



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

“SELECCION DE REFRACTARIOS PARA UN
HORNO DE REVERBERO DE ALUMINIO”.

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a :
Ma. del Refugio Gómez Carranza

1977



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tesis 1977

NO. M-100 187

ECHA _____

ROC _____

S _____



PRESIDENTE: Prof. Liberto De Pablo Galán.

V O C A L: Prof. Manuel F. Guerrero Fernández.

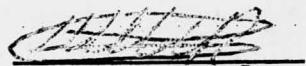
SECRETARIO: Prof. Víctor Pérez Amador.

1er.SUPLENTE: Prof. José Fco. Guerra Recasens.

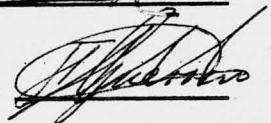
2do.SUPLENTE: Prof. Sergio Larios Santillán.

SE DESARROLLO EN: Instituto Mexicano del Petróleo.

SUSTENTANTE: María del Refugio Gómez.



ASESOR: Prof. Manuel F. Guerrero Fernández.



DEDICO ESTA TESIS A ESE SER MARAVILLOSO QUE ME IMPULSO Y LOGRO QUE PUDIERA SALIR DE LA MEDIOCRIDAD, GRACIAS A SU GRAN AYUDA.

A MI MADRECITA

EN MEMORIA DE MIS ADORADOS ABUELOS

A MIS QUERIDOS HERMANOS

SELECCION DE REFRACTARIOS PARA UN
HORNO DE REVERBERO DE ALUMINIO.

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

CAPITULO II.- CONCEPTOS DEL ALUMINIO.

- 1.- HISTORIA DEL ALUMINIO
- 2.- EL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES
- 3.- FORMAS DEL ALUMINIO
- 4.- PROPIEDADES DEL ALUMINIO
- 5.- APLICACIONES DEL ALUMINIO.

CAPITULO III.- ASPECTOS GENERALES DE LOS HORNOS DE ALUMINIO.

- 1.- TIPOS DE HORNOS
- 2.- CARACTERISTICAS DE LOS HORNOS
- 3.- SELECCION DEL CALENTAMIENTO MAS ADECUADO.
- 4.- FACTORES ECONOMICOS DEL CALENTAMIENTO EN LOS HORNOS DE FUSION.

CAPITULO IV.- REFRACTARIOS.

- 1.- SELECCION DE LOS REFRACTARIOS
- 2.- APLICACION DE LOS REFRACTARIOS
- 3.- JUNTAS DE EXPANSION
- 4.- CALCULO DE ESPESORES

CAPITULO V.- CONCLUSIONES.

CAPITULO VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

CAPITULO I

INTRODUCCION:

En la Industria Metalúrgica, uno de los metales más importantes debido a la gran proyección que está teniendo es el ALUMINIO, por lo que he elegido un tema referente a él.

El Aluminio es un metal blanco como la plata, inalterable como el oro, fácilmente fundible como el cobre, duro como el acero, maleable, dúctil y -- con la cualidad singular de ser más ligero que el vidrio.

El Aluminio se encuentra en grandes cantidades sobre la superficie del globo terrestre.

Su destino futuro como materia prima en todo tipo de aplicaciones industriales es indudable.

Uno de los principales puntos para la fabricación del Aluminio y sus diferentes aleaciones depende del horno de refusión, ya que ahí es donde se -- lleva a cabo este proceso.

Entre las condiciones más críticas de estos hornos tenemos el material refractario ya que una falla de éste ocasionaría graves problemas y pérdidas muy costosas a la fábrica donde se procesa.

Esta es una de las razones por las que esta Tesis se refiere a la selección más adecuada del MATERIAL REFRACTARIO.

CAPITULO II

CONCEPTOS DEL ALUMINIO.

1.- HISTORIA DEL ALUMINIO:

El Aluminio es un elemento metálico representado por el símbolo químico "Al" que ocupa el número 13 en la tabla periódica de los elementos y tiene una gravedad específica de 2.7.

