitudinal o diametral (ig. 30) incluye la dimensión total de la sección transversal, es aproximadamente perpendicular a los



anillos anuales, permite apreciar el hilo de la madera, la madera de este tipo se le llama de corazón, también se le llama de grano plano en las suaves y de corte plano en las duras. Los rayos medulares aparecen en forma de manchas separadas o vetas especulares, que en ciertos casos son muy finas y poco visibles (coníferas).

2.- Corte Tangencial.- Es un corte verificado según una tangente o cuerda a uno de los anillos, puede ser aproximadamente radial y paralelo a los rayos medulares a los cuales puede incluir en sentido transversal, según su distancia al centro, presentando una serie de figuras caprichosas, por

la irregularidad de los anillos, que se llaman "aguas" de la madera, sobre todo en la región central del corte y cuya presencia se busca para madera de ornamentación. La madera se llama madera de hilo, también de canto en las suaves y de un cuarto en las duras. Comúnmente estos cortes no son verificados en su totalidad en la forma indicada, por lo cual se acostumbra tomar la inclinación del corte con los anillos anuales, llamándose de corazón cuando el ángulo es de  $45^\circ$  a  $90^\circ$  y madera de hilo cuando varía de  $0^\circ$  a  $45^\circ$ . En las maderas duras se llaman cortes bastardos los que tienen de  $30^\circ$  a  $60^\circ$ .

c.- SECADO.- La madera tal como llega al aserradero (troncos) tienen un gran contenido de humedad (33 - 37%, por lo cual se necesita secarlas antes y después del corte. En primer caso los troncos desbastados (eliminada la corteza) o no, se apilan al aire, dejando espacio para la circulación, generalmente entreverados, dejándolos en esta condición hasta que haya un equilibrio de la humedad. En ciertas partes se acostumbra voltear los troncos sobre el suelo y dejar que escurra la savia. El mismo método de apilado puede aplicarse a la madera ya cortada. Este método se llama curado o zasonado de la madera. La madera de las Coníferas se seca más rápidamente, necesitando dos veranos en los trozos grandes y uno en los chicos. El secado al aire es menos costoso pero deteriora más la madera que el secado en hornos, se usa am liamente en el se-

cado de madera estructural de gran tamaño (durmientes). Auto. 1625 MONTREY, MEXICO

Para un mayor secado se expone la madera por un período de tiempo a elevada temperatura, en camas cerradas (secado al horno), calentando con aire húmedo o vapor sobrecalentado. La temperatura y el tiempo de secado son muy variables, según el tipo de madera y el contenido de humedad, etc. Las temperaturas varían de  $30^\circ$  a  $90^\circ$  C ( $70-85^\circ$  C. promedio), y el tiempo desde unos pocos días hasta varios meses puede ser de 3 a 4 días para las maderas suaves y de 6 a 10 días para las duras, siempre que se hayan curado previamente al aire por 3 a 6 meses en tablonés de 1". También es muy importante la cantidad de humedad al aire, la cual debe ser elevada antes de que la madera se haya calentado y se disminuye después gradualmente hasta el secado. Algunas maderas requieren humidades muy altas y por el contrario la mayor parte de las coníferas se trabajan a humidades bajas. Algunas maderas verdes se empiezan a secar a temperaturas bajas ( $50^\circ$  C.) mientras que en otras pueden usarse mayores de  $100^\circ$  C.

El secado al horno produce menos pérdida de madera (menos de 10%), es más efectivo, más fácil de controlar y más uniforme, por lo cual reduce la higroscopicidad, además, pueden evitarse las manchas de savia y fijarse las gommas y resinas.

DEFECTOS DE LA MADERA.- Se consideran como defectos, irregularidades de la misma que pueden disminuir su resistencia ó durabilidad o la hagan impropia para determinado uso. Desde el punto de vista estructural pueden considerarse: 1.- Defectos naturales, 2.- Defectos del secado, 3.- Defectos debido a mala preservación y 4.- Defectos de corte.

1.- DEFECTOS NATURALES.- Pueden ser: a.- Nudos, b.- Venteaduras, c.- Inclusiones.

a.- NUDOS.- Se deben a la presencia de los vástagos o ramas en el tronco del árbol, ya sea vivas o muertas y a la consiguiente distorsión del grano. Se originan en la médula de los vástagos, aumentando de tamaño hacia la superficie o quedan encerradas y mueren (coníferas). En el primer caso, las capas de la rama son una continuación de los anillos del árbol, pero en el último la porción encerrada pierde contacto con el resto del árbol y al ser interceptada por el corte en la parte terminal, constituye en la madera lo que se llama nudo "encajado" o "encerrado", de gran dureza y fácil de desprenderse, pero si la madera contiene la parte en que fué rodeada mientras estaba viva, los anillos del árbol se presentan cruzados con los de la rama y el nudo se llama "entremezclado", presentando una mayor distorsión del grano que los anteriores. Son generalmente más duros que el resto de la madera y en algunos casos (coníferas) sirven de núcleos de concentración de resina, haciéndose inapropiados para absorber la pintura. En ocasiones su dureza aumenta por la presencia de médula en el centro. Además de las clases anteriores, los nudos se clasifican por su forma en: ovales, redondeados, alargados, etc. y por su tamaño en: chicos (< de 1"), medianos (< 1 1/2") y grandes (> 1 1/2"), a veces se presentan como vetas transversales.

El efecto de los nudos en las propiedades mecánicas de la madera depende de su localización, tamaño y distribución, así como de la aplicación de las mismas. En las vigas y tirantes estructurales tienen influencia en la resistencia a la flexión, mayor si se coloca cerca del punto de máximo esfuerzo en el lado de la tensión, en cambio tienen poco efecto en la resistencia a la Cizaya y en la rigidez, tampoco son de importancia en las grandes vigas, columnas



o barrotos, en los cuales se necesita solamente rigidez. En las columnas cortas o intermedias disminuyen la resistencia proporcionalmente su tamaño.

Realmente los nudos aumentan la dureza en compresión perpendicular al grano y solo perjudican en el sentido de que provocan una distribución no uniforme de la presión en las superficies de contacto. Son mas duros de trabajarse y pueden proyectarse de la superficie cuando ocurre algún encogimiento y siendo causa también de torceduras en la madera.

b.- Una venteadura es una separación a lo largo del grano, generalmente entre los anillos anuales, debido a la acción del viento sobre los árboles. Cuando se extienden entre las dos caras de una tabla se llama Venteaduras Transversales.

c.- INCLUSIONES.- En ciertas maderas se pueden presentar inclusiones de resina (Coníferas), gomas (mezquite, cerezo) o sales minerales, las cuales presentan características completamente distintas a la madera. Sobre todo las primeras, que pueden presentarse en forma de puntos pequeños o lo que es mas común de vetas a lo largo del grano, disminuyendo la resistencia, son generalmente blandas no aceptan la pintura y pueden escurrir en verano.

2.- DEFECTOS DEL SECADO.- Durante el secado se verifica un encogimiento de la madera, que varía según su contenido de humedad y su estructura. Si la madera es uniforme y el secado es bien conducido, el encogimiento será igual en todas direcciones (excepto en longitud), haciéndose mas delgadas las paredes de las células de primavera y de verano, sobre todo las primeras, lo cual origina una mayor contracción hacia el lado en que se hallan las células de verano. En la práctica el secado no puede desarrollarse uniformemente porque cuando la madera se expone al aire, las partes mas expuestas pierden su humedad mas rápidamente, provocando una mayor contracción y por lo tanto una torcedura de la madera. Si la tensión originada por esta contracción es muy grande, la madera se raja, produciéndose una serie de hendiduras que pueden ser temporales o permanentes; las primeras se cierran al al secar al otro lado de la madera, es decir al terminar el secado. Las permanentes continúan, reduciendo considerablemente su valor. Se presentan generalmente transversales al grano, es decir, a través de los anillos anuales y en los troncos radialmente. También la presencia de los rayos transversales, cuyas células se extienden perpendiculares a la madera, causa efectos de tensión y compresión debidos a la diferente dirección de encogimiento, pudiendo provocar roturas o agrietamientos entre el rayo y las fibras longitudinales adyacentes. Estos esfuerzos en los troncos, durmientes y vigas causan curvaturas en las superficies planas o roturas hacia el centro del tronco. El encogimiento en sentido radial es un 60% del tangencial y el longitudinal es casi despreciable. Cuando el secado es muy rápido en uno de los lados de una tabla, éstos defectos se acentúan, por lo cual el secado debe de ser lo mas lento posible, para evitar una diferencia de esfuerzos interiores y exteriores. Cuando el secado continúa después de igualados los esfuerzos, la capa externa se hace demasiado rígida, evitando el encogimiento de la pieza en su totalidad. lo cual produce una inversión de los esfuerzos, siendo mayor la tensión interior y provocándose una serie de grietas en sentido radial, que pueden existir en la madera sin que se note, pero se revelan al cortarla.

3.- DEFECTOS DEBIDOS A LA MALA PRESERVACION.- (véase mas adelante, Putrefacción de la Madera).

4.- DEFECTOS DE CORTE.- Grano transversal.- Grano no parale-

lo con el eje de la pieza, puede ser diagonal o espiral, disminuye la última fuerza a la compresión, la tenacidad y la electricidad. Puede ser debido a crecimiento inadecuado.

Presencia de Corteza.- Las piezas cortadas muy cerca de la superficie pueden presentar en sus orillas corteza residual que al caerse deja una depresión con marcas irregulares.

Espesor Insuficiente.- Al cortar un tablón puede ser que no alcance en todas sus partes el espesor tomado, por lo cual presenta depresiones.

Grano astillado.- Cuando se ha cepillado o cortado en contra del hilo y se presentan astillas.

#### GRADOS Y TAMAÑOS DE LA MADERA COMERCIAL.

GRADOS DE MADERA.- Debido a la amplia variación en la calidad de la madera, se han adaptado varias reglas que ayudan al consumidor a seleccionar el tipo mejor adaptado para su uso.

Estas reglas se establecen sobre la base del número y tamaño de los defectos presentes.

Según las reglas adoptadas por la N. H. L. A. (NATIONAL HARDWOOD LUMBER ASSOCIATION), el grado de una pieza se determina por el porcentaje de la misma que puede ser cortado en piezas Standard mas pequeñas, las cuales son claras por un lado y sonoras. Los grados son: Primero, Segundo, Selecto, No. 1, Común No. 2, Común No. 3A. Común No. 3B. etc. Los de primera calidad o grado deben de tener 91.6% de la superficie aprovechable para ser cortada en piezas Standard mas pequeñas. Los de segunda 83.3%, mientras que los de 3B Común, solo 25%.

La clasificación de las maderas suaves no esta bien estandarizada, pero generalmente se divide en tres tipos:

MADERAS PARA CONSTRUCCION EN GENERAL.- Incluye materiales de menos de 5" de grueso y se gradúan sobre la base de la pieza completa. Incluyen: Grado A, Selecto B, Selecto C., Selecto D y Tablas (menos de 2" de grueso), de grados 1, 2 y 3 y 4 y 5, y maderas de dimensión (de 2" a 5") grados 1, 2 y 3.

El grado A indica material libre de defectos. El B. permite pocos y pequeños defectos, los grados C. y D son apropiados para trabajos en donde la madera se va a pintar.

El grado No. 1 incluye madera sonora, con un número limitado de defectos, el No. 2 permite mayores defectos, son apropiados para uso general, sin permitir pérdidas. Los tres siguientes grados 3, 4 y 5, permiten pérdida, disminuyendo progresivamente su calidad.

MADERA ESTRUCTURAL.- Incluyen vigas y tablonés (de menos de 5" de grueso) viguetas (5" X 8" o más) y postes (6" X 6").

MADERA DE EBANISTERIA.- Es madera usada para propósitos especiales, tales como: puertas, ventanas, gabinetes, etc., sus grados se seleccionan como Nos. 1, 2 y 3.

TAMAÑOS.- Varían mucho en los distintos Países, pero en general el tamaño puede expresarse por el grueso en pulgadas y la longitud en pies, considerando el grosor nominal, es decir en bruto y el actual o de la madera cepillada, así por ejem. los anchos de tablonés de 2", 2 1/2", y 3" y 4" quedan de 1 5/8, 2 3/8, 2 7/8, y 3 5/8, para materiales de 7" se reduce 3/8" y para mayores 1/2". Para los de 5" de grueso y 5 ó mas de ancho también es de 1/2" en grueso y en ancho. Así, la madera se compra sobre tamaño nominal en pies y se expresa por ej. Pies de madera de 1" X 10' ó de 2X5', etc.



## PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA.

**COMPOSICION.**- Todas las especies de madera están compuestas de Celulosa (60%) y Lignina (28%), el resto lo constituyen pequeñas cantidades de otros materiales, que le imparten propiedades especiales, tales como : color, olor y resistencia a la putrefacción química. - Maderas de diferentes especies pueden presentar las mismas propiedades.

**Color.**- Los diferentes colores de las distintas variedades de madera y en las distintas partes de un mismo árbol se deben esencialmente a compuestos químicos, producidos generalmente por el árbol, que se han impregnado en la madera. La madera recién formada es incolora y a medida que su edad va aumentando, aumenta también su color, a esto se debe que la Albura generalmente presente un color más claro que el Duramen. El color aumenta durante el secado de la madera, debido a la evaporación del agua, pero por otra parte se obscurece por inmersión en el agua, debido a la disolución de las sustancias no colorantes. La madera que ha sido atacada por hongos pierde su brillantez características. El color de la madera es un factor muy importante en ciertas maderas de aplicación ornamental, por ej. - el cerezo, nogal, cedro, etc. y en muchas maderas el color de la madera de corazón o duramen es de importancia en la identificación.

**Olor.**- El olor de la madera se debe también a la presencia de compuestos químicos, disminuye por la exposición al aire, pero puede conocerse practicando una insición profunda en la madera. El Duramen es generalmente de un color más fuerte que la Albura. El olor de la madera es de mucha importancia, por los perjuicios que puede causar en la construcción de recipientes, en almacenes de alimentos, vinos, etc. por la facilidad con que pasa a éstos, sin embargo, en algunas ocasiones se requieren olores especiales que distinguen a ciertas maderas que tienen diferentes aplicaciones, por ejemplo, - el olor de la madera del roble es especialmente buscado para comunicar a los vinos el sabor de vino añejo característico.

**Peso Específico.**- Varía para las diferentes especies, siendo generalmente alrededor de 1.6 (densidad absoluta) aunque en realidad presentan un peso específico aparente menor que el del agua, debido a la presencia de aire en las células y de poros en los espacios intercelulares, también rellenos de aire. La densidad aparente puede expresarse en  $\text{kgs/m}^3$  y puede ser de 600 (abeto, pinabete), 700 (pino común), 800 (pino amarillo) y aún 900 (roble), o más. Algunas maderas tienen una densidad tan baja como 110 (Balsa) y otras tan alta como 1,290 (madera de hierro), varía según la proporción de madera de verano y la proporción, tamaño y número de poros que contienen, representa el factor de control en la mayor parte de las coníferas, formándose madera liviana cuando la proporción de madera recién formada es muy grande y madera pesada cuando predomina la madera de verano (hacia la edad media) y se hace más ligera nuevamente en la edad adulta, o sea cuando la madera de verano disminuye abajo del valor máximo. Por otra parte, la mayor parte de los árboles de hojas anchas (sobre todo aquellos que contienen más cantidad de poros) presentan madera más pesada en los primeros años, disminuyendo con los años sucesivos de crecimiento, debido a que los poros de la madera cerca del centro son más pequeños, mientras que su tamaño aumenta hacia la superficie, asimismo, la madera del tronco es más pesada que la de las ramas y la de las raíces y la de corazón es más pesada que la de albura. El peso específico de la madera es un factor muy importante en muchos de los usos estructurales y está estre-

chamente relacionado con la resistencia, siempre que la humedad no tenga una variación marcada. En general, para un tipo de madera dado debe preferirse la más densa a la más ligera.

**Humedad.**- Es el factor de control del período de Secado o Curado de la madera, siendo muy importante conocer el grado de humedad antes y después del mismo (secar a peso constante y a  $105^{\circ}\text{C}$ ., una muestra de 10 gms. en tiras transversales). La proporción de agua de la madera verde varía de 26% (alerce) a 34% (olmo) y aún 37% (abeto común ó pinabete), 42% (Chopo) y 45% (Abeto rojo). Desecadas al aire pueden contener de 10 a 15% de agua menos. La humedad se distribuye entre el protoplasma de las células vivas (5%), las paredes de la célula (35%) y los poros de las células muertas (60%).

**Encogimiento.**- Varía según la dirección del hilo, el longitudinal es casi despreciable (0.1%), el tangencial es el mayor (10 a 20%) y el radial o transversal es alrededor del 60% del anterior (4.5 a 6%). La contracción normal es en el haya de 8%, en el roble 7.6% y en el pino solo 4.5%. El encogimiento volumétrico es aproximadamente 1.6% del tangencial.

Se ha demostrado que el encogimiento depende del peso específico (P) (Forest Product Laboratory) así: encogimiento en volumen 28 P, encogimiento radial = 9.5 P, encogimiento tangencial 17 P.

**Expansión.**- La madera seca absorbe gradualmente agua hasta que se satura, aumentando su volumen. El coeficiente de expansión (hinchamiento) guarda cierta relación con la contracción, pero es generalmente mayor (haya, olmo, pino, abeto) y con frecuencia igual (encina, pinabete, alerce). Puede tomarse como 0.2% en sentido longitudinal y 7% en sentido transversal. Debe prevenirse con medidas adecuadas de construcción, para evitar los efectos perjudiciales. El hinchamiento se verifica adquiriendo primero las células el agua y después eliminándose los espacios intercelulares, por lo cual se manifiesta desde el primer momento.

**Dureza.**- La dureza es en general una función del peso específico, aunque varía con las condiciones de crecimiento y las variaciones climáticas.

**Durabilidad.**- La durabilidad o la resistencia a la acción del tiempo depende del tipo y de las condiciones de humedad y sequedad a que está expuesta y si esta enterrada, de las condiciones del suelo. Resiste bien en el suelo arcilloso, pero se destruye pronto en terrenos arenosos o caliza. Resisten bien cuando están totalmente sumergidas en agua o cuando no hay alternativas de humedad. Entre las maderas más durables aún en las peores condiciones, se encuentran: Cedro, Astaño, Ciprés, Algarrobo, Sequoia, Sándalo rojo, Nogal, etc. Entre las de durabilidad intermedia: Abeto Douglas, Roble Blanco, Pino Amarillo y de durabilidad baja, Goma, Alerce, Pino y Abeto no seleccionado, Alerce negro, muy poco durable, Fresno comercial, Haya, Abedul, Pinabete, Olmo, Roble Rojo, casi no durables en condiciones adversas, Tilo, Alamo americano, Alamo temblón, Abeto blanco comercial, Sauce negro.

## PRINCIPALES MADERAS.

## A.- MADERAS DE ARBOLES DE LAS ANGIOSPERMAS.

## a.- DICOTILEDONEAS.

**ENCINO.**- Se le llama también roble, comprende dos variedades principales muy semejantes entre sí: La Blanca y la Roja. Los árboles son muy grandes, hasta 40 mts. por 3 de diámetro. Pertenece al género Quercus, se caracterizan por la producción de bellotas.



Otras variedades son : El Alcornoque ( Q. súber) cuya corteza se emplea para obtención del corcho. El Avellano, de semillas oleaginosas. La Heca o Encina de los trópicos de madera muy dura, rojo obscura, de tacto grsiento y como viscoso, árbol gigantesco. En general la madera de encino es dura, compacta, pesada (9 .76- .99), tenaz, poco alterable, se conserva bien en todas condiciones. Es susceptible de ser labrada con facilidad, pero es muy resistente a la penetración y se raja con facilidad, sobre todo durante el secado, debido a su gran encogimiento. Presenta grano bastante fino, con fibra tortuosa, a veces entrelazadas, las selecciones al hilo presentan espejuelos de brillo claro. Su color es amarillento o pardo (blanco) o rojizo (rojo) mas intenso con la edad. Es sumamente apreciada para fabrica ción de muebles, implementos de agricultura, toneles, acabados interiores, etc., para construcción general resulta demasiado cara.

NOGAL.- Árboles del género Juglans, comprendiendo varias variedades. La madera es compacta, dura, elástica y pesada (.63 -.68) Su color varía hasta el pardo claro o rojo amarillento, con albura blanca agrisada. Su fibra es corta, veteada, tortuosa y ligeramente entrelazada, muestra gran encogimiento durante el secado y tiene baja resistencia a la putrefacción y ataque. Pertenece a las maderas finas, es muy apreciada por su gran pulimiento para la fabricación de muebles, acabado interior, partes de vehículos, culatas de rifle, etc.

Hay una variedad llamada Nogal americano, Pecas o Pecana, de nueces de cáscara muy delgada y árboles de gran tamaño y robustez, 30 a 35 mts. de altura y hasta 6 de circunferencia. Madera muy dura y difícil de trabajar, se encoge y se parte durante el secado, es atacada por los insectos y poco durable. Se emplea en la fabricación de muebles, vagones, implementos de agricultura, etc. abundan en el sur de E. U. A. y en el norte y centro de México.

Otra variedad es la Bertholletia excelsa que produce la nuez del Brasil, alcanza hasta 50 mts. de altura, es de tronco recto.

FRESNO.- Árboles del género Fraxinus, con varias especies, agrupadas como blanca, verde y negra. La madera tiene durámen par-duzco y albura clara. Es dura, tenaz, muy elástica, con vetas longitudinales, adquiere hermoso pulimiento, por lo que se emplea para muebles, vagones, implementos de agricultura, trabajos de torno, etc. La variedad negra es mas suave, ligera y fácil de trabajar y de calidad inferior, se emplea como las anteriores y para fabricar barricas.

ALAMO.- Presenta tres especies principales. Álamo negro (olmo), álamo blanco (Chopo) y álamo Temblón (además del ciprés álamo. En general su madera es blanca, porosa, ligera, de textura fina y de escaso valor. Se le llama también madera de pople (populus). Es de grano recto y uniforme y fácil de trabajar, la del álamo negro y el ciprés álamo son semejantes, pero algo mas pesada la de éste último. Se emplea para trabajos corrientes de carpintería, cajas de embalaje, armazones de muebles, etc., El álamo temblón y el álamo blanco son mas resistentes y se emplean para muebles y trabajos de talla, el blanco se emplea para rejillas.

OLMO.- Se le llama también Alamo negro, árbol de 30 mts. con un diámetro. Madera dura, lisa, compacta y tenaz, de largas fibras con anillos anuales bien manifiestos (aguas); resistente al agua y al aire, de durámen pardo rojizo y albura amarillo claro. Se usa en sustitución del roble para fabricación de muebles, por su bello color y para decorado interior, culatas de fusiles, etc.

ARCE.- Comprende varias especies, las principales son ---

tres: Arce blanco (Sicómoro), Arce Rojo o arce mayor y el arce negro. El primero comprende el arce de hojas de fresno y el Arce azucarero (sugar maple), de madera finamente veteada, de grano característico con figuras que le dan en nombre de ojo de Pájaro. Llamado también madera de Maple, tenaz, dura y resistente, poco durable, susceptible de gran pulimento, por lo que se emplea para revestimiento de muebles e instrumentos musicales. El arce mayor es de madera mas compacta, de textura menos fina, de menor resistencia y du reza y fácil de trabajar, por lo que se presta para trabajos de torno.

ALISO.- Árboles de la Betuláceas, de gran tamaño, hasta 30 mts., pero de poco diámetro (60 cms.), comprenden algunas variedades: B. almes, Almes incana y A. glutinosa. El primero es característico de terrenos húmedos y pantanosos, márgenes de ríos, etc., madera amarillo rojizo pálido, blanda y ligera, de textura poco fina, fácil de trabajar. Los segundos son de madera blanco rojiza, mas durable y de textura mas fina, muy resistente al agua, por lo que se emplea para trabajos de cimentación y obras hidráulicas. En Ebanisteria se emplea como sustituto de la caoba.

ABEDUL.- (B. Alba). También de las Betuláceas. Madera blanca, ligera y muy blanda, de grano apretado y resistente, de poca duración y poco valor. Su corteza es semejante al corcho puede emplearse para trabajos ordinarios de carpintería pero generalmente como combustible.

OJARANZO.- (Carpinus Betulis), es otra especie llamada también haya blanca, de pequeña altura (12 metros), madera blanco amarillenta, compacta y uniforme, de gran dureza y tenacidad pero difícil de labrar, se emplea en trabajos de carpintería.

CAOBA.- Comprende gran número de especies, árboles no muy grandes, pueden crecer hasta 20 mts., se cortan a los 20 o 30 años abundan en México, América Central y del Sur. En la República Dominicana se llama a una variedad Mahogany.

La madera es esplendida, muy dura y durable, de hermoso color obscuro y grano atractivo y muy fino. Adquiere un magnifico acabado y pulimento, por lo que se emplea para muebles y novedades. Es muy resistente al comején por lo que se usa para puertas, marcos de decoración de interiores, etc.

HAYA.- (Fagus selvática). Árboles hasta de 30 mts. y 2 de diámetro, madera de color blanco sucio (montaña) o rojizo con vetas claras (llanura). Presenta anillos manifiestos de grano veteado, algo ondulado, es muy durable y compacta, elástica y flexible, pero resiste mal los cambios de humedad y es atacada por la carcoma. Se conserva bien en seco o sumergida en agua, por lo que se emplea en obras hidráulicas y marítimas, también para muebles curvados, aros, remos, áperos de labranza, etc.

EBANO.- Árboles de clima tropical de las Ebenáceas (Diospyros), comprenden gran número de variedades, distinguiéndose el negro, el blanco y el verde. El lero, es de madera compacta, dura y pesada, de sabor picante, calentado dá olor a vainilla, color parduzco negro o negro. Adquiere un lustre muy apreciado, pero es muy caro y escaso, por lo cual es poco usada, se emplea para instrumentos musicales, acabado interior y ebanistería. La variedad blanca presenta machas blancas debidas a la albura, es de menor precio, abunda en la India. La verde o ébano americano tiene color verde parduzco.

BALSA.- Arbol de 21 a 24 mts. de altura, por 70 á 90 cms. de diámetro, común en las regiones tropicales, sobre todo en Brasil



y la América Central, se caracteriza por su corteza lisa y sus grandes hojas anchas. La madera es considerada como la mas ligera que se conoce, debido a su gran porosidad, sobre todo la de árboles jóvenes, pues los árboles mayores de 5 años es muy compacta y pesada. Su densidad es de 0.08 a .11 (la mitad de la del corcho). Es fácil de trabajar, se puede cortar fácilmente, susceptible de comprimirse por presión, adquiere pulimento. Los indios la emplean para construir sus embarcaciones. En la industria se emplea en toda clase de construcciones ligeras, en la fabricación de cajas de embalaje para piezas delicadas, (absorbe los golpes, el agua, etc. y evita que aquellos sufran daños), para cimentación de maquinaria, etc.

**PRINAVERA.**- Se llama también palo blanco, por su madera de color blanco, pertenece a la familia de las Begoniáceas, crece en el Sur de México, Guatemala, El Salvador, y Norte de Honduras, es considerado como uno de los mas bellos árboles, produce flores amarillas y muy vistosas, crece de 20 a 25 mts. de alto y 1 1/2 de diámetro. La madera es blanco cremosa o amarillo pajiza, casi uniforme, de poros pequeños y visibles, de distribución semejante a la del Mahogany (Caoba), de anillos anuales estrechos, grano recto a veces entre mezclado, dando figuras atractivas, también presenta variaciones de color con bandas rosadas o cafés. Madera moderadamente dura, comparable al Mahogany en ciertos aspectos, no se parte al secado, no es resistente a la putrefacción, es ligera (.43 a .55). Se emplea como sustituto del Mahogany para acabados interiores, muebles, etc.

b.- **MONOCOTILEDONAS.** -

**BAMBU.**- Planta de crecimiento endógeno, de régimen tropical, muy abundante en la India, Japón, China, Ecuador y aún en nuestro medio, constituyendo en algunas regiones el principal material de construcción. Hay gran número de especies, por ej. en Ecuador se conocen dos principales: Caña brava (*Gadua angustifolia*), provista de gran cantidad de espinas y ramas en su base y la caña mansa, de paredes mas delgadas y espinosas mas débiles. Alcanzan un tamaño de 10 a 20 mts. con tallos rectos de 10 cms. de diámetro, aunque hay especies mas pequeñas. Se emplea para la construcción de viviendas, a menudo recubiertas con cemento, ya sea directamente o sobre telas de alambre, también para puentes, cercas, canastas, conducción de agua, etc.

**PALMERAS.**- Comprenden gran número de especies (mas de 1,000), pueden incluirse en dos tipos: Palmeras, de tronco largo y Palmeras enanas (Palmito). Ellas pertenecen la palma común datilera, el Cocotero, la palma chilena y la palma real. Se caracterizan por sus troncos rectos, de gran altura, sumamente resistentes al ataque del Teredo, por lo que se emplean para pilotes de embarcaderos etc. también se usan mucho en construcciones rudimentarias, empleándose las hojas para el techo. Algunas presentan gran importancia para la producción de aceite, sobre todo la llamada Palma Babassú, Licuri, tucum, y la palma de coco o cocotero. Esta última es la mas común en nuestro medio (Veracruz, Nayarit, Colima, etc.) y es considerada como uno de los árboles mas útiles para el hombre, ya que se aprovecha todo.

La porción interior del tronco es muy suave para ser de valor, pero la exterior se usa en hacer cabañas. Cuando se pule la madera presenta marcas rectas, consistentes en manchas oscuras y líneas irregulares de color rojo café. El mesocarpio de los frutos se usa para tapetes, cuerdas, etc., del tallo pueden extraerse fibras muy resistentes. Con las hojas se pueden tejer sombreros, esteras, canastas, etc. De otras palmas se pueden obtener bejucos para muebles,

(Calamus), material para botones, etc.

B.- **CONIFERAS.**

**PINO.**- Árbol de la familia de las Abietáceas, de grandes dimensiones, en nuestro país alcanza 30 o 40 metros, pero en otras partes hasta 80 mts. con troncos de 1 metro de diámetro. Comprende gran número de variedades, de las cuales el mas abundante es el Pino Silvestre, o Albar.

La madera es muy resinosa, con anillos anuales bien marcados, debido al color rojizo de la madera de verano, presenta color blanco amarillento, es olorosa y resistente a la humedad, se emplea mucho en las construcciones en general, fabricación de cajas, rejillas, puertas, ventanas y trabajos de carpintería. Presenta gran cantidad de nudos, por la formación de ramas en la parte baja del tronco que luego mueren. Entre sus variedades se encuentran:

Pino del Canada o Pino resinoso, de madera compacta y pesada, resistente al desgaste. Pino amarillo, semejante al anterior, Pino Marítimo, Pinabete o negral, común en Europa, semejante al Silvestre resistente a la humedad, se emplea en obras hidráulicas. Pino piñonero o Doncel, abunda en las montañas del norte de nuestro País (P. Cembroides), produce los piñones, muy apreciados como comestibles. Presenta cuatro especies principales, producen madera ligera, blanca, como veteado obscuro, pero consistente y resinosa.

**ABETO.**- Es típico de regiones frías, presenta gran número de variedades. Árboles de gran tamaño, susceptibles de ataque por los hongos en pudrición seca, aún vivos. Los principales son: Abeto Rojo (*Abies picea* u *A. excelsa*) o Abeto del Norte, de madera rojiza, brillante, no muy dura, blanda, fácil de partir, poco permeable al agua y poco resistente a los cambios de humedad. Presenta anillos bien marcados, pero con rayos medulares poco visibles, con fibra larga y grano fino. Se emplea en fabricación de muebles, instrumentos musicales y en construcción general.

**ABETO BLANCO.**- (*P. abies*, *p. picea* y *Abies alba*) Madera blanco amarillenta, elástica, tenaz, semejante a la anterior, muy usada en construcción general.

**PINABETE O ABETO COMUN.**- (*Abies pectinata*) semejante a los anteriores.

**OYAMEL.**- (*Abies religiosa*) Especie de abeto mexicano, de ramas dispuestas en cruz y hojas lineales solitarias, de color verde obscuro. Se emplea mucho en la fabricación de muebles, vigas, etc.

**CEDRO.**- Árbol oriundo de Asia, de ramas extendidas en posición casi horizontal, de hojas pequeñas y escamosas, semejantes a las del ciprés. Comprende un gran número de variedades, pero las mas comunes son la Roja y la Blanca. La madera es muy ligera, suave, débil y frágil, de color blanco rosado o café rojizo, de olor agradable, muy resistente a la putrefacción. Presenta grano fino con una serie de rayitas características. Se emplea mucho en la construcción, en abanistería y para decorado interior, por ser fácil de labrar y susceptible de adquirir hermoso pulimento.

**ARAUCARIA.**- Árboles de grandes dimensiones, de ramas verticiladas, constituye uno de los mas valiosos árboles de madera suave de Sur America, en donde se le conoce como Pino Paraná aunque no es un verdadero Pino. Crece de 25 a 40 mts. de altura con 50 a 75 cms. de diámetro. La madera es moderadamente dura, pesada y fuerte, casi libre de defectos, pero poco resistente a la putrefacción, la albura es amarilla y el duramen ligeramente café, algunas veces con líneas rojas. Se emplea para acabado interior, para construcción y fabricación de envases, etc.



## C.- MADERA ENTRECHAPADA (Triplay).

GENERALIDADES.- Está formada por chapas o láminas de madera unidas entre sí por algún adhesivo en número impar. La más común es la formada por tres chapas, generalmente una más gruesa en medio y que se llama comúnmente Madera Triplay, pudiendo ser las maderas del mismo tipo o de tipos diferentes. Sus propiedades varían con el tipo de madera y de adhesivo, el número de chapas, el grueso y la dirección del grano, etc. Para una simple chapa la resistencia a la tensión a lo largo del vano puede ser mas de 20 veces mayor que perpendicular al grano y el módulo de elasticidad 15 a 18 veces mayor, juntando las láminas de tal manera que el grano de una sea perpendicular a 1 de la otra, puede lograrse igual resistencia en ambos sentidos.

FABRICACION.- Las maderas comúnmente usadas son: abeto, fresno, roble, olmo, alerce, álamo, balsa, tabaco, cedro u mahogany, generalmente cortadas en grandes tiras continuas de un tronco girando contra una cuchilla montada en el carro de un torno, de esta manera, un tronco de 2 mts. de diámetro produce una tira de casi 1,880 mts. de longitud, de un espesor de 3 mm. la cual se corta en piezas de diversos tamaños. Algunas maderas se cortan cuando están todavía verdes (madera suave) y otras después de secadas, pero en cualquier caso, al usarlas deberá controlarse muy bien su contenido de humedad según el adhesivo empleado. Los adhesivos empleados son comúnmente colas animales, gomas y mucilagos vegetales, y sobre todo una proteína de haba de soya. Estos adhesivos son fácilmente atacables por la humedad, hongos, etc., por lo cual se les añade algún preservativo adecuado. Se prefieren los adhesivos animales y entre estos los de caseína y albúmina de sangre. Modernamente se tiende a sustituirlos con plásticos, sobre todo de urea y fenólicos con la adición o no de catalizadores adecuados y endurecedores, llamándoseles de "una parte" cuando no llevan endurecedores y se usan para capas delgadas y de "dos partes" cuando los llevan endurecedores y se usan para capas gruesas. Como las resinas sintéticas son más costosas, generalmente se mezclan con harina, dextrosa, sangre seca, etc. (véase plásticos, Pag. 187). Para obtener las láminas se cubren las chapas con el adhesivo y se juntan mientras la goma está aún húmeda, de manera que las capas alternadas tengan la fibra cruzada, se someten a presión en caliente para secarlas a 15 kgs./cm<sup>2</sup>, hasta que la cola se endurece, el proceso exige cierta técnica especializada. A veces se requiere una larga "cura" a baja temperatura y otras un corto tiempo a alta temperatura. Algunos fabricantes combinan madera entrechapada con cartón (Plyron), combinando las propiedades de ambos materiales, el cartón da una superficie que tiene fácil acabado y pintado.

PROPIEDADES.- En general no es posible lograr igualdad de resistencia en todas direcciones, excepto en casos especiales, pero es posible acercarse bastante, empleando una capa intermedia más gruesa y mayor número de capas: con 3 capas se alcanza 0.7 del total. Empleando capas de igual grosor sólo podría lograrse con 15 ó más capas. Se encoge menos que la madera, no se raja o parte tan fácilmente cuando se clava o se corta y posee mejor resistencia al corte, si se evita el alabeado. En varias capas constituye uno de los materiales más resistentes. Los tableros entrechapados son sumamente resistentes al choque, poseen propiedades hidrófugas (algunas), son poco afectados por las variaciones de temperatura, no se cuartean ni se contraen o alabean como la madera, y tienen gran tenacidad.

USOS.- Su empleo ha aumentado considerablemente en los últimos años, por sus excepcionales cualidades. Se utilizan para la construcción de tabiques, paneles, muebles, vehículos y millares de ar-

artículos, desde cajas para embalaje hasta aeroplanos.

Con la madera entrechapada moderna con adhesivos de plástico se fabrican lanchas, muebles, cajas de vagones, etc.

MADERA DE DESPERDICIOS.- Modernamente todos los desperdicios de madera, residuos de aserraderos, Ebanisterías, fábricas de muebles, etc., se convierten en pulpa mezclandolos con resinas fenólicas o de urea como aglomerantes (5 á 37%), filtrando para eliminar el agua cortando las hojas a un tamaño determinado para someterlas al moldeo en formas diversas que reemplazan a la madera, a veces con gran ventaja sometendolos a presiones de entre 7 a 70 Kgs./cm<sup>2</sup> según el grado de dureza y resistencia a la humedad deseada. El producto es de densidad semejante a la de la madera y tiene gran resistencia a la humedad y uniformidad.

MADERA DENSIFICADA.- Material formado por la compresión o gran presión de chapas de madera impregnadas de resina, de tal modo que se reduce su volumen a la mitad o menos, por lo cual resultan de gran densidad, estabilidad dimensional y dureza y de una extraordinaria resistencia mecánica. Se emplean para placas de separación para moldes de fundición o refractarios, pisos para gimnasios, cubiertas marinas, peldaños de escaleras, mandriles para troquelado, torques punzadores y en general de productos sometidos a desgaste o abrasión.

ANIL

MA DE NUEVO LEÓN

®

DE BIBLIOTECAS



CAUSAS DE DESTRUCCION Y PRESERVACION DE LA MADERA.

1.- CUSAS DE DESTRUCCION.-

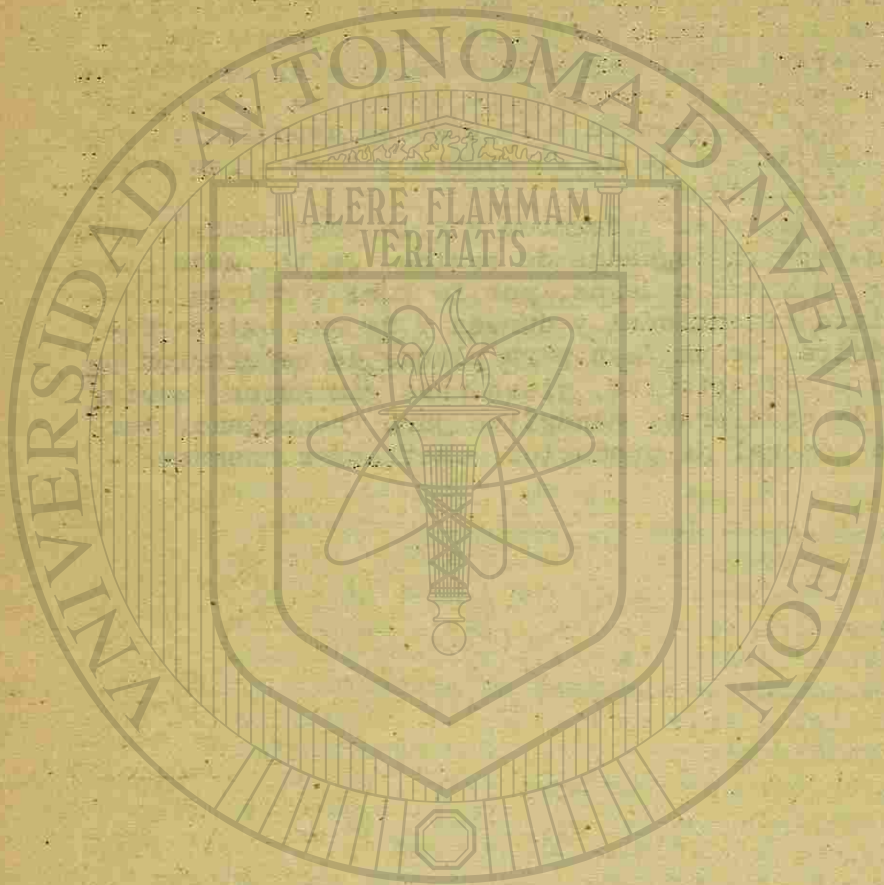
GENERALIDADES.- La madera debido a su composición orgánica (celulosa, Lignina, hemicelulosa, etc.) es susceptible de ser atacada por microorganismos, por el fuego, lo cual causa anualmente enormes pérdidas en todo el mundo.

A.- PUTREFACCION.- La pudrición o putrefacción se debe al ataque de los microorganismos, entre los cuales los principales son los hongos, pero pueden también ser atacados por bacterias y actinomicetos. El ataque es acompañado por la decoloración de las partes infectadas y un cambio en la textura, volviéndose la madera "fofa" o insonora y perdiendo su resistencia y peso de acuerdo con el grado y tipo de ataque experimentado.