Tiene un punto de fusión de 660°C, pero la adición de diferentes elementos aleantes modifica este punto, según el porcentaje de estos elementos presentes en la aleación. Mientras que la mayoría de los metales industriales se conocen desde hace mucho tiempo, la Historia del Aluminio apenas se remonta más allá del siglo último. El carácter tardío del descubrimiento de este metal obedece a diversas razones, si bien es el más extendido por la naturaleza después del Silicio, no se encuentra jamás en estado nativo; por otra parte, las rocas o tierras en las cuales se presenta, no ofrecen las características que llamaban la atención de los antiguos buscadores de minerales. Es cuando los investigadores hacían estudios de nuevas fuentes de minerales de hierro.

La bauxita orientó antiguamente por su aspecto a los buscadores de metales, no hacia el Aluminio, sino hacia el hierro.

El Aluminio no se encuentra en estado nativo-

como el metal puro. Por lo general se presenta como un compuesto químico en minerales extraordinariamente complejos. Existen cuatro compuestos naturales del Aluminio:

1. El corindón, una alúmina natural. La alúmina es el óxido de aluminio, Al_2O_3 . Por su gran dureza es muy estimado como abrasivo y por esta razón no se utiliza para la extracción de aluminio.
2. La criolita, un fluoruro doble de aluminio y sodio ($AlF_3 \text{ } ^\circ \text{ } _3NaF$). Se utilizó en un principio como mineral y luego como solvente en la electrólisis de la alúmina (proceso Hall-Hérout). Casi el único lugar en que se encuentra la criolita en cantidades comerciales es en la costa occidental de Groenlandia cerca de Ivigtut. En la actualidad se puede producir por procedimientos sintéticos.
3. El caolín o arcilla de China ($Al_2O_3 \cdot \cdot \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) es esencialmente un bisilicato puro. El caolín se descarta como fuente de aluminio por dos razones principales: su contenido de alúmina suele ser demasiado bajo por lo general y el de silicatos demasiado alto.
4. La bauxita. Debido a ciertos requisitos de los procesos metalúrgicos actuales, casi el único mineral del que se extrae comercialmente el aluminio es la bauxita. La bauxita es el nombre que se da a un mi

neral que contiene como componente de importancia el óxido hidratado de aluminio. Es llamada así por la Ciudad de Le Baux, - en el sur de Francia, lugar donde se encuentran algunos de los mayores yacimientos conocidos de este material.

Las bauxitas comerciales son de dos tipos: el Mediterráneo o monohidrato ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), conocida también con el nombre de boehmita, y el del Caribe o trihidrato ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), llamada también gibbsita. La bauxita comercial debe contener como mínimo 50% de alúmina (Al_2O_3) y menos del 7% de sílice. - El contenido metálico de un buen mineral de aluminio está comprendido entre el 25 y el 32%. Una bauxita típica contiene de 55 a 65% de alúmina, del 2 al 10% de SiO_2 , del 2 al 20% de Fe_2O_3 , 1 al 3% de TiO_2 , y 10 a 30% de agua químicamente combinada. - Como ocurre con los demás minerales los límites de tolerancia de los de aluminio están determinados -- por los procesos aplicables de purificación y de reducción, sus costos más los incidentales a la preparación del producto para el mercado y su distribución y los precios que tienen los productos acabados. Por ésto se requiere un mínimo de contenido de aluminio y un máximo de determinadas impurezas.

Durante mucho tiempo el proceso Bayer ha sido el principal determinante de Las bauxitas que se -- pueden considerar como comerciales, y aún cuando -- continúa teniendo gran influencia, los avances considerables en la tecnología del aluminio realizados durante la segunda Guerra Mundial han hecho que las

especificaciones de los minerales de aluminio sean menos estrictas.