1.- BACTERIAS.- Son los vegetales mas pequeños, microscópicos, la mayor parte unicelulares, atacan la celulosa pero no son de gran interés en el ataque de la madera, entre ellas pueden considerarse las "aerobias" que atacan en presencia del aire, produciendo pigmentos rojos, anaranjados o amarillos, sobre todo los tipos: Citophaga, Cellvibrio (no específica) y Cellfalcicula (específica).

2.- HONGOS.- Son vegetales que se reproducen por "esporas" las cuales pueden ser transportadas facilmente por el viento y germinar en condiciones apropiadas, produciendo sustancias llamadas "Enzimas" que descomponen la celulosa o la lignina o ambas y algunas las hemicelulosas y otros productos, no solamente de la madera sino también del papel, telas, etc. Constan de un órgano de nutrición llamado "Micelio" y otros de reproducción o "Himenio" de diferentes formas (láminas, de gotas, arborecente, etc.), pueden ser macroscópicos o microscópicos, parasitos (viven a expensas de la celulosa) o saprofiticos (viven sobre materia orgánica en descomposición). Los hongos superiores presentan filamentos o "Hifas" en forma de un tejido membranoso que se extiende en la madera formando el "micelio". Este micelio tiene gran poder de penetración, pudiendo atravesar el tejido leñoso, las juntas de las duelas, etc. Los basidiomicetos u hongos carnosos, son de los géneros Polyparaceae y Agaricaceae, contienen células llamadas Basidios (reproductoras), comprenden muchos de los hongos superiores y algunos microscópicos. Son los verdaderos destructores de la madera, pudiendo atacar solamente la Celulosa, dejando un residuo de Lignina (pudrición café o Húmeda) o la Lignina, dejando un residuo de celulosa o cuando menos mas rico, o bien a ambas (Pudrición blanca o seca). Los Saprofiticos producen el enmohecimiento, atacando principalmente los carbohidratos y almidones y ciertas hemicelulosas, especialmente si la madera está parcialmente podrida, aunque también atacan la celulosa, sobre todo en presencia de Nitrógeno, comprenden algunos Ascomicetos (penicillum) y Ficomicetos (hongos comunes), algunos ascomicetos son macroscópicos, por ejemplo los llamados "Pézizas que tienen forma de plato o de copa, de color anaranjado y que viven sobre el tronco de los árboles viejos o caídos.

Algunos hongos que producen decoloración atacan solamente los rayos medulares, dando a la madera una apariencia



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL



azul, no afectando la resistencia, excepto la tenacidad. Viven casi exclusivamente en la madera de savia (Parenquima), sobre todo en el pino (*Caratostomella pilífera*).

A.- Pudrición Húmeda.- Se llama también pudrición café o roja, se manifiesta en los árboles apeados, cuando se dejan mucho tiempo sin descortezar. Entre los hongos que la producen están *El Merulius lacrimans*, ataca los hexosanós y celulosas, dejando la lignina y ciertas homícelulosas. *El Fomes roseus*, de cuerpo rosado, cubierto con pequeños poros redondeados y *el Trametes Serialis*, de superficie blanda cubierta de pequeños poros, ambos viven en atmosferas húmedas. Los Lenzites (*Abietina*, *Sepiaria*, etc.), en forma de placas semicirculares pegadas a la madera en gran cantidad, atacan la madera etc. *El Coniphora cerebella* (hoho de las bodegas), ataca la madera previamente enferma por otros hongos, formando una masa gris blanquecina que por último se transforma en una costra algodonosa. *El Polyporus caporarius* (hoho esponjoso), se desarrolla en la madera atacada por el anterior, dando una masa negruzca fácilmente desmenuzable. Entre los *Polyporus* está también la "Yesca" que forma cornisas en los árboles.

En general los hongos de este tipo atacan de preferencia la celulosa, dejando un residuo de Lignina, atacan también la madera cortada, cuando hay alternativas de humedad. La madera atacada puede usarse en lugares secos y ventilados, siempre que no esté muy avanzada la pudrición.

b.- Pudrición Seca o Blanca.- La madera con menos de 10 % de humedad se transforma en una masa blanca o de color claro, disgregable o humífera, por el ataque de hongos que descomponen principalmente la lignina, aunque también atacan la Celulosa. A ellos pertenecen *el Fomes pini* y *el Pelysticus versicolor*, el primero descompone los pentosanós y la lignina, causa decoloración roja, café o púrpura de la madera de corazón, en el principio de la descomposición. El segundo ataca además la celulosa. *El Polyporus juniperinus* ataca la lignina.

*El Merulius silvester* y *M. minor* son menos nocivos que el *Laccrymogenus*.

c.- Enmohecimiento.- Los Mohos son hongos saprofíticos o filamentosos, de fácil desarrollo, difícil de detener aunque se separe la madera. A ellos pertenecen los *Mucor*, *Penicillum* y *Aspergillus*, abundantes en el suelo. Presentan esporas de color pardorjizo y atacan principalmente a la madera atacada por la verdadera putrefacción. Se desarrollan perfectamente en la obscuridad y partes mal ventiladas y se presentan al exterior en forma de gruesas erupciones de diferentes formas y color, casi siempre pard amarillento, empezando por pequeñas motas verdosas y cubriendo luego la madera con un fino vello de color amarillento, formando agua y dando un olor peculiar muy penetrante a los locales en que se desarrolla (Olor a Humedad). Son poco resistentes a la temperatura.

INSECTOS.- a.- CARCOMA.- Las larvas de gran número de insectos (Coleópteros, Ortópteros, Himenópteros, etc.), viven en la madera de los árboles y algunos en la madera apeada de construcción o Ebanistería, atacando preferentemente la albura. Especialmente nociva es la larva de los coleópteros llamada "Carcoma" que forma conductos ramificados en el interior de vigas, muebles, etc. Dos son tipos principales de éstos coleópteros, llamados por algunos gorgojos pulverizadores, unos de color negro o café que depositan sus huevos en la primavera en la superficie de la madera, transformándola en un polvo fino al convertirse en larvas, las cuales después de un

período de crecimiento se alojan en una cavidad y duermen (ninfas) - mientras las salen patas y alas. Se multiplican con gran rapidez y son sumamente voraces, por lo cual son muy perjudiciales. Los otros son de color rojizo, de 2/5 a 4/5" depositan sus huevos cerca de la línea de tierra y los postes, durante fines de verano y principio del otoño, las larvas, de color blanco cremoso, transforman la madera en un polvo amarillo o café rojizo, el cual empujan en la perforación que queda detrás, hasta que finalmente se alojan en un hueco. Durante fines del verano siguiente emergen del poste através de un gran orificio cerca de la línea de la tierra; atacan también a la madera viva y a los árboles caídos, pero no son activas si están húmedos.

Hay además gran número de escarabajos filófagos (*Melolonta* y *Rhizotrógus*) llamados vulgarmente Abejorros, Jorges, Cachorros, que en estado larvario viven en las raíces de los vegetales y de adultos son fitófagos, constituyendo una de las plagas más temibles en agricultura.

b.- TERMITAS.- Insectos arquípteros parecidos a las horrigas en apariencia general y sistema de vida, por lo cual se les llama también "Hormigas Blancas", viven en colonias o en galerías construidas en el suelo o en la madera, entre las primeras, llamadas también Termitas subterráneas, son notables las africanas (*Termites Bellicosus*) por el gran desarrollo que alcanzan sus colonias, construidas de lodo o arcilla, a veces de varios metros de altura y así mismo por el polimorfismo de los integrantes de las colonias, que pueden ser: Soldados (machos ápteros y estériles), obreras (hembras ápteras y estériles) y machos y hembras alados fecundos, la hembra fecunda es una sola llamada Reina. En otros lugares existen otras variedades semejantes y que tienen así mismo un polimorfismo análogo, por ejemplo en España abunda la *Termites Lucifugus*. En las regiones tropicales existe un tipo de Termita llamada de madera seca, conocida con el nombre Comején (*Calotermes castanea*), abunda mucho en nuestro medio (Veracruz, N. León, Oaxaca, Morelos, etc.) atacando los postes, muebles, árboles, puertas, etc., recubre sus perforaciones con arcilla o polvo de madera o cortezas amasado con saliva, formando una serie de cápsulas sobre la madera, a veces construyen sus nidos en el suelo, alcanzando hasta 40 cms. de altura. Le llaman también Palomita de San Juan, porque sale a fines de Junio (Día de San Juan). Las Termitas producen un daño considerable en la madera, ya que son sumamente voraces, perforándola en todas direcciones y destruyéndola sin dejar evidencia de su presencia. El primer aviso de su ataque se manifiesta a fines del verano, cuando un enjambre de Termitas jóvenes aladas, salen de la madera infectada, pierden sus alas en poco tiempo y mueren en gran cantidad, pero las pocas que pueden sobrevivir son suficientes para la propagación de nuevas colonias. Destruyen también el papel, telas pieles, etc.

B.- ACCIÓN DEL FUEGO.- La madera es susceptible de ser destruída por el fuego, convirtiéndose en anhídrido carbónico, agua, y ceniza, si se quema en ausencia de aire desprende las sustancias bituminosas que la acompañan, junto con algunos productos de descomposición que se aprovechan industrialmente. Cuando está húmeda es dos veces más resistente que al estado seco. Generalmente la madera estructural se quema lentamente a temperaturas de 250°C y rápidamente a los 350°C. La temperatura de ignición es de gran importancia, aunque puede variar ampliamente sin afectar el peligro de fuego, puede considerarse como un mínimo de 275°C. En grandes piezas solo puede quemarse en presencia de una fuente continua de calor exterior, de-



bido a su baja conductividad térmica, por lo cual puede mantener su resistencia en condiciones en que falla el acero. La combustión propiamente dicha depende de muchos factores como son: tamaño y distribución, fuente de aire, disipación del calor, tipo de madera, humedad, etc. La madera podrida seca se quema mas rapidamente que la sana.

C.- ATAQUE DE LOS INVERTEBRADOS.- Algunos insectos, moluscos y crustáceos son capaces de atacar la celulosa, al parecer por una especie de "simbiosis" con bacterias que viven en su intestino, en algunos casos se han hallado enzimas en el jugo digestivo de algunos como el Hélix, Teredo y otros. También se ha encontrado una relación estrecha entre la putrefacción y el ataque de insectos, por ejemplo, muchos de ellos no atacan por la presencia de la lignina, pero en cuanto ésta es eliminada por algún hongo, el ataque se desarrolla rapidamente.

2.- MOLUSCOS Y CRUSTACEOS.- Entre los primeros se encuentran el Teredo Navalis, Xylotrya, el Bankia, Gouldi y el Martensia, y entre los crustáceos el Linnoria, el Sphaeroma y el Calura. Los primeros penetran en la madera cuando son pequeños y luego crecen, mientras los segundos la atacan exteriormente por lo que se nota mas fácilmente. El Teredo (Teredo Navalis) y el Xylotrya son similares en apariencia y modo de vida y debido a su forma alargada se les llama frecuentemente gusanos de barco, también se les llama Broma, Taraza o Termitas de mar, causan estragos considerables en los puertos, puentes, barcos y en general en cualquier estructura de madera a lo largo de las costas. Al nacer constituyen pequeñas larvas arrastradas por la corriente, las cuales al chocar con la madera se fijan y penetran en unas dos horas, crecen 2 a 3 cms por semana, perforando la madera mediante una especie de cabeza en forma de concha, rellena de cientos de agudones, la cual está dotada de un movimiento rotatorio; al mismo tiempo exudan una sustancia transparente que endurece las paredes. En la parte posterior tienen dos especies de sifones al final de la cola por uno de los cuales excretan la madera pulverizada y por el otro succionan sus alimentos del agua de mar, el cual consiste en bajas formas de vida animal. Generalmente su tamaño es de un máximo de 35 cms, con diámetro de 1cm, pero hay algunas especies de Xylotryas que alcanzan hasta 1.8 mts. de longitud. La mayor parte perforan unicamente la madera, pero una de las especies, la Pholada, perfora las rocas. Generalmente penetran perpendicularmente a la superficie y luego doblan en ángulo recto y lo curioso es que puede haber multitud de tuneles, sin que se cruce uno con otro, exteriormente solo se nota un pequeño orificio, por lo cual una madera atacada puede estar aparentemente bien pero destruirse facilmente a la menor presión. Según el Dr. Clappe, el teredo causa anualmente daños por valor de \$50,000.000 o más y ningún puerto en agua salada está seguro de sus ataques, desde el Artico hasta los Trópicos y además se desarrollan tan rapidamente que alcanzan concentraciones de 10 o mas por cm<sup>2</sup>, destruyendo en pocos días la madera. Los otros moluscos son: El Bankia, similar en apariencia y modo de acción al Teredo y el Martensia, Lamelibranquio muy activo en el Golfo de México, muy dañino, causa perforaciones de 5 a 8 cms. por 3 a 5 cms. de diámetro. Entre los crustáceos, el Linnoria o piojo de mar es el mas peligroso, crece al tamaño de un grano de arroz y penetra rapidamente en la madera por medio de agudas quijadas, a razón de 1.5 cms. por año, son particularmente activos en aguas saladas claras, sobre todo en el Golfo de México y en la costa Norte del Pacífico, atacando los pilotes al nivel de la ba-

ja marea. Cuando están en gran número sus túneles quedan separados por paredes muy delgadas que se rompen con el golpe del agua, penetrando entonces mas profundamente. El Sphaeroma es parecido a ésta pero es muy grande y menos dañino, a veces se encuentra en aguas dulces.

## 2.- PRESERVACION DE LA MADERA.-

GENERALIDADES.- Como se ha visto, la madera es un material susceptible de deterioro por muchas causas, de aquí que su promedio de vida sea muy bajo y grandes cantidades se gasten anualmente en el reemplazamiento de la madera, destruida, con las pérdidas consiguientes: Por esta razón en la práctica moderna se tiende al empleo y producción de madera previamente tratada, de acuerdo con el uso y condiciones a que se vaya a sujetar, necesidad imprescindible que redunde en beneficio no solo del que usa, sino del país en general, ya que la madera ahorrada de este modo, queda para otros usos.

METODOS DE TRATAMIENTO.- e pueden clasificar en: A.- Carbonización superficial y B.- Tratamientos con preservativos.

### A.- CARBONIZACION SUPERFICIAL.-

Consiste en carbonizar las fibras exteriores de la madera para formar una superficie libre de elementos susceptibles de ataque. Se emplea en algunas partes para los árboles que van a ser o han sido cortados, pero es poco usado para la madera, por su poca eficiencia y alto costo, además de que produce una disminución en la resistencia. Sin embargo se emplea algunas veces para la protección de postes.

### B.- TRATAMIENTO CON PRESERVATIVOS.

SUSTANCIAS EMPLEADAS.- En primer lugar se tienen una serie de productos que se agrupan bajo el nombre de Cubiertas protectoras orgánicas (véase Cap.XVII.) de aplicación en el proceso de pintado y que solo preservan la madera contra la interperiey algo en algunos otros aspectos, pero que desde luego se hacen casi siempre indispensables. Los verdaderos preservativos empleados pueden considerarse de tres tipos: a.- Aceites tóxicos, relativamente insolubles en agua, principalmente materiales Bituminosos, Creosota o alquitrán de madera producto de café obscuro o negro de alta toxicidad fácil de aplicar y de bajo costo, tiene el inconveniente de su olor desagradable, de no poder pintarse y de disminuir la resistencia al fuego. b.- Sales solubles al agua. Solo son convenientes para lugares secos y madera que no se va a mojar, entre ellas se encuentran Cloruro de Zinc, solo o mezclado con con Dicromato de Potasio (13-20%) Floruro de Sodio, solo o mezclado con otros materiales se usa para madera estructural; Arsénico, empleado para postes y pilotes; Sulfato de cobre, tiende a corroer el acero, por lo que requiere equipo especial para su aplicación y Cloruro de Mercurio. c.- Sustancias insolubles en agua, disueltos en solventes volátiles. Productos fáciles de aplicar, incoloros, inodoros y limpios, usados para tratamientos de marcos, puertas, pisos, muebles, etc., entre ellos se encuentran. El Penta o tetracloro fenol, derivados halogenados del benceno, como el hexacloro benceno, el diclorobenceno, el D. D. T. etc. disueltos en solventes tales como nafta, gasolina, petróleo, bencina, etc.

METODOS.- 1.- Pintado.- Independiente de que la madera se haya impregnado o no con algun preservativo, en la práctica se acostumbra mas que para preservarla para darle una mejor apariencia, pintar la madera con algún producto adecuado, ya sea con brocha de mano o de



aire. Sin embargo por el mismo proceso se aplican algunos de los preservativos mencionados, principalmente la Creosota, la cual es calentada previamente a  $100^{\circ}\text{C}$  para fluidizarla. También es frecuente el empleo de una lechada de cal, sobre todo para proteger los árboles contra el ataque de insectos. Para este proceso se requiere que la madera esté bien seca para evitar rajaduras o agrietamientos y además cubrir periódicamente todos los defectos para formar una capa protectora sin solución de continuidad.

2.- INMERSION.- Para protección de la madera.- En grandes cantidades se sumerge en tanques o baños del preservativo (generalmente creosota) por unos pocos minutos. Se cubren mejor los defectos, con menos mano de obra, aunque se gasta un poco más de preservativo que en el pintado. Se emplea para durmientes de ferrocarril, postes, pilotes, etc.

3.- IMPREGNACION.- Es el método más importante desde el punto de vista industrial por su mayor eficacia, consiste como su nombre lo indica en la impregnación total o parcial de la madera con preservativos adecuados. La estructura de la madera juega un papel muy importante en este método. La madera de savia es más fácilmente impregnada que la de corazón (no en todos los casos), también la madera de primavera lo es con respecto a la de verano (en algunos casos es al revés, pinos, encinos), siendo por lo tanto la absorción más uniforme en las maderas de poros difusos o en las que presentan menos diferencias. Para una especie en particular la absorción varía inversamente con la densidad. La corteza es casi impenetrable, por lo que deberá eliminarse antes de la preservación lo cual evita también el ataque de los hongos e insectos. La madera debe estar apropiadamente secada. Cuando la Madera no tiene conductos radiales que faciliten la distribución del preservativo, se pasa por unos rodillos dentados que penetran la madera de 1 a 2 cms.

a.- Impregnación sin presión.- Consiste en la impregnación de los preservativos por simple absorción o por acción de la presión atmosférica, es poco costosa, pero produce poca penetración, requiere gran tiempo y no produce uniformidad. Se verifica calentando la madera en tanques abiertos en contacto con el preservativo y elevando gradualmente la temperatura hasta  $100-150^{\circ}\text{C}$  durante una o dos horas, con objeto de expulsar la humedad y el aire encerrado, se deja enfriar en el mismo tanque o se pasa a otro tanque con preservativo, de tal manera que los gases y el aire residuales se contraen produciendo un vacío que tiende a llenarse con el preservativo al empuje de la presión exterior. El proceso puede emplearse para la aplicación de Creosota, aceite crudo o cloruro de zinc. La madera que se emplea en lugares secos se somete a menudo a la acción durante varios días de una solución al 1% de Bicloruro de mercurio, según el grosor de la pieza es el número de días (un día por 25 cms.) y la penetración no excede de 6 mm.

b.- Preservación a presión.- Es el método más efectivo y el único que puede usarse para ciertas maderas (Abeto Douglas, Pinabete, Sequoias, etc.) Consiste en colocar la madera en cilindros de acero de 40 a 50 mts. de largo y 2 de diámetro. En ellos se hace el vacío o se aplica el aire comprimido a  $5\text{ Kgs/cm}^2$ , antes de aplicar el preservativo. Este se inyecta a una presión de  $7-12\text{ kg/cm}^2$ , la cual se mantiene hasta que ha penetrado la cantidad deseada. Los preservativos empleados son: Creosota (5 a 10 Kgs./pie<sup>3</sup>) y cloruro de zinc (1/4 Kg. de solución al 2.5%). La cantidad varía con el método empleado. Si en lugar de vacío se aplica aire comprimido antes del tratamiento o vacío después para eliminar el exceso de pre-

servativo la cantidad es menor (3 a 5 kgs.) A veces se hace un tratamiento de ambas sustancias, mezclandolas por agitación.

PRESERVACION CONTRA LA PUTREFACCION.- El factor más importante es la regulación del contenido de humedad (12-15%), evitar variaciones en el mismo, lo cual depende de las condiciones exteriores, que no deben de ser adecuadas para el desarrollo de los hongos, o sean: baja humedad y suficiente ventilación, disponiendo cámaras de aire cuando sea necesario (entramados, techos, etc.). Pueden emplearse los preservativos comunes y sobre todo sustancias "Fungicidas" entre ellas: a.- Compuestos de cobre: Sulfato al 15%, Naftenato de color y olor desagradable, Quinolina, resistente a los rayos solares y Fenil salicilatos (Dawicide). b.- Compuestos de zinc, de menos poder pero incoloros e inodoros, Cloruro al 5%. Oxido en pinturas, Fenato y Naftenato. c.- Compuestos de mercurio, Cloruro al 7% compuestos Fenil Mercúricos, 10 veces más efectivos en pinturas contra el enmohecimiento. d.- Compuestos fenólicos, Halogenados, Nitrados, Fenilados o Benzolados del fenol, creosol o xilol, entre ellos el Tetra y Penta cloro fenoles (Dawicides), el Diclorofeno (Fungicida-6-4), el Santophen 20 (Pentaclorofenol), etc. Una vez atacada la madera puede combatirse los hongos tratando con aire caliente a  $100^{\circ}\text{C}$  o eliminando las partes afectadas por raspado, incluyendo las juntas de los muros y lavado con ácido clorhídrico o fénico diluido o pintandolos con Isol y productos semejantes, recubriendo las partes afectadas con algún mortero o madera seca impregnada o protegida.