No toda la bauxita se utiliza para la producción del aluminio, se necesita el 46% para su obtención. El resto se usó en la fabricación de abrasivos (24%) productos químicos (23%), y otras aplicaciones (7%) incluyendo en esta categoría al cemento, medios de absorción, refractarios, materiales aislantes y fundentes para los aceros ligados. Naturalmente, durante la guerra se convirtió en aluminio una proporción mayor de bauxita.

Antes de que la bauxita se pueda convertir en alúmina se somete a varios tratamientos, como sigue:

La bauxita obtenida de las minas es una mezcla de material fino y grueso. También contiene una cantidad variable de arcilla, en la que existe un elevado porcentaje de óxido de silicio o sílice. Hay que moler los gruesos y eliminar la humedad de la bauxita. El mineral que proviene de las minas se transporta a una Planta cercana para someterlo a un tratamiento inicial.

En la planta de beneficio se pasa el mineral por quebradoras potentes que trituran los terrones grandes.

Unos transportadores de banda llevan la bauxita triturada a tolvas de mineral. A veces es económico mejorar la calidad de la bauxita cribándola y lavándola, con lo cual se elimina la mayor parte de la arcilla fina.

A veces se puede eliminar parcialmente el óxido de hierro por métodos magnéticos y experimentos recientes indican que se puede mejorar la calidad de algunas bauxitas por métodos de flotación semejantes a los utilizados en gran escala en la preparación de los minerales metálicos. Si hay que -- transportar la bauxita a distancias apreciables, -- bien sea por ferrocarril o por barco, es generalmente económico secar el mineral antes de su embarque. En este caso la bauxita pasa de las tolvas a hornos secadores para eliminar la humedad. Entonces queda lista para su embarque con destino a otras plantas, no para reducirla directamente a aluminio, sino para someterla a tratamientos posteriores.

Durante muchos años y en diferentes países se han llevado a cabo trabajos para encontrar un método que permita extraer el aluminio de otros materiales que lo contienen distintos de la bauxita. Estos trabajos tuvieron especial importancia durante la segunda Guerra Mundial, cuando la insuficiencia de las reservas de bauxita produjeron una peligrosa escasez en la fabricación de aviones. Sin embargo, no parece que se haya encontrado un sustituto real del proceso Bayer, es decir, de la bauxita, al menos por el momento.

EL PROCESO BAYER Y PERFECCIONAMIENTOS RECIENTES. - El proceso de refinación de la bauxita para producir alúmina pura fue desarrollado en 1889 por el químico alemán Karl Josef Bayer.

Las impurezas del mineral que no son atacadas por la sosa permanecen en forma sólida y se elimi--

nan de la solución de aluminato sódico cuando ésta se bombea de los digestores a filtros prensas. La solución pasa por los filtros, mientras que las impurezas se quedan en ellos como residuos. A éste se le da comúnmente el nombre de "lodo rojo".

El proceso Bayer establece limitaciones muy definidas en la calidad de los minerales que se pueden tratar; en particular no admite el uso de arcillas que contengan grandes cantidades de sílice.

La razón de ello queda clara si se tiene en cuenta que la arcilla es atacada por la solución de sosa cáustica formando un silicato de sodio, que a su vez reacciona con el aluminato sódico para dar lugar a un silicato doble de aluminio y sodio, insoluble. Así pues, la sílice contenida en la arcilla no sólo reduce la cantidad de alúmina que se puede obtener de la bauxita, sino que absorbe sosa cáustica de la solución de purificación, aumentando en consecuencia el costo de la purificación.

Después de pasar por los filtros prensa, la solución de aluminato de sodio se bombea a los tanques de precipitación, cuya altura es equivalente a la de un edificio de cinco a seis pisos. Al enfriarse la solución lentamente en estos tanques se van depositando pequeños cristales de hidróxido de aluminio, de aquí que se les dé el nombre de tanques de precipitación:

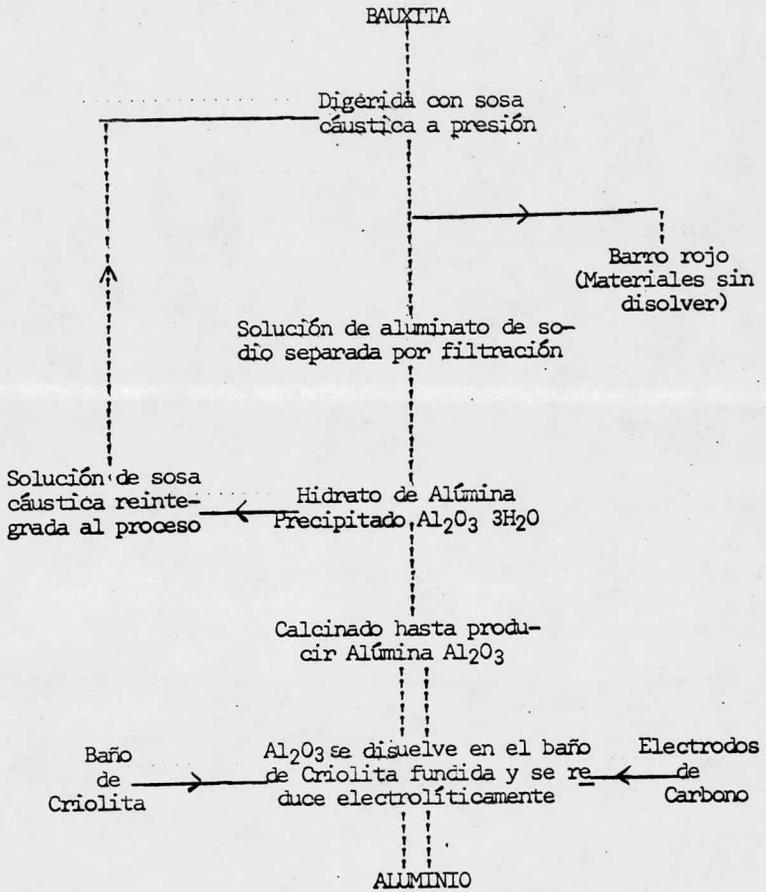


La solución permanece en los tanques de precipitación

pitación hasta que se haya completado el proceso y después el hidróxido de aluminio (hidrato de alúmina) se transfiere a otros tanques de lavado para -- eliminar la sosa cáustica. La solución de sosa -- cáustica se bombea entonces de nuevo a los digestores para aprovecharla con otra carga de bauxita, -- mientras que el hidróxido de aluminio, que no es -- otra cosa que óxido de aluminio combinado químicamente con agua, se calienta al rojo blanco en grandes hornos rotatorios para eliminar el agua combinada y modificar el carácter del material para impedir que pueda reabsorber la humedad del aire.

Como se dijo antes, el proceso Bayer se suplementó durante la guerra con el proceso "combinación" para poder utilizar minerales de bauxita de baja -- ley, con un contenido de aluminio por debajo del nivel normal y con un contenido de sílice excesivo. -- En este proceso, el "barro rojo" se calcifica con -- piedra caliza y carbonato de sodio. Este proceso -- se aplica en la planta de Alcoa en East St. Louis, -- Illinois, y en Hurricane Creek, Arkansas.

OBTENCION DEL ALUMINIO POR REDUCCION DE LA -- ALUMINA.- Para convertir el polvo de alúmina en aluminio metálico se necesita energía eléctrica. La -- reducción tiene lugar en hornos o celdas eléctricas rectangulares, formados por cajas de acero recubiertas con carbón. El carbón sirve como cátodo, y la corriente entra a cada celda por medio de ánodos de carbón suspendidos de barras colectoras. En cada -- taller de reducción se encuentran largas filas de -- celdas electrolíticas, capaces, cada una de ellas, -- de producir unos 340 kilos de aluminio al día.