PRESERVACIONES CONTRA EL FUEGO.- Se puede cubrir o impregnar con soluciones de silicato de sodio y carbonato de calcio o arcilla; cal apagada con cloruro de calcio; soluciones saturadas de sulfato, fosfato o borato amónicos; con cloruro de zinc y luego silicato de sodio, etc. Estas sustancias solo dificultan la inflamación de la madera, permitiendo solo su carbonización. Para maderas expuestas a la humedad es suficiente impregnarlas con Borato de Zinc (Bórax al 10% más cloruro de zinc al 3%). Las pinturas ordinarias no ofrecen ninguna protección.

PRESERVACION CONTRA LOS INVERTEBRADOS.- Impregnación con sustancias repelentes de insectos venenosos: Creosota (Principal) Cloruro de zinc, Bicloruro de mercurio, etc. Para combatirlos se emplea el verde de París o flousilicato de sodio, el D.D.T., derivados clorados del Benceno (B.H.C.) y otros gases de guerra disueltos en creosota y otros disolventes. Para las Termitas y otros insectos se cubre la madera con bases de concreto, ladrillo, mortero de cemento o madera tratada, se completa la protección poniendo láminas de hierro que se proyectan 5 cms. horizontalmente y luego bajan a  $45^{\circ}$  y placas circulares de 7 cms. alrededor de los tubos.

Para los moluscos y crustáceos pueden recubrirse los pilotes con concreto o tubos de fierro o pinturas viscosas especiales que pueden o no contener materias venenosas y estar o no recubiertas con tela y pintados nuevamente, también es útil el creosotado, el tratamiento con sulfato de cobre o el revestimiento de la superficie con clavos de cabeza ancha.



## MATERIALES AISLANTES.

GENERALIDADES.- Se dá el nombre de materiales aislantes a aquellos que retardan la transferencia del calor o evitan la conducción de la electricidad o del sonido. En realidad todos los cuerpos son parcialmente conductores y el que se le considere como conductores o aislantes depende de su aplicación particular, así mismo, muchos aislantes al calor son también aislantes a la electricidad y al sonido y algunos se aplican a menudo como aislantes al sonido. Se consideran solamente aislantes al calor y aislantes a la electricidad, indicándose aquellos que sean también aislantes al sonido.

## AISLANTES AL CALOR

GENERALIDADES.- Como es ya sabido el calor puede transmitirse por tres medios: Conducción, Convección y Radiación, cada uno de éstos suministra una pérdida que en conjunto puede ser considerable y decisiva en la operación y que depende de varios factores como son: Diferencia de temperatura de las superficies en contacto ( $T_2 - T_1$ ), extensión de éstas (A) y de un factor más o menos constante (K). Para determinar la cantidad (Q) de calor transmitida, pueden considerarse:

a.- Para convección y Conducción,  $q = KA(t_2 - t_1)$ , dependiendo K en la 1a del fluido en contacto, densidad, calor específico, viscosidad, etc. y siendo en la 2a el coeficiente de conductividad térmica (véase ensayo de materiales), mayor en los líquidos y sólidos que en los gases.

b.- Para Radiación,  $q = 0.172 \times 10^8 A(T_1^4 - T_2^4) Fe$ , en la que Fe es el coeficiente de emisividad, que depende de las superficies en contacto.

Las mayores pérdidas son por conducción y radiación. De lo anterior puede verse que un buen material aislante debe ser de baja densidad aparente y de gran porosidad, dar gran superficie de distribución y encerrar gran cantidad de aire, que por su baja conductividad ( $K = 0.00005$ ) es de los mejores aislantes. La distribución uniforme del calor permite un ahorro considerable de combustible en la industria y en edificación producen edificios más confortables, en verano porque no dejan penetrar el calor y en invierno porque no lo dejan salir. Debido a la gran diversidad de aplicaciones hay que considerar no solo su conductividad térmica, sino también su facilidad de aplicación, sus resistencias mecánicas y su comportamiento para los cambios de humedad, así, las formas en polvo son difíciles de instalar o requieren una habilidad especial, aparte de adhesivos o sistemas adecuados, son difíciles de mantener y están sujetas a pérdidas con el tiempo, por lo tanto se prefiere el empleo de formas compactas (ladrillos, placas, etc.) ya sea del material solo o con algún adhesivo o de mezclas adecuadas de materiales. Varios materiales aislantes se expenden en forma de polvo o cemento que se tratan con agua o silicatos de sodio, para formar pastas que se fijan a la superficie a cubrir, ya sea directamente o sobre una base de rejillas de madera o metálicas para dar consistencia y cubriéndola luego con algún cemento o material Bituminoso para sellarlas. Pueden servir para evitar pérdidas de calor (estufas, tubos de vapor, calderas, evaporadores, tanques de almacenamiento, torres de destilación, etc.). Para evitar la penetración del calor exterior (equipo



de refrigeración). Para proteger los materiales contra el calentamiento excesivo y en ciertos casos para evitar la condensación de la humedad exterior (entechos de fábricas textiles y de papel, tuberías de agua fría, etc.), en éste caso se aplican sobre superficies cubiertas de asfalto y se recubren con capas no porosas de lona impregnada, pinturas impermeables, etc.

**CLASIFICACION.-** según su naturaleza se dividen en: Orgánicos e Inorgánicos. Según su aplicación en: Aislantes de baja temperatura, aislantes para temperaturas moderadas y aislantes para altas temperaturas.

#### A.- AISLANTES ORGANICOS.-

Productos sujetos al ataque de la putrefacción, sobre todo en cambios frecuentes de humedad. Generalmente se aplican como aislantes de baja temperatura (menos de  $100^{\circ}\text{C}$ ) ya que se descomponen por el calor, cuando se emplean para temperaturas mayores se mezclan con alguna sustancia o material que los haga resistentes. Se distinguen por su mas baja densidad aparente, entre ellos se encuentran:

**CORCHO.-** Es el principal aislante orgánico al calor y al sonido, proviene de la corteza de los alcornoques o encinas corcheras de color amarillo pajizo o amarillo verdoso, la cual se deseca al aire libre amontonado en pilas y mas tarde se procesa y se corta o se pulveriza para convertirlo en láminas, bloques, ladrillos, etc. mezclado con aglutinantes especiales, cementos arcillosos (Corcho blanco), brea o materiales bituminosos (corcho negro), lacas, etc. o por simple compresión. Tiene una densidad de 0.215 a 0.240, en láminas su densidad aparente es de 0.16 y su conductividad térmica (K) es de 0.25 a  $30^{\circ}\text{C}$ . No debe usarse para temperaturas por encima de  $38^{\circ}\text{C}$ , sin embargo, mezclado con otras sustancias, como cementos arcillosos, pueden resistir temperaturas hasta de  $360^{\circ}\text{C}$ . No es resistente a la putrefacción, por lo cual se trata con preservativos adecuados (vease preservación de madera) o se mezclan con alquitran y brea.

Los productos de corcho son susceptibles de cortarse, clavarse, aserrarse, etc., pero en general no tienen gran resistencia mecánica, son buenos aislantes del sonido. Se utilizan mucho en instalaciones frigoríferas, cámaras, cuartos y carros de refrigeración, secadores, etc. A veces se emplean como aislantes al sonido. Entre los productos de corcho se encuentran: el Linoleum, que consiste en un tejido de yute o ixtle, sobre el cual se extiende una capa de corcho molido y aceite de linana, al secarse se obtiene un material susceptible de ser estampado y decorado, adquiere los colores fácilmente. Se pone en obra mediante clavos sin cabeza, tiras de metal atornilladas o betún resinoso, se aplica principalmente para pisos, teniendo la ventaja de ser muy higiénico, por su fácil lavado y desinfección, sin embargo deben ponerse sobre pisos perfectamente secos, libres de contaminación de humedad, porque pueden entrar en putrefacción y si el piso es de madera permite la putrefacción de ésta. Su espesor varía de 1.8 a 7 mm. según su clase, encontrándose en tamaños de 25 mts. por 2 mts. de ancho. Otro producto es la Expansita es un aislamiento de corcho hecho esponjoso por la acción del calor.

**RESINAS.-** Gran número de Resinas (véase plasticos) plásticas se pueden emplear como cubiertas protectoras.

**Resina Insulfoam.-** Una resina sintética aislante, como espuma, sumamente liviana o más bien el sólido mas ligero conocido, las variedades mas ligeras pesan  $0.005 \text{ grs/cm}^3$ . Se producen llenan-

do las celdillas de una estructura de cartón semejante a un panal, se recorta en capas de espesor adecuado que se pegan con hojas de aluminio. No es combustible no se pudre y puede aplicarse en unos cuantos minutos.

**OTROS.-** La pulpa de madera, el papel, el cartón, fibras, algodón, etc. pueden servir como materiales aislantes cuando se prensan para darles resistencia y consistencia, presentan estructura celular y densidad variable según el grado de compresión; a menudo se tratan con resinas para unirlos y darles ciertas características. Son también aislantes al sonido, tienen las características siguientes: siendo K = conductividad térmica y d = densidad aparente.

Pulpa de Madera	Aserrín	Cuero	Cartón	Papel	Algodón	Lana
K. 0.028	0.34	0.092	0.037	0.075	0.025	0.021
d. 0.2	0.34	1.02	—	0.7 a 1.15	—	1.32

**B.- AISLANTES INORGANICOS.-** Son mas resistentes a la temperatura y presentan una gran variedad de aplicaciones y propiedades. Pueden usarse como materiales de relleno entre paredes, en forma granulada o fibrosa, como productos moldeados mezclados con materiales adherentes o cementantes o en forma de polvos. Los principales son: Asbesto, Vermiculita, Tierra Diatomácea, Magnesita, Lana mineral y Fibra de vidrio.

**ASBESTO.-** Se llama también amianto. Es un silicato cálcico magnésico  $[\text{Mg}_3 \text{Ca} (\text{SiO}_3)_4]$  natural, constituye uno de los materiales aislantes de mayor importancia, por las diferentes formas en que puede suministrarse y su facilidad para mezclarse con diversos productos. Presenta un carácter fibroso notable que le permite trabajarse en forma de tela para múltiples aplicaciones. Su densidad aparente (d) y conductividad (K), varían según la forma en que se presenta de,  $d = 0.47$  y  $K = 0.04$  hasta  $d = 0.76$  más y  $K = 0.135$   $\frac{1}{2}$  Su gravedad específica (e) varía de 2.1 a  $2.8 \text{ kgs/cm}^3$ . Se emplea para temperaturas no mayores de  $350^{\circ}\text{C}$ , en forma de pequeñas fibras o pulverizado, solo o mezclado con otros materiales (arcilla, yeso, silicato de sodio, etc.), para llenar juntas o moldearse con agua y fijarse sobre rejillas con tela metálica (solo) o como mortero (mezclas). Mezclado con asfalto forma cementos y productos impermeabilizantes, también para obtener placas o formas diversas. Mezclado con magnesita (véase adelante), con cemento, con yeso, con esponja natural (asbesto esponja), etc. Este último es sumamente resistente, empleado sobre todo para tuberías de aire libre ( $91.5 \times 25$  a  $76 \text{ mm}$  de espesor), para temperaturas mayores de  $350^{\circ}\text{C}$ , a veces se emplea recubriendo a materiales mas resistentes a la temperatura, en forma de láminas ( $61 \times 95.5 \text{ cms}$ ) y bloques ( $15$  a  $91 \text{ cms}$  de espesor). En forma de fibras puede usarse para cartón de asbesto, asbesto prensado, y hueco o asbesto cel, semejante al cartón corrugado, de gran ligereza por su gran contenido de huecos, empleado para revestir tuberías de aire caliente y pudiendo forrarse o pintarse con algún otro material. También se emplea para fabricación de telas para tejidos a prueba de fuego, para bloques de fibra entretrejida, de gran flexibilidad y ligereza, empleadas para temperaturas de  $370$  a  $573^{\circ}\text{C}$  y láminas de espesor variable y usos diversos.

**VERMICULITA.-** Mineral Micáceo, es un silicato hidratado de composición indefinida, se expande en hornos de fusión, hasta  $1,100^{\circ}\text{C}$ , actúa como un aislante refractario, resistente hasta  $1,350^{\circ}\text{C}$  sin llegar a fundirse. Es esponjoso y de una densidad aparente de  $0.225$  por su gran porosidad, presenta laminillas de aspecto brillante, semejantes a la mica, pero de color grisáceo. Por su porosidad absorbe los golpes y la resistencia. Resiste a los ácidos y dá



materiales a prueba de fuego, de roedores, gusanos, etc. Se aplica como material para empaques y en forma de placas con algún adhesivo, por ejemplo silicato de sodio, etc.

**TIERRA DIATOMACEA.**- Tierra formada por multitud de caparazones de algas microscópicas llamadas "Diatomeas", de formas muy diversas y compuestas principalmente de gránulos de sílice (diátomos) hidratados (80 a 90 %), con algo de aluminio, calcio, hierro y materias orgánicas. Se le llama también "Diatomita" y adquiere distintos nombres según su tratamiento o el lugar de donde proviene, siendo su calidad tan variable que es necesario tener mucho cuidado en la selección del yacimiento. En la práctica adquiere nombres comerciales tales como: Diatomex, Dicalita, Celita, etc. Posee una densidad aparente muy baja, pero no tanto como la de otros materiales, variando con el grado de división; al estado natural y seca es de 0.4 a 0.6, ( $K=0.051$  a  $0.81$ ). En polvos es de 0.2 a 0.35. En polvo fino 0.12 ( $K=0.04$ ). Su porosidad es de 88 % por término medio. Por su naturaleza silícea tiene un alto punto de fusión ( $159^{\circ}\text{C}$ ) al estado en polvo o en forma granular soporta temperaturas directas arriba de  $900^{\circ}\text{C}$  sin encogimiento. Cuando se ha calcinado soporta temperaturas mayores ( $1,150^{\circ}\text{C}$ ) y presenta poder aislante al sonido, empleándose generalmente granulada de malla 3 (100%) a malla 8 (60 %), de preferencia como relleno entre 2 paredes, para temperaturas superiores a  $700^{\circ}\text{C}$ , permite una distribución uniforme del calor y le comunica al refractario poder absorbente del mismo, permitiendo un control exacto a la temperatura.

La Tierra Diatomácea tiene un sinnúmero de aplicaciones, según la forma en que se encuentre, desde material de relleno en pinturas hasta material refractario, como aislante se emplea en evaporadores, calderas, tuberías de vapor, refrigeraciones, acondicionamiento de aire, etc. En forma de placas, lozas y ladrillos aislantes o semirefractarios; ya sea cruda o cocida. Los productos semirefractarios tienen baja resistencia a la absorción, pero mezclados con arcillas apropiadas pueden actuar como aislantes o como refractarios, las placas no comprimidas, formadas por povos unidos con un aglutinante y los ladrillos con arcillas cocidas, son las formas menos aislantes. Con Cemento Portland o de Alúmina en proporción de 4 : 1 forma cementos aislantes para puertas de hornos, calderas, etc. en menor proporción mejora notablemente las cualidades del cemento y del concreto. Mezclada con asfalto en proporción variable se emplea para pavimentos, techos etc. mejorando la estabilidad y la resistencia. Mezclada con yeso se usa en el acabado (stucco), protegiendo las habitaciones contra los cambios bruscos de temperatura y el sonido.

**MAGNESITA.**- Es un carbonato de magnesio, casi nunca se emplea solo, sino mezclado con un 15 % de Asbesto (fibra o polvo) y un adhesivo, en forma de un producto llamado Magnesita de 85 %, coherente, de gran resistencia y análogo carácter aislante, de poco peso, variando su densidad con su manufactura, alrededor de  $0.25 \text{ kgs/cm}^3$ . Su conductividad térmica ( $K$ ) varía de  $0.38$  a  $50^{\circ}\text{C}$  a  $0.65$  a  $342^{\circ}\text{C}$ .; no debe emplearse para temperaturas menores de la primera o mayores de la 2<sup>a</sup>, para altas temperaturas puede usarse sobre una cubierta previa de algún material mas resistente a la temperatura. En su aplicación se acostumbra protegerla con una cubierta de asbesto cemento (3:2) de  $1/2''$ , de preferencia sobre una tela exagonal de  $1''$ , o por una mezcla de asfaltocemento de  $1/4''$ . Se adapta bien para líneas de alta y baja presión, con solo cambiar el grueso del revestimiento. En tuberías expuestas a la interperie debe ser éste por lo menos 12 mm mas grueso. Para presiones hasta de  $7 \text{ kgs/cm}^2$  se emplean bloques

de 38 mm y para mas elevadas de 51. Se suministra en bloques de  $76 \times 457 \text{ mm}$ . y de  $152 \times 915 \text{ mm}$ ., con gruesos que varían de 13 a 102mm o en formas especiales, para tuberías se vende en segmentos de 915 mm, con espesor de 38, 51 y 63.5mm. de una (Standard) o dos capas (doble Standard), revestidas de tela con flejes de latón. También se expende en forma de cemento plástico que mezclado con agua se emplea para partes de recubrimiento difícil, tales como codos, empaques, juntas de secciones moldeadas, etc.

**LANA MINERAL.**- Se llama también lana de escoria o de roca, está formada por silicatos inorgánicos producidos soplando fibras minerales (calizas, lavas basálticas, etc.) o escorias de plomo, hierro u otros metales (véase fibra de vidrio). La mas común proviene de la escoria de plomo, poco frágil, por contener 30 a 50 % de óxido de calcio y magnesio, mientras que las de los otros metales presentan gran fragilidad. No deben ser quebradiza, ni difícil de instalar y mantener. Su conductividad ( $K$ ) varía según su densidad, de 0.19 a 0.33. Resiste temperaturas hasta de  $537^{\circ}\text{C}$ , a veces hasta  $950^{\circ}\text{C}$ . Sus propiedades son semejantes a las de la fibra de vidrio. Se emplea en forma de productos huecos, bloques para altas temperaturas, cementos plásticos o fibras granuladas. Los productos huecos están formados por telas metálicas entre las cuales se coloca cuidadosamente empaquetada, en formas mas diversas y tamaños de  $2 \times 4'$  y  $2 \times 8'$  y grueso variable en la temperatura, hasta 8". Se emplea para equipos industriales tales como cambiadores de calor, carros tanque, etc. Para cubiertas de tubos debe emplearse fibra larga seleccionada, se fabrica en secciones de 2 o mas pies, para tubos de gran diámetro (hasta 30"). Para  $100$  a  $250^{\circ}\text{C}$ . el espesor varía de  $1.1/2''$  a  $2$  o  $2.1/2''$  a  $3''$  hasta  $550^{\circ}\text{C}$ . Los bloques para altas temperaturas ( $850-950^{\circ}\text{C}$ ) tienen una densidad de 18 lbs/pie<sup>3</sup>, con grueso de 4" ( $950^{\circ}\text{C}$ ). En forma de cemento se emplea mezclada con asbesto y algún adhesivo para pequeños recubrimientos. En forma suelta o granular se emplea como material de relleno en hornos, calderas, tanques, etc.

**FIBRA DE VIDRIO.**- Llamada también lana de vidrio o fibroglass. es un tipo de lana mineral formada por multitud de fibras delgadas (mas  $.00023''$  de diámetro) pero que sin embargo muestran una gran resistencia a la tensión ( $250,000 \text{ lbs/pulg}^2$ ), y una gran flexibilidad. Se obtiene haciendo pasar vidrio fundido libre de impurezas, a través de pequeños orificios, desintegrando por medio de aire comprimido en fibras finas que pueden usarse como hilazas para tejer. Con vapor a presión se obtiene la fibra ordinaria o lana vítrea, en forma de vellos de gran blancura, o masas de finas hebras entrelazadas. El diámetro y longitud de las fibras depende de la temperatura y viscosidad del vidrio, del tamaño de los orificios y de la presión del vapor. Presenta baja densidad aparente, no comprimida pesa  $1.1/2 \text{ lbs/pie}^3$ , siendo 100 veces mas ligera que al estado sólido. No absorbe la humedad, por carecer de estructura intercelular, no se pudre ni se oxida, no se altera con los álcalis y ácidos (excepto el Fluorhídrico y el fosfórico) y es completamente incombustible, resistiendo temperaturas desde muy por debajo de cero hasta  $540^{\circ}\text{C}$ , sin sufrir ningún cambio. Se emplea para toda clase de aislamientos Térmicos y Acústicos, por la gran cantidad de aire que contienen y la extensa superficie absorbente de las fibras. Instalada sobre otros materiales el coeficiente de reducción del ruido llega hasta 0.95, según el espesor, densidad y métodos de instalación. Puede ser tratada con aglutinantes resinosos, comprimida al espesor que se desee y calentada, dando láminas flexibles, rígidas o semirígidas, en for-



ma de rollos, planchas o ladrillos, variando su densidad con el diámetro de las fibras y el grado de compresión. Las placas obtenidas con ciertos adhesivos son susceptibles de adherirse a aparatos de acondicionamiento de aire, etc. En forma cilíndrica se emplea para recubrimiento de tuberías, evitando la corrosión electrolítica en tuberías sepultadas. Además se fabrican más de 4,000 formas diversas para centenares de aplicaciones.

#### AISLANTE A LA ELECTRICIDAD.

**GENERALIDADES.**—(Un material aislante a la electricidad debe tener baja conductancia, en ciertos casos una constante dieléctrica apropiada y en otros bajas pérdidas dieléctricas, además, debe mostrar resistencia al rompimiento, debe de ser estable e inerte y sobre todo repelente al agua, o no higroscópico. En ciertas aplicaciones debe resistir temperaturas elevadas, a veces debe de ser rígido y a veces flexible, etc.) Para entender mejor sus características se definirán algunas de ellas a continuación.

**Conductancia.**— Representa la conductividad de 1cc. de material, se mide en "mho" (unidad recíproca de la resistencia o sea del ohmio).

**Constante Dieléctrica (K).**— La relación entre la capacidad de un condensador usando la sustancia dada (Cs) y la obtenida usando el aire (Ca), que se toma como unidad.

**Capacidad.**— Es la relación de carga al potencial o sea que es directamente proporcional a la carga y a la conductancia e inversamente proporcional al potencial.

**Pérdida Dieléctrica (Pk).**— Es la pérdida de energía en el dieléctrico cuando se somete a un campo alterno.

**Resistencia a la interrupción (R) o al voltaje.**— Menor voltaje necesario para perforar un espesor dado del aislante, en voltios/cm. o kilo vatios/mm.

**DIVISION.**— Según su estado pueden ser: Gaseosos, líquidos o sólidos, los primeros incluyen los gases ordinarios, son de baja conductancia, constante dieléctrica cercana a la unidad y pérdida dieléctrica despreciable,  $R = 30,000$  volts./cm., menor que la mayor parte de los sólidos y líquidos. Se emplean para conductores que deben estar separados, por ej., siempre que se requiera una descarga eléctrica (focos, etc.). Los aislantes líquidos y sólidos se emplean cuando los conductores están muy juntos, los primeros en reostatos, transformadores, interruptores, etc. para la impregnación de tela, papel embobinado y en general para sellar materiales porosos (resinas sintéticas no inflamables). Por su naturaleza se dividen en: Inorgánicas y Orgánicas. Los primeros comprenden: Mica, Porcelana, Cuarzo, Lana Mineral, Fibra de vidrio y otros. Los orgánicos: Hule, Ambar, Gutapercha, Goma Laca, Resinas Sintéticas y Silicones.

#### AISLANTE INORGANICOS.

**MICA.**— Silicato hidratado de Magnesio natural (pag.69) caracterizado por su fractura en laminillas muy brillantes y frágiles, por lo cual solo puede emplearse con una ligazón adecuada. Se extrae en grandes trozos que son partidos y desbastados para dar hojas delgadas y flexibles. Resiste bien el calor hasta  $600^{\circ}\text{C}$  pero a mayor temperatura se disgrega lentamente, suavizándose a  $1,200^{\circ}\text{C}$ . Constituye el único aislante para generadores de alta tensión, se empleó primero con liga de goma laca (1911), más tarde con asfalto (1930) dando un sólido quebradizo, termoplástico y difícil de manejar y requiriendo

do el aislamiento varias capas y protección con fibra de vidrio y pinturas de gran penetración. Modernamente se usa en forma de un producto llamado "Termalastic" (1951), ligada con una resina de baja viscosidad que en presencia de un catalizador forma una sustancia permanentemente rígida al calentarse, sin vacíos o poros. Esta resina comunica a la mica gran resistencia mecánica y térmica. El producto es fácilmente aplicable en forma de cinta, impregnando con la misma resina y recubrimiento al final con fibra de vidrio. Da un aislamiento de propiedades físicas excepcionales. La mica se usa para productos en forma de hojas, cintas o tubos, adquiriendo varios nombres (Micanita, etc.)

**PORCELANA** (pág. 95).—(Aumentando la temperatura de obtención resultan productos de distinta porosidad (disminuye), aumentando la vitrificación. Por esto las porcelanas de alta temperatura ( $1,280^{\circ}\text{C}$ ) se emplean para aislamientos de alto voltaje, a  $1,465^{\circ}\text{C}$  se obtiene una porcelana muy dura, no porosa, de alta constante dieléctrica, empleada en la fabricación de equipo de laboratorio, bujías, unidades de resistencia de los hornos, calentadores, planchas etc. Porcelanas magnéticas llamadas "larvas" se emplean como aislantes de este tipo, para altas temperaturas y bajo voltaje.)

**CUARZO.**— Anhídrido silícico fundido,  $K = 4.2$ , inerte a la humedad, pero aumenta su conductancia con la absorción de agua en su superficie, lo cual se puede evitar cubriéndolo con una pequeña capa de cera, en ausencia de vapor de agua es uno de los mejores aislantes, resiste a los agentes químicos y no sufre expansión o contracción.)

**LANA MINERAL.**— (pág.175) Producto de características semejantes al cuarzo, empleado sobre todo mezclado con mica, asbesto, etc.

**FIBRA DE VIDRIO.**— (pág. 175) Se emplea en varias formas, tales como: cintas tejidas, trencillas, cordones y telas impregnadas de barniz o resinas, en motores eléctricos, cables y alambres, placas de separación de baterías, etc. Moldeada con plásticos forma láminas de propiedades variables y múltiples aplicaciones.)

**OTROS.**— Asbesto, mármol, pizarra, talco, etc. Su característica principal es su incombustibilidad y su tendencia a absorber la humedad, lo cual disminuye su resistencia eléctrica. El talco (pág.70,) forma a  $1,100^{\circ}\text{C}$  un producto (Isolantita) sumamente duro, por lo cual no se puede trabajar y las formas deberán moldearse previamente. Estos materiales se emplean como relleno de ciertas resinas o en mezclas cementadas, en sustitución de la porcelana, para apagadores, interruptores, etc. No son de importancia.

#### AISLANTE ORGANICOS.

**AMBAR.**— Resina natural petrificada, poco abundante y por lo mismo muy cara, por lo cual se emplea muy poco (aparatos sensibles), a pesar de sus excelentes características aislantes.)

**HULE.**— Producto elástico obtenido del látex (savia) de ciertos árboles (Heveas brasiliensis, etc.), fluido lechoso con 30 a 45 % de hule, agua, proteínas y materiales resinosos. Se coagula por el calor o ácidos formando el producto llamado "Caucho o Hule Crudo", el cual para poder ser utilizado necesita transformarse en Hule Ordinario, lo cual se consigue por Vulcanización o sea tratamiento con azufre, agregándole una gran cantidad de sustancias diversas que regulan sus propiedades finales, entre ellas; Aceleradores (cal, magnesia, óxido de plomo), antioxidantes, reforzadores (carbón, óxi



do de zinc), materiales inertes de relleno, plastificantes y colorantes.

Estas sustancias, lo hacen menos sensible a los cambios de temperatura, le dan elasticidad, resistencia, durabilidad y resistencia a los agentes químicos y atmosféricos. Se emplea en el recubrimiento de alambre, para la impregnación de cintas aislantes y en pinturas aislantes, cuando es de vulcanización suave. El duro se emplea como cualquier otro aislante sólido, para contactos, enchufes, etc. tiene la desventaja de no poder usarse para temperaturas superiores a  $100^{\circ}\text{C}$ , por su combustibilidad.

Además del hule natural hay gran cantidad de hules sintéticos mas o menos semejantes al natural, algunos de los cuales se aplican en su lugar; un tipo que no es propiamente hule pero que tiene gran semejanza es el llamado hule de Silicón (adelante).

**GUTAPERCHA.** - Se obtiene como caucho, de la savia de ciertos árboles tropicales. Es semejante al hule en sus propiedades, pero es mejor aislante, tiene alta resistencia dieléctrica, se puede moldear fácilmente a temperatura y presión, es plástico, pero no elástico. Se emplea para aislamiento de cables submarinos.

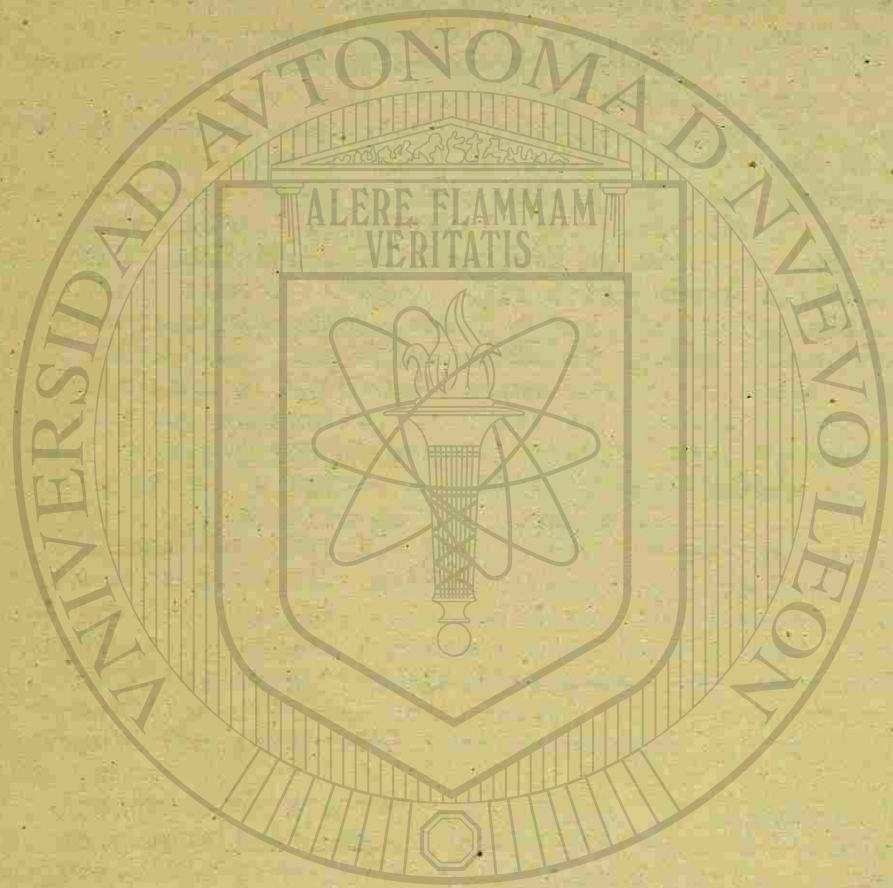
**GOMA LACA o SHELLAC.** - Resina natural, (véase pág. 192), de propiedades muy variables. Disuelta en alcohol se emplea como barniz, para la impregnación de madera, cintas, etc. Se emplea como adhesivo para la mica. Se tiende a sustituir por resinas sintéticas vinílicas, para los anillos de los colectores.

**RESINAS SINTÉTICAS.** - Gran número de resinas sintéticas orgánicas se usan al estado sólido o como líquidos de impregnación o de cementación para pinturas aislantes. Contienen rara vez mas de dos ingredientes, aunque algunas tienen tres o mas, generalmente provenientes de materias primas abundantes. Son tan variadas estas resinas en sus propiedades que pueden decirse que existe una para cada aplicación en particular. Son estudiadas en los siguientes capítulos.

**AISLANTES DE SILICONE.** - Silicone es el nombre de una gran familia de compuestos semiorgánicos similares a los hidrocarburos, pero con radicales de Oxido de Silicio en lugar de carbón, forman resinas semejantes a las anteriores. Con solventes forman barnices adecuados para tratar telas, papel o telas de asbesto y para impregnar bobinas para inmersión. Tienen gran estabilidad al calor, propiedad que no tienen las orgánicas, son estables a mas de  $175^{\circ}\text{C}$ , mientras que aquellas no resisten  $125^{\circ}\text{C}$ . Son mas resistentes al agua y a la humedad, a la oxidación, a los álcalis y algunos ácidos, pero no resisten al ácido sulfúrico, aceites lubricantes y tetracloruro de carbono. Poseen una elevada resistencia dieléctrica, comparable a la de otras resinas, pero sus propiedades mecánicas son inferiores pues presentan mayor fragilidad, menor resistencia a la abrasión y mayor tendencia a agrietarse. Sin embargo se emplean mucho para cubiertas protectoras aislantes en motores y generadores, para impregnar telas de fibra de vidrio flexibles, resistentes al calor y repelentes al agua, son excelentes aislantes eléctricos. Se ha probado también (D.C. 993) como material de liga para materias inorgánicas, tales como mica, amianto, etc. sobre todo para la 1a en sustitución de las resinas orgánicas, obteniéndose mayor duración y resistencia a la temperatura. Tienen uso para pinturas protectoras, solventes, lubricantes y para obtener hules. Estos hules de Silicone son empleados en diversas formas moldeadas o Silastic o mezclado con ciertos materiales inertes, para aislamiento de alambres de llegada, recubiertos al final de resina de silicone. Para llenar vacíos alrede

do de la entrada de los conmutadores y en las armaduras de los motores de c. d. Aplicado a los lados de la tela de vidrio (10 milésimas se emplea para aislantes en pilas de bajo voltaje, en motores de alta velocidad, en sustitución de los aislantes de mica, también como sustitutos del hule ordinario en el recubrimiento de alambre y para sellos herméticos, no adhiriéndose al equipo a ninguna temperatura. Permanece flexible a  $70^{\circ}\text{F}$ , y recilente a  $500^{\circ}\text{F}$ .





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL D

## Capítulo XVII.

### PLÁSTICOS.-

**GENERALIDADES.-** Se entiende por plásticos materiales que pueden ser transformados por presión en cualquier forma deseada, ya sea en frío o en caliente. Los de mayor interés desde el punto de vista de la ingeniería comprenden aquellos productos que usan resinas sintéticas y derivadas de la celulosa. Aunque son de desarrollo relativamente reciente, han alcanzado en poco tiempo un papel preponderante en la vida diaria, produciéndose variedades y tipos adecuados para un gran número de aplicaciones diversas, sustituyendo muchas veces con ventaja a materiales ya existentes y aún cubriendo aplicaciones especiales no satisfechas por ningún otro material, de tal modo que se emplean cada vez en mayor escala para fabricación de artículos muy diversos, a tal grado que podría decirse, como se ha dicho de otros materiales que estamos entrando a la "Era de los Plásticos".

**COMPOSICION.-** Generalmente no están formadas por una sola materia, sino que son mezclas apropiadas que contienen:

- 1.- Un adhesivo o material base que le imparte al producto sus propiedades plásticas.
- 2.- Materiales de relleno o productos inertes.
- 3.- Materias colorantes.
- 4.- Plastificantes.

1.- **Material Cementante.-** Comprende una gran variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas, incluyendo los materiales cementantes ya estudiados, resinas naturales y sintéticas, celulosas, gomas, compuestos proteínicos, etc. De estos se consideran las Resinas naturales y los Derivados de la celulosa (véase adelante).

2.- **Materiales de Relleno.-** Productos inertes empleados para darles dureza, resistencia, facilidad de trabajarse y moldearse, además de otras propiedades especiales (eléctricas, químicas, etc.); pueden constituir hasta un 50% del producto, reduciendo el costo. Entre ellos se encuentran: Aserrín y Larina de Madera, baja densidad, buen moldeo y apariencia, baja conductividad y poca resistencia al impacto, se emplea para artículos comunes de uso general. Grafito, sirve como lubricante en mezcla con polvo de madera, asbesto, etc. imparte resistencia a los ácidos. Asbesto, aislante al calor, mejora la resistencia al agua, ácidos, etc., comunica al producto propiedades aislantes. Producen materiales relativamente frágiles, de excelentes propiedades aislantes eléctricas. Celulosa, purificada, se usa para los de Urea, Sílica gel, Tierra diatomacea, etc., disminuyen la densidad y mejoran las propiedades eléctricas. Algunas sustancias como el sulfato de bario les dan resistencia química e impenetrabilidad a los rayos X.

3.- **Materias colorantes.-** Generalmente se mezclan con el material de relleno o durante la mezcla de éste con el plástico, algunas veces se colorea la resina. se emplean pigmentos y colorantes orgánicos que son más resistentes a los ácidos y álcalis.

4.- **Plastificantes.** Sustancias que se añaden algunas veces para disminuir la viscosidad y facilitar el moldeo y otras para aumentar la resistencia al impacto y mejorar la elasticidad y tenacidad. Entre ellas se encuentran: Sulfonamidas, glicolatos, trifenil ó tricresil fosfatos, dibutilftalatos y tartaros, etc.

**CONSTITUCION Y PROPIEDADES.-** Químicamente los plásticos son sustancias formadas por la condensación o polimerización de gran número



ro de moléculas (polímeros) de compuestos de bajo peso molecular -- (-resinas sintéticas), o por la transformación química de polímeros -- naturales (derivados de la celulosa). En la condensación se pierden algunas moléculas de otros productos, generalmente agua (Bakelitas), mientras que en la polimerización se pierde una doble ligadura de -- los compuestos no saturados que se polimerizan, cuando estos no son iguales, los compuestos se llaman "Copolímeros". Las propiedades varían con el grado de condensación o de polimerización obtenida y -- con los productos que los constituyen, pero en general adquieren -- las propiedades de la resina base modificadas por la presencia de -- ciertos materiales de relleno y plastificantes. Son ligeros, variando en densidad de 1.06 (del poliestireno) a 1.3 (fenólicos) y aún -- mas, son fáciles de moldear, de baja conductividad térmica y eléctrica y gran resistencia a los agentes químicos, algunos se colorean fácilmente, lo que les permite emplearse para uso decorativo, otros son completamente transparentes y tienen elevado índice de refracción, por lo que se emplean en sustitución del vidrio, para propósitos de óptica (lentes, faros, parabrizas, etc.) algunos son moldeables en caliente (termoplásticos) y otros se endurecen por calentamiento (termoestables). Los primeros se endurecen por calor y presión, polimerizándose en productos infusibles que ya no pueden volver a trabajarse. Los Termoplásticos se reblandecen por el calor, pudiendo moldearse fácilmente, endureciéndose luego por enfriamiento son muy versátiles, pudiendo transformarse en objetos sólidos, -- películas flexibles o fibras textiles o emplearse en forma líquida -- para películas protectoras.

FABRICACION.- Comprende tres operaciones principales: A. Preparación de la mezcla. B.- Modelo y C. Acabado.

A.- PREPARACION DE LA MEZCLA.- Pueden hacerse por proceso húmedo o proceso seco.

a.- Húmedo.- se disuelve el producto base en un solvente adecuado que puede ser alcohol, éter, etc. y se mezcla con el material de relleno, colorantes y plastificantes, en un mezclador de gusano o paletas. Se elimina el solvente calentando a vacío y más tarde pasando el producto por rodillos calientes y pulverizando las láminas obtenidas. Algunos tipos como los de Urea, no se separan al ser obtenidos, por lo cual se emplea una solución de la resina para el mezclado.

b.- Proceso Seco.- Los componentes se mezclan con rodillos mezcladores calientes y el material es secado y pulverizado.

B.- MOLDEO.- Se puede verificar de varias maneras, dependiendo del tipo de plástico, de las mezclas usadas, tipo de pieza, etc. En general los plásticos termoestables se moldean por vaciado o compresión, calentando por un cierto tiempo a temperatura de 80°C en el primero y 120 - 180°C. en el segundo, hasta su endurecimiento -- por polimerización, variables con el tipo de plásticos, cuando se aplica presión esta puede ser de 35 a 350 Kgs/cm<sup>2</sup>, según el material, algunas veces puede aplicarse en frío (elevada presión) seguida de un conocimiento de la pieza (Curado). Los plásticos termolábiles se moldean por inyección o extrusión, forzándolos a una presión -- de 21 a 30 kgs/cm<sup>2</sup>, y temperatura de 100 a 120°C, a través de un orificio, a moldes relativamente fríos en donde se solidifican (inyección) o a través de dados especiales (extrusión). Ciertos Plásticos -- termoestables pueden plastificarse con adición de sustancias y calentarlos luego para curarlos (moldeo por transferencia). Para ciertos objetos huecos y ciertos plásticos (celuloide, hule, etc.) puede aplicarse aire o vapor al molde, para forzar el plástico contra --

las paredes (moldeo por sople).