El éxito en la operación del proceso Hall-Héroult se basa en el hecho de que la alúmina disuelta en criolita fundida es descompuesta por la corriente eléctrica sin producir cambios en el solvente. Primero se introduce en la celda electrolítica el material para el baño de criolita. Cuando lo ha fundido el paso de la corriente eléctrica se añade la alúmina y se disuelve en la criolita; y al pasar la corriente, la alúmina se descompone en sus elementos constitutivos, aluminio y oxígeno. El oxígeno que se desprende en los ánodos, se combina con el carbono y escapa por la costra del baño. El aluminio se deposita en el fondo de la celda (cátodo) y ahí permanece en forma de una capa fundida. Se saca de la celda pasándolo a grandes cucharones de mezcla y se vacía en lingotes, cada uno de los cuales pesa aproximadamente 22.7 kilogramos. El baño de criolita no sufre por la descomposición de la alúmina; de aquí que el proceso sea continuo, añadiéndose alúmina al baño de vez en cuando.

Cuando se extrae el metal de las celdas electrolíticas, todavía contiene algunas impurezas y material de baño. Por esta razón el lingote de aluminio tiene que someterse a otra operación de fusión para eliminar estas impurezas no metálicas. Si se desea fabricar aleaciones y no aluminio puro, pueden obtenerse durante el proceso de segunda fusión. Los principales elementos de aleación son el cobre, silicio, magnesio, manganeso, zinc, níquel, hierro y más recientemente el cromo. Después de la segunda fusión, el metal se convierte en lingotes para su uso en la industria. La cantidad varía de acuer

do con el contenido del mineral. Es preferible la bauxita de alta ley, es decir, mineral con un bajo contenido de sílice.

PROCEDIMIENTO SAINTE-CLAIRE DEVILLE.- Después de haber utilizado en primer lugar, para su proceso de fabricación del aluminio, la alúmina obtenida -- por calcinación del alumbre amoniacal, Sainte-Clair Deville llevó a término entre 1856 y 1860 un método de preparación de alúmina a partir de la bauxita.

Este procedimiento fue utilizado y perfeccionado durante todo el período 1860-1890, en la fábrica de Salindres de la Sociedad A.R. Pechiney, que tuvo prácticamente el monopolio mundial de la fabricación del aluminio químico; por ello, se le designaba con frecuencia bajo el nombre de Deville-Pechiney. La fabricación constaba de tres operaciones fundamentales:

Cocción, a 1000-1100°C de una mezcla de bauxita molida y carbonato sódico, con objeto de transformar selectivamente la alúmina del mineral en aluminato de sodio soluble, mientras las impurezas permanecían insolubles.

Lixiviación por medio del agua del producto cocido, seguida de la separación por filtrado de la solución clara de aluminato de sodio.

Precipitación, por medio de gas carbónico, -- del trihidrato de alúmina que a continuación era --

filtrado, lavado y calcinado.

Fuera de Francia, pero mucho más tarde, algunas fábricas aplicaron el mismo procedimiento, en particular la fábrica Bergius de Goldschmieden (Silesia). Esta fue la fábrica que produjo la alúmina utilizada al principio por Héroult en Neuhausen y después en Froges.

El punto débil de este procedimiento Deville-Pechiney era, además del costo relativamente elevado de la cocción, la onerosa recuperación del carbonato sódico contenido en las aguas madres de carbonatación.

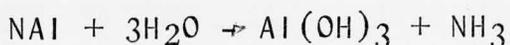
Después de la implantación del proceso Bayer, aún sobrevivió el proceso Deville bajo su forma primitiva durante muchos años en diversas fábricas en Salindres, donde no se abandonó el proceso definitivamente hasta 1923; en la fábrica Bergius de Goldschmieden, que pasó bajo el control suizo de L'Aluminium Industrie AG de Mundenheim, cerca de Ludwigshafen, en una fábrica de la Sociedad Giuliani, en Honningen, cerca de Coblenza, donde existía un yacimiento natural de CO_2 .