Tipos de Moldeo.- El diseño de moldes depende del tipo de plástico del molde y de otros factores. Generalmente se construyen de acero endurecido recubierto con una placa de cromo en las partes en contacto con el compuesto, para evitar el desgaste, se pueden considerar cuatro tipos principales de moldes. De expansión, Positivo, de Inyección y de Sople. El primero es el más simple de construir, se caracteriza por un molde hueco cuyos lados terminan apuntando hacia la parte media. El cilindro penetra completamente en la cavidad, -- forzando el material hasta que se llena el molde y un exceso salta al exterior. El tipo positivo no permite escape de material y se usa -- cuando el exceso de éste dificulta la obtención de la forma apropiada. Los otros tipos ya han sido descritos. (moldeo).

B.- ACABADO.- Las piezas moldeadas se someten a un acabado -- final, que comprende la eliminación de los sobrantes, el cortado cuando se trata de varios objetos en un mismo molde, el cepillado -- perforado, prensado, etc. y finalmente el pulido con lija, comúnmente de carburo de Silicio, aunque en general se procura diseñar el -- molde de tal modo de eliminar la mayor parte de estas operaciones. --

USOS.- Los plásticos propiamente dichos se usan en la fabricación de productos moldeados, hojas, láminas, barras, tubos y comúnmente en forma de polvo para mezclarlos con otros materiales, algunos -- de ellos se emplean en forma líquida para impregnar telas, -- papel etc.

CLASIFICACION.- Debido al gran número de tipos y variedades, es sumamente difícil establecer una clasificación adecuada, tanto por lo que respecta al producto cementante como a otras características. Según lo primero se dividen en: 1.- Resinas Sintéticas y 2.- Derivados de la celulosa.

Según el comportamiento al calor se consideran: Termoestables o de endurecimiento en caliente y Termolábiles o termoplásticos, cuando se reblandecen por el calor.

Además en la práctica se dividen de acuerdo con el cementante -- usado, adquiriendo el nombre de éste; por ej. Plásticos fenólicos, los que usan resinas fenólicas, Plásticos de la Urea, los que usan resinas derivadas de la Urea, etc. muchos de estos adquieren en la -- práctica nombres especiales.

#### PLASTICOS PRINCIPALES.

##### 1.- DE RESINAS SINTETICAS TERMOESTABLES.

###### A.- FENOLICOS.-

OBTENCION.- Se obtienen de resinas fenólicas resultantes de la combinación de un fenol y un aldehído, los más comunes son los -- de Fenol formol y a veces se usan los de Fenol-Furfural; modernamente se están empleando también mezclas con hules sintéticos, de mayor resistencia. La resina Fenol-Formol en su forma final es un -- sólido café oscuro, infusible e insoluble, de excelentes propiedades mecánicas y eléctricas, resistentes a la acción química, pero -- atacable por los ácidos y álcalis concentrados. Generalmente se obtienen por el proceso de vaciado o compresión, sobre todo para grandes piezas o piezas decorativas; para esto la resina líquida se vacía en moldes de plomo en hornos especiales (Fenólicos vaciados).

Los plásticos resultantes encojen poco después del moldeo. Como materiales de relleno pueden usarse: aserrín o harina de madera (fenólicos comunes), papel cortado o tela, que les dan gran resistencia



al choque, productos minerales tales como asbesto, vermiculita, lana de vidrio, lana mineral, etc., que les comunican propiedades aislantes (fenólicos resistentes al calor), grafito, les da resistencia a la abrasión, al impacto y a los ácidos.

**PROPIEDADES.**— Cuando no contienen material de relleno son transparentes, de gran dureza y resistencia dieléctrica, gran resistencia al calor, aguan ataque químico, gran ligereza y lustre. Son incombustibles, resistiendo la luz ultravioleta; las formas puras se asemejan al vidrio en transparencia, algunas de color ámbar son translúcidas a los Rayos X. En general se emplean para alumbrado, por su gran translucidez (plásticos vaciados). Con relleno de celulosa (Fenólicos Comunes) resultan de buen acabado, alta resistencia y ligereza de propiedades aislantes al calor y electricidad. Con papel cortado o tela adquiere gran resistencia al impacto, con rellenos minerales, sobre todo asbesto, tienen bajo coeficiente de expansión térmica, poco encogimiento, y son difíciles de procesar y maquinar.

Las resinas de fenol-furfural se emplean para formas difíciles, por tener gran fluidez, la cual mantienen por mucho tiempo, pudiendo moldearse por inyección en el método de transferencia, son inertes, resistentes al calor y de buenas propiedades mecánicas y eléctricas, que mejoran con la edad.

**USOS.**— La mayor parte se emplean para la fabricación de productos aislantes, por ej. los comunes se emplean para aislamientos en autos, aviones, carros tanque, etc. para placas de interruptores, apagadores, contactos, tapones, etc. Los resistentes al calor se emplean para aislamientos eléctricos exteriores, manijas de vasijas, planchas, etc. Los rellenos de mica para aislamientos de alta frecuencia, los transparentes para alumbrado o en sustitución del vidrio, los de fenol-furfural para placas de distribuidor, magnetos, termostatos, gabinetes de radios, cubiertas resistentes a los ácidos, etc.

**PRODUCTOS COMERCIALES.**— Fenólicos de uso general: Bakelita, Hexesita, Resinox, Texolita, Indur, Insurok, Durex, etc. Fenólicos vaciados. Catalin, opalon, Gemstone, Prystal, etc.

#### B.— PLÁSTICOS DE LA UREA.

Proviene de la polimerización de resinas de Urea Formaldehído, obtenidos de la reacción de la Urea o Tiourea con el Formaldehído. Son transparentes, de buenas propiedades eléctricas y mecánicas y colores variables, varían desde translúcidos hasta blancos opacos pero pueden modificarse para producir efectos agradables sin reducir la eficiencia; al arco eléctrico no sufren carbonización superficial como los fenólicos. Son magníficos adhesivos por su alta resistencia mecánica y al agua. Los productos obtenidos con ellos son incoloros, inodoros e insípidos, inafectados por la luz, el agua, aceites, grasas y solventes orgánicos, ácidos y álcalis débiles. Son atacados ligeramente por los álcalis fuertes y destruidos por los ácidos fuertes. A temperaturas altas se descomponen pero pueden usarse abajo de 80 C., sin restricciones y calentarse intermitentemente hasta 120 C. Si se prolonga el calentamiento se vuelven gradualmente frágiles, opacos y pierden la estabilidad al calor. Sujetos a cambios de humedad pueden partirse por los cambios experimentados, sobre todo en partes mal diseñadas. Absorben poca luz visible, resistiendo el calor radiante, por lo cual se usan para cubiertas de reflectores. Se emplean para artículos eléctricos, aparatos de alumbrado, loza, etc. Entre las resinas comerciales se hallan: Beetle, Pláskon, Uroformita, Urac, Melurac, Melmac, etc.

## 2.— PLÁSTICOS TERMOPLÁSTICOS.

### A.— PLÁSTICOS ACRÍLICOS.

Se obtienen de resinas acrílicas resultantes de la polimerización de ésteres de los ácidos acrílico ( $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ ) y metacrílico, principalmente el metacrilato de metilo. Estas resinas son las más ligeras de los polvos de moldeo, se preparan en forma de polvo o gránulos de color claro, translúcidos u opacos, o en forma de líquidos semipegañosos. Se moldean en tipos positivos. Son transparentes, resistentes y de peso ligero, por lo cual son de importancia vital en aviación, además tienen mejores propiedades ópticas que el vidrio y son notables por sus habilidades de "entubar" la luz. Se rayan fácilmente, pero la superficie se puede restaurar encerándola. Se pueden cortar, maquinar, perforar y ensamblar por cementación, tienen forma plana cuando se les calienta, por lo cual se emplean para formar juntas a prueba de agua. Son resistentes a los reactivos químicos, excepto a los solventes orgánicos, se emplean para hojas curvas en aviones, automóviles, etc., para tubos de luz rectos o curvados, etc. Pueden usarse en forma de polvo. Entre las resinas comerciales se hallan: Cristalita, Lucita y Flexiglas.

### B.— PLÁSTICOS VINÍLICOS.

Derivados de la polimerización de compuestos conteniendo el grupo Vinilo ( $\text{CH}_2=\text{CH}$ ) o el acetileno. Son semejantes a los acrílicos y del estireno, inodoros, insípidos, no tóxicos y sobre todo transparentes, no se queman o lo hacen lentamente y son químicamente inertes, pero pueden ser dañados por sustancias químicas, son muy populares para usos domésticos, resistentes a prueba de agua, flexibles a baja temperatura. Se emplean para losetas, manijas, cortinas para baño, bolsas, cubiertas de mesa, tapices, tapetes, revestimientos de las telas, papel, etc. Los principales son: Copolímero de cloruro y acetato de vinilo, Acetato de polivinilo, Cloruro de polivinilo y Butirato de polivinilo. Entre los nombres comerciales conocidos se encuentran: Ulvar, Vinilita, Gelva, Torseal, Butacita, Geón, yene, etc.

**Copolímero.**— Sus propiedades varían con la relación de cloruro y acetato, son de extraordinaria resistencia química, aunque atacados por algunos compuestos orgánicos (adhesivos, cetonas, ácidos, etc.). Se emplean para hojas flexibles o rígidas de todos colores, transparentes, translúcidas u opacas, brillantes o mates, empleadas en sustitución del vidrio. Nombres comerciales: Vinilita, Vinyon (filamento textil, se produce de un grupo especial).

**Acetato de Polivinilo.**— Polvo estable al calor y a la luz resistente a los ácidos débiles, soluble como las anteriores. Se usa como adhesivo para telas, papel, mica, metal, piedra, madera, etc. Modificado se usa para ligaduras resistentes al impacto entre superficies impermeables, metal a metal, metal plástico, etc.

**Cloruro de polivinilo.**— Tiene una alta resistencia y elasticidad y por lo tanto es poco plástico, por lo cual se debe plastificarse para su uso, siendo superior al hule en duración, flexionado y resistencia a la luz, oxidantes, ácidos, etc., por lo cual lo sustituye en el recubrimiento de alambres, tubos flexibles, empaque etc.

**Butirato de polivinilo.**— Resina transparente, tenaz, soluble en alcohol, glicoles y ésteres. Se emplea como adhesivo intermedio para vidrios de seguridad y en el acabado de la madera y el cuero.

**Cloruro de Vinilideno o Sarán.**— Proviene del tricloroetano, es un polvo casi incoloro, puede transformarse en fibras de



gran resistencia, inertes a los agentes químicos y atmosféricos, puede tñirse a fondo. Se emplea para tejidos, para asientos de automóvil, forros de butacas, cortinas, etc. En la Industria se emplea para tuberías para aceites, gasolinas o líquidos corrosivos, para asientos de válvulas, partes de filtros, etc. Entre los nombres comerciales están: Sarán, Lumite y Velon.

#### C.- PLÁSTICOS DE POLIESTIRENO.

Se obtienen de resinas que resultan de la polimerización del Estireno, obtenido por reacciones sucesivas entre el Benceno y el Etileno. Son tenaces, duros y transparentes. Se laminan en hojas y se reducen a polvo. Tienen bajo factor de potencia, alta resistencia dieléctrica y capacidad aislante. Son de baja densidad, resistentes a los ácidos y álcalis. En colores opacos son poco afectados por la luz, tienen alto índice de refracción, por lo que se emplean para partes de instrumentos indicadores, partes internas de refrigeradores, unidades congeladoras, recipientes de alimentos, para alumbrado indirecto y en el radio y televisión. Entre las resinas comerciales se encuentran: Loalín, Lustrón y Styron.

#### 3.- DERIVADOS DE LA CELULOSA.

Son termoplásticos, transparentes, poco atacados por los ácidos y álcalis débiles, pero se destruyen por los concentrados, muestran alta absorción del agua comparados con los otros plásticos (menos en la bencilcelulosa), por lo cual no deben hervirse ni sumergirse en agua. Tienen excelentes propiedades eléctricas y resistencia a la interperie, pueden aserrarse, cortarse, perforarse, etc. Son de baja densidad, resistentes al choque, inodoros e insípidos (con excepción del Acetato-Butirato). Se emplean para cajas de empaque, partes de refrigeradores, manejeras, tapetes, etc. Los de Nitrato de Celulosa ( Celuloide, piroxilinas ) son muy inflamables, pero más resistentes que los de acetato y menos afectados por el agua, absorben fuertemente la luz, decolorándose o haciéndose frágiles. Se emplean para cubiertas protectoras. Los derivados de la celulosa de importancia pueden ser Esteres ó Éteres.

**ESTERES.-** Los principales son el Acetato y el Acetato Butirato. Se obtienen tratando el algodón con una mezcla de anhídrido acético y ácido acético solo ( acetato ) o mezclado con ácido Butírico ( Acetato Butirato ). El producto resultante se mezcla con plastificantes y colorantes y se trata por el método húmedo. El Butirato requiere menos plastificante, dando más rendimiento, por ser más resistente al agua. Son ligeros, (Pesa 1.2 y 1.3 ) o resistentes al impacto, no afectados por las temperaturas menores de 60° C; pero a temperaturas mayores se suaviza, quemándose. Tienen bajo conductividad térmica, no siendo atacados por aceites y muy poco afectados por la luz Ultravioleta. Los artículos moldeados son extremadamente tenaces, aún en paredes delgadas. Se pueden trabajar fácilmente, troquelarse y redondearse para fabricar tubos ó piezas de varias secciones transversales, generalmente con corazón de alambre ó varilla ó placas metálicas, dando gran número de combinaciones y efectos. Se recomienda el 2° (Butirato) para troquelado continuo. Se suministra en colores diversos, claros, lúcidos u opacos. Entre los Plásticos de Acetato comerciales se hallan: Fibestos, Gemblod, Lumarith, Plastecele, Nia-cite, Tenitel, etc. , y entre los de Acetato Butirato, la Tenita II.

**ÉTERES.-** Etil y Bencil-Celulosa-s, la más importante es la primera, es un éter etílico de la Celulosa, químicamente estable, resistente a los ácidos diluísos y álcalis, al agua y al calor, tenaz-

resistentes al choque a baja temperatura. Mecánicamente es poco densa y de buenas propiedades aislantes, comercialmente se conoce como Ethocel, no es compatible con otros materiales termoplásticos. Aunque tiene baja absorción, es de fuerte poder adhesivo, empleándose para moldear piezas con metales insertados, resistentes al choque y a los cambios de humedad.

#### 4.- PRODUCTOS COMERCIALES DERIVADOS.

##### PLÁSTICOS LAMINADOS.-

Se conocen con este nombre una serie de productos obtenidos por la unión mediante calor y presión, de hojas o láminas de algún material (papel, tela, madera, otros plásticos, etc.), con un adhesivo apropiado entre ellos, generalmente fenólico, a veces mezclado o alternado con hule natural, vulcanizado o sintético (Thiocol, Neopreno, etc.), también se usan otras resinas termoestables, como las de Melamina Urea y de Poliestireno y a veces hasta resinas termoplásticas, por lo cual varían mucho sus propiedades, las cuales se ven afectadas además por la temperatura y el tiempo empleados en el curado. Los de base tejido tienen buenas propiedades mecánicas, son resistentes al impacto, al choque, etc. y pocas propiedades eléctricas. Se clasifican en grado: C, CE, L y LE, según el peso de la tela base (6 a 12 onzas para el C, de 3 a 4 onzas por yarda<sup>2</sup> para el L), los grados CE y LE son semejantes al C y L, solo que el tejido impregnado ha sufrido un proceso para mejorar sus propiedades eléctricas. Los de papel son apropiadas para artículos y aparatos eléctricos y tienen poca resistencia mecánica. Se consideran tres grados llamados X, XX, y XXX, con diferentes plastificados, adicionados para suavizar la hoja y hacer el prensado posible. La resistencia a la humedad, la estabilidad y las buenas propiedades eléctricas aumentan de la la. a la 3a. También pueden usarse papel o tela de asbesto o de vidrio como base, para dar resistencia a los productos químicos, dando los grados A o AA, la segunda es de mayor resistencia mecánica. Las de telas de vidrio se emplean para cubiertas de mesas, recipientes, etc., que vayan a estar en contacto con productos químicos.

Los productos de materiales laminados pueden ser: Moldeados o Macerados. Los primeros se obtienen moldeando la pieza de la lámina y curandola al calor y presión, mientras que los segundos se obtienen de papel o tejido impregnado, reducido a pequeñas piezas moldeado y curado. Tienen menor resistencia mecánica, el producto terminado puede cubrirse con una capa de plástico, según la cual puede dar la impresión de papel tapiz, género de dibujos, madera, metal, etc. Algunos incluyen una capa de metal para hacerlos mas resistentes al calor. Las formas ordinarias presentan una temperatura máxima de 110° C y 120° C., para aplicaciones intermitentes, excepto los de asbesto que pueden usarse para temperaturas de mas de 200° C.

Se emplean en forma de lámina, para fabricación de envases, cubiertas para mostradores y mesas, canales de desagüe, paredes livianas, pisos, lámparas, tapetes, etc., y para gran número de productos moldeados que antes se hacían de otros materiales. Los productos comerciales son: Formica, Aqualita, Celeron, Insurok, Syntano, Textolita, Vulcoide etc.



**HOJAS DE REVESTIMIENTO.**- Son hojas hechas de plástico, llamadas por esto enchapados plásticos, se venden en el comercio con una cubierta protectora de papel que se quita al remojarlos en agua, pegando la hoja a la superficie que se trata de enchapar, por medio de un cemento de secado lento. Se emplean para recubrir superficies de madera, metal, vidrio, etc. en muebles viejos o nuevos, decoración de puertas pianos, marcos de ventanas, paredes, etc.

En la Industria se aplican a la madera entrechapada, para dar una superficie laminada dura, prensándolas en caliente, dando así un producto útil y económico para moldes de hormigón que pueden usarse varias veces, dando un vaciado completamente liso. También se usan para cubiertas de balsas y yates, plataformas de instalaciones y equipos industriales, etc.

Se fabrican fondos de fibras plásticas para envases de acero, cartón, etc. algunos cementados contra el envase, otros formando parte de él y otros insertados.

**PANELES DE PANAL.**- Núcleos alveolados de papel o tela, formados por resinas fenólicas y de urea, pegadas juntas entre hojas de metales (aluminio, acero, etc.) de madera, plásticos y otros, aplicando vapor y dándole estructura de panal al conjunto y someténdolo al calor para estabilización. Se emplean para diseño de superficies, como aislamiento en aviones, refugios, refrigeradores, remolque y vagones, tapones decorativos, etc.

## CUBIERTAS PROTECTORAS

**GENERALIDADES.**- Con el objeto de protegerlos contra la acción de los agentes exteriores o simplemente de decorarlos los materiales empleados en la construcción se recubren comúnmente de sustancias que pueden ser: Metálicas, Inorgánicas u Orgánicas. La superficie que se va a cubrir debe estar perfectamente seca y limpia, para que la cubierta pueda adherirse fácilmente.

## A.- CUBIERTAS METÁLICAS.

Generalmente los metales se cubren electrolíticamente, produciendo un depósito de un metal (oro, plata, etc.) sobre las superficies metálicas empleadas como cátodo, por el paso de una corriente eléctrica a través de una solución conteniendo una sal del metal, también pueden recubrirse por inmersión en un baño del metal o aleación fundidos, por un tiempo conveniente, se emplea principalmente para metales y aleaciones de bajo punto de fusión, estañado, galvanizado, etc. Otros métodos consisten en atomizar el metal fundido y depositarlo en la superficie que se va a cubrir, generalmente empleando pistola de aire, tiene la ventaja de poder aplicarse en el lugar que se requiere, por lo tanto no está expuesto a deformación. Los depósitos producidos son más porosos, menos adherentes, gruesos y duros que los aplicados por otros métodos. (Los principales metales empleados son: Zinc, Estaño, Cromo, Cobre, Plomo y Aluminio. Algunos metales, sobre todo el aluminio y sus aleaciones pueden recubrirse de una capa protectora de óxido, tomándolas como ánodos en electrolitos apropiados de Acido Sulfúrico.

## B.- CUBIERTAS INORGANICAS NO METÁLICAS.

Las principales son los esmaltes de porcelana o vítreos. Se emplean para materiales ferrosos usados en equipo químico farmacéutico, alimenticio, en estufas, refrigeradores, etc. El acero esmaltado resiste a todas las sustancias, excepto a los álcalis fuertes y al HF. El esmalte se obtiene fundiendo una mezcla de Cuarzo o Feldespato, con Bórax, Espato fluor, Criolita, Litargirio, Carbonato de sodio, etc. y un 15% de agentes colorantes y opacantes (Estaño, Óxido de antimonio, etc.). Puede aplicarse por el proceso húmedo o seco, en cualquier caso hay que molerlo perfectamente y aplicarlo a la superficie, quemando después a una temperatura de 600° a 800°C. según el tipo de esmalte, por 5 a 15 m.

**C.- GENERALIDADES.**- Comprenden un gran número de productos, siendo los de mayor importancia para la práctica común, ya que no requieren un proceso especial en su aplicación, la cual puede ser con brocha, por atomización o por inmersión. Tienen la característica de formar una cubierta delgada (0.001 a 0.003"). Pueden agruparse en cuatro tipos principales: Pinturas, Barnices, Esmaltes y Lacas.

**MATERIAS PRIMAS.**- Pueden ser subdivididas en: Pigmentos, Aceites, Secantes, Solventes o Detergentes, Resinas y Derivados de Celulosa.

a).- **PIGMENTOS.**- Son sólidos finamente pulverizados, usados en suspensión en un vehículo, con el objeto de opacar la película, evitando la penetración de los rayos ultravioleta, al mismo tiempo que la refuerzan mecánicamente y le dan calor y poder cubriente.

Pueden estar formados por una sola o por varias sustancias -



**HOJAS DE REVESTIMIENTO.**- Son hojas hechas de plástico, llamadas por esto enchapados plásticos, se venden en el comercio con una cubierta protectora de papel que se quita al remojarlos en agua, pegando la hoja a la superficie que se trata de enchapar, por medio de un cemento de secado lento. Se emplean para recubrir superficies de madera, metal, vidrio, etc. en muebles viejos o nuevos, decoración de puertas pianos, marcos de ventanas, paredes, etc.

En la Industria se aplican a la madera entrechapada, para dar una superficie laminada dura, prensándolas en caliente, dando así un producto útil y económico para moldes de hormigón que pueden usarse varias veces, dando un vaciado completamente liso. También se usan para cubiertas de balsas y yates, plataformas de instalaciones y equipos industriales, etc.

Se fabrican fondos de fibras plásticas para envases de acero, cartón, etc. algunos cementados contra el envase, otros formando parte de él y otros insertados.

**PANELES DE PANAL.**- Núcleos alveolados de papel o tela, formados por resinas fenólicas y de urea, pegadas juntas entre hojas de metales (aluminio, acero, etc.) de madera, plásticos y otros, aplicando vapor y dándole estructura de panal al conjunto y someténdolo al calor para estabilización. Se emplean para diseño de superficies, como aislamiento en aviones, refugios, refrigeradores, remolque y vagones, tapones decorativos, etc.

## CUBIERTAS PROTECTORAS

**GENERALIDADES.**- Con el objeto de protegerlos contra la acción de los agentes exteriores o simplemente de decorarlos los materiales empleados en la construcción se recubren comúnmente de sustancias que pueden ser: Metálicas, Inorgánicas u Orgánicas. La superficie que se va a cubrir debe estar perfectamente seca y limpia, para que la cubierta pueda adherirse fácilmente.

## A.- CUBIERTAS METÁLICAS.

Generalmente los metales se cubren electrolíticamente, produciendo un depósito de un metal (oro, plata, etc.) sobre las superficies metálicas empleadas como cátodo, por el paso de una corriente eléctrica a través de una solución conteniendo una sal del metal, también pueden recubrirse por inmersión en un baño del metal o aleación fundidos, por un tiempo conveniente, se emplea principalmente para metales y aleaciones de bajo punto de fusión, estañado, galvanizado, etc. Otros métodos consisten en atomizar el metal fundido y depositarlo en la superficie que se va a cubrir, generalmente empleando pistola de aire, tiene la ventaja de poder aplicarse en el lugar que se requiere, por lo tanto no está expuesto a deformación. Los depósitos producidos son más porosos, menos adherentes, gruesos y duros que los aplicados por otros métodos. (Los principales metales empleados son: Zinc, Estaño, Cromo, Cobre, Plomo y Aluminio. Algunos metales, sobre todo el aluminio y sus aleaciones pueden recubrirse de una capa protectora de óxido, tomándolas como ánodos en electrolitos apropiados de Acido Sulfúrico.

## B.- CUBIERTAS INORGANICAS NO METÁLICAS.

Las principales son los esmaltes de porcelana o vítreos. Se emplean para materiales ferrosos usados en equipo químico farmacéutico, alimenticio, en estufas, refrigeradores, etc. El acero esmaltado resiste a todas las sustancias, excepto a los álcalis fuertes y al HF. El esmalte se obtiene fundiendo una mezcla de Cuarzo o Feldespato, con Bórax, Espato fluor, Criolita, Litargirio, Carbonato de sodio, etc. y un 15% de agentes colorantes y opacantes (Estaño, Óxido de antimonio, etc.). Puede aplicarse por el proceso húmedo o seco, en cualquier caso hay que molerlo perfectamente y aplicarlo a la superficie, quemando después a una temperatura de 600° a 800°C. según el tipo de esmalte, por 5 a 15 m.

**C.- GENERALIDADES.**- Comprenden un gran número de productos, siendo los de mayor importancia para la práctica común, ya que no requieren un proceso especial en su aplicación, la cual puede ser con brocha, por atomización o por inmersión. Tienen la característica de formar una cubierta delgada (0.001 a 0.003"). Pueden agruparse en cuatro tipos principales: Pinturas, Barnices, Esmaltes y Lacas.

**MATERIAS PRIMAS.**- Pueden ser subdivididas en: Pigmentos, Aceites, Secantes, Solventes o Detergentes, Resinas y Derivados de Celulosa.

a).- **PIGMENTOS.**- Son sólidos finamente pulverizados, usados en suspensión en un vehículo, con el objeto de opacar la película, evitando la penetración de los rayos ultravioleta, al mismo tiempo que la refuerzan mecánicamente y le dan calor y poder cubriente.

Pueden estar formados por una sola o por varias sustancias -



no susceptibles de reaccionar, estos últimos tienen mayor durabilidad, por presentar una baja porosidad y una mayor resistencia. Sus propiedades se ven afectadas por tres factores importantes, el volumen que ocupan en el producto terminado, el poder cubriente y el poder de absorción de aceite. El poder cubriente depende de la diferencia entre el índice de refracción del pigmento y el de las otras sustancias que forman la película (Se determina por prueba standard). El poder de absorción depende del aceite usado, de la distribución de tamaño de partículas y de la tensión de las interfaces entre el pigmento y el aceite, aire y agua. Se expresa en lbs. de aceite por cien de pigmento. Los pigmentos comunes pueden dividirse en tres tipos: De cuerpo, Coloreados y Extensores. También pueden dividirse por su color en: Pigmentos blancos, cafés, etc.

1.- Pigmentos de Cuerpo.- Son como su nombre lo indica los que le dan cuerpo a la película y por lo tanto a los que deben sus propiedades, impartiéndole su resistencia, y elasticidad, opacidad, firmeza, impenetrabilidad y durabilidad. Entre ellos se encuentran: Blanco de Plomo (forma jabones en parte con los aceites), Sulfuro de Zinc, Lithopone ( $ZnS+BaSO_4$  Oxidos de Titanio Zinc y Hierro, (No reaccionan con el vehículo). Algunos pigmentos tienen la propiedad de evitar la corrosión del hierro y acero, por lo que se emplean en pinturas anticorrosivas, entre ellos se encuentran: Rojo, Plomo, Zinc y Aluminio metálicos pulverizados, (reflejan además los rayos ultravioletados e infrarrojos del sol), Grafito y algo de Oxidos de hierro.

2.- Pigmentos coloreados.- Son usados principalmente para impartir color, aunque muchos de ellos contribuyen a dar duración y opacidad a las películas. Pueden ser inorgánicos y orgánicos. Los primeros pueden ser: Oxidos de hierro naturales o sintéticos (hechos de sales de hierro solubles), Oxidos de cobre (café) y Oxidos de mercurio (rojo), son tóxicos se emplean para fondos de barcos, Oxido hidratado de cromo, (Verde Guinea), Pigmentos Precipitados, entre ellos: Amarillo de Cromo, amarillo pálido a rojo profundo, (Cromatos básicos de plomo), Amarillo de Zinc (cromato de Zinc,) Amarillo cádmico (Sulfuro de Cadmio y Sulfato de Bario), Azul de Hierro (Ferrocianuros), Negro de carbón y Bronces metálicos.

3.- Pigmentos extensores.- Tienen la característica de que suspendidos en aceites secantes tienen poca o ninguna opacidad. Entre ellos se encuentran: Sulfato de Bario y Sílice, Silicato de Magnesio, Arcilla, Yeso, Carbonatos de Bario y Calcio, etc. Su principal papel es reforzar la película de pintura y disminuir su costo. Se les llama también pigmentos reforzadores, porque en cantidades pequeñas sirven para cubrir los defectos de otros pigmentos, pueden ser de dos tipos: Diluyentes, los que dispersos en aceite producen una pasta blanca, diluyendo otros colores para producir un tinte más ligero y los Pigmentos base, prácticamente transparentes en aceite, permitiendo a otros pigmentos que presenten su color. Los pigmentos pueden ser formados por una sola sustancia o por varias. Estos últimos tienen mayor durabilidad, por presentar una baja porosidad y una mayor resistencia a la película.

b).- ACEITES.- Son triésteres de la glicerina con los ácidos grasos, según su comportamiento al aire pueden ser Se

cantes o Semisecantes, según su origen pueden ser Vegetales o Animales. Los primeros son los de mayor importancia, se obtienen generalmente sometiendo a presión las semillas de ciertas plantas, a veces en caliente. Los aceites secantes expuestos al aire forman una película (por oxidación), bastante firme y dura, que no cambia de forma al presentarla con los dedos, en cambio la de los semisecantes es algo pegajosa. Su poder secante depende de la proporción de radicales ácidos de dobles ligaduras, susceptibles de oxidarse. Entre los principales aceites vegetales se encuentran: ACEITE DE LINAZA, (semilla de Lino), se usa crudo o calentado con algún secante (véase adelante), es de color amarillo claro recién obtenido y de sabor suave, extraído en caliente, o expuesto al aire se vuelve pardo amarillento; ACEITE TUNG, se obtiene de la nuez del Tung (árbol de China y Japón), es de color amarillo pálido o café oscuro y tiene un fuerte olor característico; ACEITE DE PERILLA, tiene una elevada tensión superficial, por lo que tiende a formar gotas en la superficie de la película, por lo cual debe mezclarse con otros aceites. ACEITE DE SOYA, es semejante al de Linaza, pero puede ser de color ligeramente más oscuro.

Entre los aceites animales pueden considerarse: ACEITE DE CASTOR DESHIDRATADO, de la destilación destructiva o catalítica del aceite de castor, se calienta para darle cuerpo y hacerlo semejante al aceite Tung; ACEITES DE PESCADO, son semisecantes, se emplean mezclados con otros aceites (linaza), para pinturas resistentes a la temperatura.

c).- VEHICULOS PARA LACAS.- Resinas o derivados de celulosa mezclados con líquidos orgánicos, uno o más solventes y un adelgazador apropiado. Para aumentar la flexibilidad de la película se le añade algún plastificante.

d).- VEHICULOS ACUOSOS.- Se usan para pinturas al agua fría y pueden ser lavables o pinturas de caseína, y no lavables o pinturas de calcimina. Ambos contienen lechada de cal y sal y un pigmento resistente a los álcalis, mezclados en los primeros con caseína y aceites emulsificados, y en los 2os. con carbonato de calcio.

e).- ADELGAZADORES.- Se añaden a las sustancias aumentando su poder de penetración y facilitando su manejo, permitiendo que los depositen a medida que se evaporan, dando así una película adherente, suave y continua, a menudo se usan mezclados, para variar su volatilidad, pueden ser de dos tipos: 1º.- Los que actúan como verdaderos solventes, y 2º.- Los que no disuelven y se llaman "Diluyentes". Estos se mezclan generalmente a los anteriores para disminuir su costo. Los más importantes son: Trementina, Derivados del Petróleo, Hidrocarburos destilados del alquitrán (benceno, tolueno, xileno), y Alcoholes Etilico y Metílico para las lacas. LA TREMENTINA se obtiene por destilación de la brea con vapor de agua, se conoce en la práctica con el nombre de "Aguarrás" es un líquido incoloro, insoluble en agua, algo volátil, dando tiempo a que desaparezcan las marcas de la brocha. Es de olor penetrante característico, agradable en pequeñas cantidades. Se oxida al aire. Se emplea para pinturas y barnices al aceite, pero no para los derivados de celulosa. Disuelve también los aceites, grasas y ceras minerales. LOS DERIVADOS DEL PETROLEO se emplean como sustitutos de la trementina, pero tienen la desventaja de su elevada volatilidad



comprenden: Eter de Petróleo, Naftas o gasolinas, etc. No son miscibles con el agua, pero se mezclan en todas proporciones con la mayor parte de los otros solventes orgánicos y aún de las resinas suaves. No disuelven el nitrato de celulosa.

f).- SECANTES.- Son sustancias que actúan como catalizadores en la oxidación del aceite y la polimerización, disminuyendo el tiempo de endurecimiento cuando se añaden en cantidades pequeñas (0.5% de Pb y 0.06% de Mn). La mayor parte son compuestos orgánicos de metales con varias valencias, principalmente Resinatos, Linoleatos y Naftenatos de plomo, manganeso, o vanadio, que se emplean incorporados con el aceite. También es buena práctica preparar un compuesto orgánico del metal disuelto en un adelgazador, llamándoles entonces "Secantes de Japan", teniendo este sistema la ventaja de que se puede regular muy bien la cantidad.

g).- RESINAS.- Sustancias que forman una película adherente cuando se depositan de su solución en solventes apropiados. Son en general amorfas, de fractura concoidea, frágiles y más o menos translúcidas en los bordes delgados. En general no cristalizan y poseen más bien un grado de suavización que un verdadero punto de fusión. El estado resinoso se debe a la polimerización de un compuesto, es decir, a la formación de grandes moléculas. Pueden ser Naturales y Artificiales o Sintéticas.

Resinas Naturales.- Con excepción de la goma laca, se originan de la exudación de gran número de árboles y plantas, como una protección contra heridas causadas accidental o intencionalmente, muchas fluyen espontáneamente. Recién exudadas son fluidas (balsamos) y solubles en gran variedad de solventes, pero al exponerlas al aire pierden el constituyente volátil y se oxidan, sufriendo el residuo una polimerización, aumentando su temperatura de fusión y disminuyendo su solubilidad con el tiempo de exposición. De esta manera pueden usarse gran variedad de resinas, desde los Balsamos hasta las Resinas fósiles, también se obtienen macerando o extrayendo con agua o alcohol las porciones del vegetal que las contienen reducidas a pequeños fragmentos y separando el disolvente por destilación. Generalmente sufren un proceso de refinación, privándolas de las esencias por arrastre con vapor de agua y de los mucílagos por disolución en alcohol y evaporación posterior de éste. Entre ellas se encuentran la Brea, goma laca y otras.

Resina.- (Colofonia o Brea).- Se obtiene de ciertas variedades de Pino, después de eliminar la trementina. Está formada principalmente por ácido abiético, su color varía desde el amarillo claro hasta el pardo oscuro, pertenece al tipo de resinas recientes. Su aplicación para pinturas y barnices no es directa sino que se transforma antes en algún derivado hidrogenado, oxidado o esterificado, se considera como un adulterante barato del aceite de linaza, dando películas frágiles, de poca resistencia al desgaste, que se vuelven blancas con el agua. Sin embargo, con el aceite Tung dan un excelente barniz, durable y a prueba de agua.

Goma Laca.- Proviene de las costras formadas sobre una variedad de árbol de la India por ciertos insectos de la familia de las Coccidas, los cuales succionan la savia y extraen una sustancia que la seca. Las incrustaciones crecen juntas y pueden cubrir toda la rama. Se lavan con agua caliente, se

secan al sol y se calientan en sacos de tela hasta fusión, pasando a través de ésta y aplastándose a mano en grandes hojas. La goma laca es soluble en alcoholes metílico y etílico (96%) insoluble en bencina, trementina, agua y ácidos. Es la mejor resina para barnices volátiles, por su dureza y elasticidad, dando cubiertas de baja permeabilidad y gran adherencia. Puede blanquearse disolviéndola en álcalis, tratándola con hipoclorito de sodio y precipitándola con ácido sulfúrico.

Otras resinas.- Elemi, Mastic, Sandarac y Dammar. Solubles en varios solventes y cuando se mezclan con resinas fósiles (ámbar), añaden tenacidad a la película, debido a su acción plastificante. En orden de edad les siguen los COPALES, que presentan gran variedad de grados en color, solubilidad y dureza, empleados extensamente en barnices, despolimerizándolos parcialmente por calentamiento antes de mezclarlos con otros aceites y resinas, y la RESINA KAURI, intermedia entre los copales y el ámbar, de gran variedad de color, dureza y solubilidad, y otras características físicas y químicas según su edad (miles de años).

Resinas Sintéticas.- (Véase Plásticos). Sustituyen muchas veces con ventaja a las resinas naturales y sobre todo son más baratas, por la gran abundancia de las materias primas empleadas (celulosas, petróleo, carbón, etc.). Hay varios cientos de estas resinas de interés en la industria, pero solamente se mencionarán algunas de gran aplicación en pinturas, barnices y lacas.

Resinas Fenólicas.- Destacan las Bakelitas de baja temperatura, masas viscosas o líquidas en caliente, solubles en varios disolventes, empleadas para barnices resistentes al calor y a los agentes químicos. Generalmente se emplean resinas fenólicas modificadas para hacerlas solubles, por Ej. El-Albertol, obtenido calentando fenol como formol y colofonia o con resinas naturales ácidas. También pueden obtenerse resinas solubles en aceites empleando en lugar del fenol derivados alquílicos y alílicos en orto o en para.

Resinas alquídicas.- Se obtienen de la condensación de poliácidos o sus anhídridos con polialcoholes. La principal es el Gliptal, que es un polímero de la Glicerina y el ácido Ftálico, variando el ácido y el alcohol pueden obtenerse una gran variedad de resinas termoplásticas o termoestables, que pueden modificarse con aceites secantes o no secantes, ácidos grasos u otra resina, dando tipos de gran variabilidad de características. Resinas Vinílicas.- Se emplean como Lacas, son compatibles con muchos disolventes.

h).- DERIVADOS DE LA CELULOSA.- Los más empleados son los nitratos, sobre todo un dinitrato con 12% de N, (o Piroxilina), se emplean disueltos en solventes poco volátiles (acetato de Butilo), dando lacas de secado rápido, para la industria de automóviles. Se mezclan con algún plastificante (Ftalato de dibutilo y fosfato de tricresilo).

#### D.- PRODUCTOS COMERCIALES.

(La combinación de las materias primas mencionadas da lugar a la formación de innumerables productos de propiedades muy diversas, los cuales pueden considerarse agrupados en 4 tipos fundamentales. Pinturas, Barnices, Esmaltes y Lacas.

PINTURAS.- Se definen como dispersiones de un "Pigmento en un secante, con adición de secantes y adelgazadores cuando se hace necesario, de tal modo que al ser aplicada a una su-



perficie forma al secar una cubierta adherente. Sin embargo, en la práctica se ha dado el nombre de pintura a dispersiones del pigmento en otros vehículos diferentes al aceite, y en general, para distinguirlas se menciona el nombre del vehículo: Pintura al aceite, Pintura de agua, Pinturas de caseína, de hule, etc. El método de obtención y las propiedades varían con el tipo de pintura, adaptándose su composición para usos muy diversos, desde las pinturas de aceite ordinarias, hasta pinturas anticorrosivas, a prueba de fuego, etc.

**BARNICES.** Difieren de las pinturas principalmente en que son soluciones casi homogéneas de resinas, las cuales al secarse forman una película transparente o translúcida. Pueden ser de dos tipos: Barnices de Aceite y Barnices volátiles. En los primeros la resina está disuelta en Aceite de Linaza y en los segundos en solventes volátiles, (Benzol, Alcohol, etc.) Se emplean cuando se desea un acabado de madera natural, son más duros y más impermeables a la humedad que la pintura, pero no están protegidos contra la luz, ni tienen poder cubriente y además no contienen pigmentos. Los barnices de aceite se obtienen fundiendo resinas y añadiendo aceite de linaza caliente; se deja cocer un poco hasta que adquiere las propiedades deseadas, añadiendo adalgazador. Se clasifican de acuerdo con su color o su resistencia al desgaste y al lustre, según su contenido de resinas. Puede considerarse un 3er. tipo de Barnices, los barnices "Japan", que contienen poco o nada de resina, pueden ser secantes, negros y coloreados. Los primeros son soluciones de Jabones metálicos en aceites secantes y adalgazador, se emplean sólo como un medio para añadir catalizadores a los aceites secantes, barnices y pinturas. Los negros contienen asfalto o alquitrán, dan un acabado más duro.

**ESMALTE.** Cuando un barniz se va a exponer a la luz solar o se desea cubrir algunos defectos, se le añade un pigmento, dispersándolo apropiadamente y entonces se le llama Esmalte para brocha. Si el esmalte puede aplicarse sobre metal y calentarse a alta temperatura se le llama Esmalte cocido, que no debe confundirse con el Esmalte vítreo, que es inorgánico.

**LACAS.** Son similares en apariencia a los barnices, pero son de composición muy diversa. En un principio la palabra se aplicó a barnices de secado rápido, pero las cubiertas producidas eran frágiles y de corta vida. El único barniz de este tipo que aún se utiliza es el Shellac, el cual es goma laca disuelta en alcohol. Modernamente se reserva este nombre para tres tipos diferentes de productos: Lacas de derivados de Celulosa, Lacas Chinas y Japonesas y Lacas Indias. Estas últimas no son de importancia. Las primeras se obtienen principalmente de nitrato de Celulosa (Piroxilina) con alguna resina y un solvente apropiado. Se utilizan para acabado exterior para automóviles, tejido de aviones, cuero, etc. Tienen la ventaja, sobre los barnices, de su velocidad de aplicación y de producir tipos de cualquier viscosidad.

INDICE ALFABETICO DE MATERIAS.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Vol. 1625 MONTERREY, PAg.

Nombre.	Pág.	Nombre	Pág.
A.-			
Aceites . . . . .	190	Cal Anhidra . . . . .	117
Aceros . . . . .	51, 60	" Hidratada . . . . .	119
Adelgazadores . . . . .	191	" Hidráulica . . . . .	124
Adobes . . . . .	85	Calcinación . . . . .	12
Aislantes al Calor . . . . .	171	" de las ca-	
Aislantes a la Electri-		lizas . . . . .	118
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "		"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	176	Calcita . . . . .	70
Aislantes al sonido . . . . .	173, 175	Calizas . . . . .	75
Aislantes de Silicone . . . . .	178	Cantos rodados . . . . .	81
Alabastro . . . . .	79	Caolines . . . . .	101
Aleaciones . . . . .	31	Capacidad eléctrica . . . . .	176
" de Solución		Carburización del Hierro . . . . .	52
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	35	Carburo de silicio . . . . .	104
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	34	Carcoma . . . . .	165
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	38	Cartón asfaltado . . . . .	113
Alquitranes . . . . .	109	Causas de destrucción	
Alto Horno . . . . .	17, 43	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	
Alúmina Fundida . . . . .	103	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	163
* Aluminio . . . . .	27	Cementación . . . . .	52
Aluminio-termia . . . . .	12	Cemento Portland . . . . .	126
Ambar . . . . .	177	" Lafarge . . . . .	124
Andesitas . . . . .	73	" Refractario . . . . .	108
Anfiboles . . . . .	69	" Sorel . . . . .	121
Apatito . . . . .	70	Cementos Hidráulicos . . . . .	123
Arboles . . . . .	145	Cloritas . . . . .	69
Arcillas . . . . .	82	Cobre . . . . .	23
" Refractarias . . . . .	101	Cocción de los ladrillos . . . . .	88
Arenas . . . . .	81	Combustibles . . . . .	16
Areniscas . . . . .	74	Comején . . . . .	165
Asfaltos . . . . .	110	Compuestos intermetáli-	
Ataque de la madera . . . . .	163	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	
" Químico de las-		"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	37
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	80	Concentración de minera-	
Azulejos . . . . .	97	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	11
B.-			
Bacterias . . . . .	163	Concretos . . . . .	136
Bakelitas . . . . .	187	" Especiales . . . . .	141
Baldosas . . . . .	93	" Refractarios . . . . .	108
Barnices . . . . .	193	Conductancia específica . . . . .	176
Barro-Blocks . . . . .	94	Conglomerados . . . . .	75
Basaltos . . . . .	74	Coníferas . . . . .	159
Bentonita . . . . .	101	Constante Dieléctrica . . . . .	176
Blocks de Concreto . . . . .	143	Constitución de los meta-	
Bloques Erráticos . . . . .	81	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	
" Huecos de Arci-		"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	59
"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	94	Constitución del Acero . . . . .	60
Brea . . . . .	192	" del Hierro-	
Brechas Pumíticas . . . . .	76	"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	63
Bronces . . . . .	39	Constituyentes minerales	
		"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	68
		"    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	19
		Convertidores . . . . .	192
		Copales . . . . .	187
		Copolímero . . . . .	172
		Corcho . . . . .	102
		Cromita . . . . .	167
		Creosota . . . . .	



perficie forma al secar una cubierta adherente. Sin embargo, en la práctica se ha dado el nombre de pintura a dispersiones del pigmento en otros vehículos diferentes al aceite, y en general, para distinguirlas se menciona el nombre del vehículo: Pintura al aceite, Pintura de agua, Pinturas de caseína, de hule, etc. El método de obtención y las propiedades varían con el tipo de pintura, adaptándose su composición para usos muy diversos, desde las pinturas de aceite ordinarias, hasta pinturas anticorrosivas, a prueba de fuego, etc.

**BARNICES.** Difieren de las pinturas principalmente en que son soluciones casi homogéneas de resinas, las cuales al secarse forman una película transparente o translúcida. Pueden ser de dos tipos: Barnices de Aceite y Barnices volátiles. En los primeros la resina está disuelta en Aceite de Linaza y en los segundos en solventes volátiles, (Benzol, Alcohol, etc.) Se emplean cuando se desea un acabado de madera natural, son más duros y más impermeables a la humedad que la pintura, pero no están protegidos contra la luz, ni tienen poder cubriente y además no contienen pigmentos. Los barnices de aceite se obtienen fundiendo resinas y añadiendo aceite de linaza caliente; se deja cocer un poco hasta que adquiere las propiedades deseadas, añadiendo adalgazador. Se clasifican de acuerdo con su color o su resistencia al desgaste y al lustre, según su contenido de resinas. Puede considerarse un 3er. tipo de Barnices, los barnices "Japan", que contienen poco o nada de resina, pueden ser secantes, negros y coloreados. Los primeros son soluciones de Jabones metálicos en aceites secantes y adalgazador, se emplean sólo como un medio para añadir catalizadores a los aceites secantes, barnices y pinturas. Los negros contienen asfalto o alquitran, dan un acabado más duro.

**ESMALTE.** Cuando un barniz se va a exponer a la luz solar o se desea cubrir algunos defectos, se le añade un pigmento, dispersándolo apropiadamente y entonces se le llama Esmalte para brocha. Si el esmalte puede aplicarse sobre metal y calentarse a alta temperatura se le llama Esmalte cocido, que no debe confundirse con el Esmalte vítreo, que es inorgánico.

**LACAS.** Son similares en apariencia a los barnices, pero son de composición muy diversa. En un principio la palabra se aplicó a barnices de secado rápido, pero las cubiertas producidas eran frágiles y de corta vida. El único barniz de este tipo que aún se utiliza es el Shellac, el cual es goma laca disuelta en alcohol. Modernamente se reserva este nombre para tres tipos diferentes de productos: Lacas de derivados de Celulosa, Lacas Chinas y Japonesas y Lacas Indias. Estas últimas no son de importancia. Las primeras se obtienen principalmente de nitrato de Celulosa (Piroxilina) con alguna resina y un solvente apropiado. Se utilizan para acabado exterior para automóviles, tejido de aviones, cuero, etc. Tienen la ventaja, sobre los barnices, de su velocidad de aplicación y de producir tipos de cualquier viscosidad.

INDICE ALFABETICO DE MATERIAS.

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
"ALFONSO REYES"  
Ed. 1625 MONTERREY, PAg.

Nombre.	Pág.	Nombre	Pág.
A.-			
Aceites . . . . .	190	Cal Anhidra . . . . .	117
Aceros . . . . .	51, 60	" Hidratada . . . . .	119
Adelgazadores . . . . .	191	" Hidráulica . . . . .	124
Adobes . . . . .	85	Calcinación . . . . .	12
Aislantes al Calor . . . . .	171	" de las ca-	
Aislantes a la Electri-		lizas . . . . .	118
. . . . . ciudad,	176	Calcita . . . . .	70
Aislantes al sonido . . . . .	173, 175	Calizas . . . . .	75
Aislantes de Silicón . . . . .	178	Cantos rodados . . . . .	81
Alabastro . . . . .	79	Caolines . . . . .	101
Aleaciones . . . . .	31	Capacidad eléctrica . . . . .	176
" de Solución		Carburización del Hierro . . . . .	52
sólida . . . . .	35	Carburo de silicio . . . . .	104
Eutécticas . . . . .	34	Carcoma . . . . .	165
No ferrosas . . . . .	38	Cartón asfaltado . . . . .	113
Alquitranes . . . . .	109	Causas de destrucción	
Alto Horno . . . . .	17, 43	de las maderas . . . . .	163
Alúmina Fundida . . . . .	103	Cementación . . . . .	52
Aluminio . . . . .	27	Cemento Portland . . . . .	126
Aluminio-termia . . . . .	12	" Lafarge . . . . .	124
Ambar . . . . .	177	" Refractario . . . . .	108
Andesitas . . . . .	73	" Sorel . . . . .	121
Anfiboles . . . . .	69	Cementos Hidráulicos . . . . .	123
Apatito . . . . .	70	Cloritas . . . . .	69
Arboles . . . . .	145	Cobre . . . . .	23
Arcillas . . . . .	82	Cocción de los ladrillos . . . . .	88
" Refractarias . . . . .	101	Combustibles . . . . .	16
Arenas . . . . .	81	Comején . . . . .	165
Areniscas . . . . .	74	Compuestos intermetáli-	
Asfaltos . . . . .	110	cos . . . . .	37
Ataque de la madera . . . . .	163	Concentración de minera-	
" Químico de las-		les . . . . .	11
Rocas . . . . .	80	Concretos . . . . .	136
Azulejos . . . . .	97	" Especiales . . . . .	141
B.-			
Bacterias . . . . .	163	" Refractarios . . . . .	108
Bakelitas . . . . .	187	Conductancia específica . . . . .	176
Baldosas . . . . .	93	Conglomerados . . . . .	75
Barnices . . . . .	193	Coníferas . . . . .	159
Barro-Blocks . . . . .	94	Constante Dieléctrica . . . . .	176
Basaltos . . . . .	74	Constitución de los meta-	
Bentonita . . . . .	101	les ferrosos . . . . .	59
Blocks de Concreto . . . . .	143	Constitución del Acero . . . . .	60
Bloques Erráticos . . . . .	81	" del Hierro-	
" Huecos de Arci-		de fundición . . . . .	63
lla . . . . .	94	Constituyentes minerales	
Brea . . . . .	192	de las rocas . . . . .	68
Brechas Pumíticas . . . . .	76	Convertidores . . . . .	19
Bronces . . . . .	39	Copales . . . . .	192
		Copolímero . . . . .	187
		Corcho . . . . .	1172
		Cromita . . . . .	102
		Creosota . . . . .	167



Nombre.	Pág.	Nombre	Pág.
Quarzo . . . . .	69, 177	Gabros . . . . .	72
Cubiertas Protectoras	143, 189	Glauconita . . . . .	70
Cubilotos - - . . . . .	18	Gneis . . . . .	78
Curvas de Solidificación . . . . .	33	Goma laca . . . . .	178, 192
		Grados y tamaños de maderas . . . . .	153
D.-		Granitos . . . . .	71
Defectos de la madera	151	Gravas . . . . .	81
Deshidratación de los Yesos . . . . .	115	Gres Cerámico . . . . .	79
Diabasas . . . . .	73	Gutapercha . . . . .	178
Diagramas de Equilibrio . . . . .	33	H.-	
" para aleaciones		Hidrometalurgia . . . . .	13
Hierro-Carbón . . . . .	58	Hierro bruto de fundición . . . . .	43
Diatomita . . . . .	22	" Dulce . . . . .	49
Dioritas . . . . .	72	Hierros Batidos . . . . .	59
Dolomita . . . . .	70	" de fundición . . . . .	63
E.-		" de Maleable . . . . .	66
Electrometalurgia . . . . .	13	" de Pudelado . . . . .	50
Electrotermia . . . . .	112	" Maleables . . . . .	49
Emulsiones de Asfalto . . . . .	79	" Soldados . . . . .	159
Enmohecimiento . . . . .	164	Hongos . . . . .	163
Erosión . . . . .	79	Hojas de Revestimiento plástico . . . . .	187
Esmaltes . . . . .	194	Hornos Anular de Hoffman . . . . .	90
Esferización . . . . .	62	" Bessemer . . . . .	19, 55
Estaño . . . . .	28	Hornos . . . . .	15
Estructura de Aleaciones . . . . .	31	" de Cuba . . . . .	17
" de la madera . . . . .	147	" de Cubilote . . . . .	18
" de las rocas ígneas . . . . .	71	" de Hogar Abierto . . . . .	16, 57
" de los metales ferrosos . . . . .	59	" de Mufla . . . . .	17
Expansita . . . . .	172	" de Reverbero . . . . .	16
F.-		" de Túnel . . . . .	90
Fabricación de Adobes . . . . .	86	" Eléctricos . . . . .	19
" de plásticos . . . . .	182	" Para Productos de Arcilla . . . . .	88
Feldespatoides . . . . .	69	" Rotatorios . . . . .	17
Feldespatos . . . . .	69	" Siemens Martín . . . . .	57
Fibra de Vidrio . . . . .	175	Hule . . . . .	177
Fibras de madera . . . . .	149	I.-	
Flotación . . . . .	12	Impermeabilizantes . . . . .	113
Fonolitas . . . . .	73	Impregnación de la madera . . . . .	168
Formas alotrópicas del Hierro . . . . .	59	J.-	
Fundición Atruchada . . . . .	66	K.-	
" Blanca . . . . .	66		
" Gris . . . . .	65		
Fungicidas . . . . .	168		

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
Lacas . . . . .	194	Metales no ferrosos . . . . .	23
Ladrillos . . . . .	91	Metalurgia . . . . .	11
" de cal y arena . . . . .	119	" en polvo . . . . .	14
" de corcho . . . . .	172	Micasitas . . . . .	78
" de escoria . . . . .	131	Mica . . . . .	176
" Flotantes . . . . .	120	Micas . . . . .	69
" no quemados . . . . .	105	Minerales de Hierro . . . . .	43
" ordinarios . . . . .	92	" Ferromagnesianos . . . . .	69
" porosos . . . . .	93	Moldeo de productos de Arcilla . . . . .	87
" Refractarios . . . . .	1106	" de Materiales plásticos . . . . .	182
" Silice . . . . .	101	" de Productos Refractarios . . . . .	100
" Vitrificados . . . . .	92	Morteros . . . . .	135
Lana mineral . . . . .	175, 177	" Refractarios . . . . .	107
Latones . . . . .	38	Mosaicos de Cemento Cocidos . . . . .	96
Lavas . . . . .	74	Mullita . . . . .	104
Linoleum . . . . .	170	M.-	
Lozas artificiales . . . . .	133	Madera Densificada . . . . .	161
Losetas . . . . .	93	" de desperdicio . . . . .	161
		" de Entrechapada . . . . .	160
		Maderas de Construcción Importantes . . . . .	155
		Magnesita . . . . .	174
		Magnesio . . . . .	30
		Magnetita . . . . .	43
		Maleabilización . . . . .	62
		Manufactura de Aceros . . . . .	51
		" de Cementos Hidráulicos . . . . .	12
		" de Cemento Portland . . . . .	127
		" de Productos Refractarios . . . . .	99
		Mármoles . . . . .	76
		Materiales aislantes . . . . .	171
		" Bituminosos . . . . .	109
		" Cementales . . . . .	109, 144
		" de Arcilla de cocción doble . . . . .	95
		" de Arcilla de cocción simple . . . . .	86
		" de cal y magnesia . . . . .	117
		" de Cemento y amianto . . . . .	132
		" de oxiclورو . . . . .	120
		" Ferrosos . . . . .	43
		" Metálicos . . . . .	11
		" Refractarios . . . . .	99
		" Mayólicas . . . . .	96
		N.-	
		Normalización . . . . .	61
		Níquel . . . . .	29
		O.-	
		Obsidiana . . . . .	73
		Obtención de Acero . . . . .	51
		" de Aleaciones . . . . .	31
		" de Alquitranes . . . . .	109
		" de Asfaltos . . . . .	110
		" de Cal Hidratada . . . . .	119
		" de Cemento Natural . . . . .	125
		" de Cemento Portland . . . . .	127
		" de Hierro de Fundición . . . . .	43
		" de Metales no Ferrosos . . . . .	23, 30
		" de Productos de Arcilla . . . . .	73
		" de Productos Refractarios . . . . .	99
		" de Hierros de Pudelado . . . . .	50
		" de Yesos Comerciales . . . . .	115
		Ocres . . . . .	43
		Olivinos . . . . .	69



Nombre	Pág.
P.-	
Panales de Panal . . . . .	188
Papel Ruberoide . . . . .	113
Parénquima de la Madera . . . . .	148
Piedra Pómez . . . . .	73
Piedras de Construcción . . . . .	67
Pigmentos . . . . .	189
Pintado de la Madera . . . . .	168
Pirometalurgia . . . . .	13
Piroxilina . . . . .	193
Piroxenos . . . . .	69
Pizarras . . . . .	78
Plásticos . . . . .	181-186
"    Laminados . . . . .	187
"    Refractarios . . . . .	107
"    Termoplásticos . . . . .	185
Plastificantes . . . . .	181
Plomo . . . . .	24
Porcelanas . . . . .	95 177
Porfidos . . . . .	73
Preparados Rituminosos . . . . .	112
Preparación del Concreto . . . . .	139
"    de Morteros . . . . .	135
Preservación de la mader - dera . . . . .	167
Principales Maderas . . . . .	155
Productos Aislantes . . . . .	171
"    de Aleaciones no Ferrosas . . . . .	38
"    de Arcilla . . . . .	85
"    de Asbesto Ce mento . . . . .	132
"    de Asfalto . . . . .	112
"    Bituminosos . . . . .	109
"    De Cemento . . . . .	131
"    de Concreto . . . . .	143
"    de Disgrega - ción de las Rocas . . . . .	79
"    de Plásticos . . . . .	187
"    de Yeso . . . . .	117
"    Refractarios . . . . .	105
"    Sanitarios . . . . .	97
Propiedades:	
"    de la Cal . . . . .	118
"    de la Madera . . . . .	154
"    de las Arci - llas . . . . .	84
"    de las Piedras . . . . .	67
"    de los Aceros . . . . .	62
"    de los Cemen - tos Hidráulicos . . . . .	124
"    de los Morte - ros . . . . .	137

Nombre	Pág.
Propiedades de los Plás ticos . . . . .	183
"    del Asfalto . . . . .	110
"    del Concre - to . . . . .	141
"    del Hierro - bruto de - Fundición . . . . .	47
"    del Hierro - Dulce . . . . .	51
Putrefacción de la Made ra . . . . .	163
Puzolanas . . . . .	76, 125
Q.-	
Quemado de Productos - de Arcilla . . . . .	87
R.-	
Recocido . . . . .	61
Refractarios . . . . .	101
"    de Mullita . . . . .	104
Regla de las Fases . . . . .	31
Resina . . . . .	192
Resinas . . . . .	172 192
"    Naturales . . . . .	192
"    Sintéticas . . . . .	178 193
Riolitas . . . . .	72
Rocas Igneas . . . . .	70
"    Metamórficas . . . . .	76
"    Plutónicas . . . . .	71
"    Sedimentarias . . . . .	74
"    Volcánicas . . . . .	72
S.-	
Secado de la Madera . . . . .	150
"    de Productos de - Arcilla . . . . .	87
Secantes . . . . .	191
Selenita . . . . .	115
Separación Magnética . . . . .	12
Serpentinas . . . . .	78
Shellac . . . . .	194
Sienitas . . . . .	72
Silicones . . . . .	178
Solidificación de los - metales . . . . .	32
"    de los - Aceros . . . . .	60
Soluciones de Asfalto . . . . .	79

Nombre	Pág.	Nombre	Pág.
T.-		U.-	
Talco . . . . .	70		
Tapial . . . . .	86		
Tejas . . . . .	94		
Templado . . . . .	62	V.-	
Teredo . . . . .	166	Variedades del Cemento - Portland . . . . .	129
Termitas . . . . .	165	Vehículos . . . . .	181
Terracota . . . . .	96	Vermiculita . . . . .	173
Tierra Vegetal . . . . .	82	Vasos . . . . .	148
"    Diatomácea . . . . .	82	Vidriado . . . . .	88
Tipos de Hornos . . . . .	116	X.-	
"    de Refractarios . . . . .	101	Xilolitas . . . . .	121
"    de Cements . . . . .	123	Y.-	
Tobas Volcánicas . . . . .	75	Yeso . . . . .	70
Tostación . . . . .	12	Yesos . . . . .	115
Traqueidas . . . . .	147	Z.-	
Traquitas . . . . .	73	Zirconia Estabilizada . . . . .	102
Trap-rocks . . . . .	74	Zinc . . . . .	25
Tratamiento mecánico de los Aceros . . . . .	63		
Tratamientos Térmicos . . . . .	38		
"    de Hierros y - Aceros . . . . .	61		
Trementina . . . . .	192		
Tubos Aislantes . . . . .	97		
"    de Arcilla . . . . .	93		
"    de Concreto . . . . .	143		

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

CENTRO GENERAL DE BIBLIOTECAS



CAPILLA ALFONSINA  
U. A. N. L.

Esta publicación deberá ser devuelta  
antes de la última fecha abajo indi-  
cada.


42200  
401841

NL  
620.1  
~~2623~~  
L975w

51203

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