Al mismo tiempo nacía en Francia una variante del proceso, introducida por Peniakoff; consistía en reemplazar parcial o totalmente, para la cocción el Na_2CO_3 por una mezcla de Na_2SO_4 y carbón. Ensayando en Givors a principios de siglo, el procedimiento fue aplicado a partir de 1908-1909 en dos fábricas en Mennesis (Aisne) y en Selzaete (Bélgica);

estas dos fábricas fueron destruidas al comienzo de la guerra de 1914-1918, pero la técnica Peniakoff - subsistía en el desarrollo de la fábrica Giulini, - que la aplicaba aún en el transcurso de la segunda-Guerra Mundial.

Los principios del procedimiento Deville-Pechi-ney constituyen todavía la base de aplicaciones importantes en la industria actual de la alúmina; combinación con el proceso Bayer para el tratamiento - de las bauxitas silicosas, procedimiento de ataque-con sosa, tratamiento de nefelinas.

PROCEDIMIENTO SERPEK.- En 1909, el químico -- checo Ottokar Serpek patenta la fabricación simultánea de alúmina y amoníaco por medio del nitruro de aluminio que él prepara por calentamiento a 1400°C, de una mezcla de bauxita y carbón, en atmósfera de nitrógeno. El nitruro se descompone pronto por - medio del agua:



Al obtenerse el nitruro a partir del nitrógeno del aire, esta reacción constituía una síntesis del amoníaco que presentaba un gran interés, en - 1909, época en que los procedimientos Haber, Claude o Casal, de síntesis directa no eran conocidas todavía.

Reemplazando el agua por una solución de aluminato de sodio residual de una descomposición Bayer, se obtenía además de NH_3 que se recoge en el -

ácido sulfúrico para preparar sulfato de amonio, -- una lejía de aluminato rica en Al_2O_3 y, por consi-- guiente, responsable inmediatamente de la descompo-- sición Bayer, este tratamiento húmedo se efectúa fá-- cilmente a $100^\circ C$. La compañía Alais y Camargue se-- interesó por este procedimiento y tomó una importan-- te participación en la Societé Generale des Nitru-- res. Paul Héroult lo condenó formalmente desde el-- principio. Después de continuos ensayos desafortu-- nados de 1910 a 1913, se comprobó que la prepara-- ción del nitruro de aluminio es extremadamente difí-- cil:

En Salindres, no resistirán los revestimien-- tos de los hornos y ocurrirá lo mismo en el gran -- horno eléctrico rotatorio construido en Saint-Jean-- de Maurienne. En 1913 se abandonaron definitivamen-- te las pruebas y la fábrica de Arandal (Noruega), -- perteneciente a la Sociedad Noruega de los Nitruros, -- fue afectada en la fabricación de aluminio.

PROCEDIMIENTO DE ALUMINATO DE CAL.- Procedi-- miento de Gardanne de la Societé Froges.- Se utili-- zó como producto intermedio, el aluminato de calcio obtenido por cocción a unos $1200^\circ C$ de una mezcla de bauxita y de caliza. Este aluminato de calcio pue-- de ser transformado fácilmente en aluminato de so-- dio por tratamiento con licores de aluminato de so-- dio descompuestos y parcialmente carbonatados, lo -- que elimina teóricamente la evaporación. Este pro-- cedimiento presenta además la ventaja de reducir -- las pérdidas químicas de sosa, que provienen esen-- cialmente, en las fabricaciones Deville y Bayer, de

la formación de un silico-aluminato de sodio insoluble.

En 1912 para ampliación de la fábrica de Gardanne, en la que siempre funcionaba un taller Bayer, se adoptó el procedimiento del aluminato de cal; -- funcionó de 1912 a 1922, produciendo unas 20,000 T. de alúmina.

Tras una comparación profunda efectuada en el momento de la fusión de las dos sociedades constituyendo una nueva compañía, Alais, Froges y Camargue, denominada más tarde Pechiney. Este taller se cerró definitivamente ya que el precio de la alúmina-producida era muy superior a la conseguida por el procedimiento Bayer.

Procedimiento Pedersen.- El profesor danés Harold Pedersen depositó a partir de 1926, una serie de patentes relativas a un procedimiento de fabricación de alúmina basada igualmente en la utilización de aluminato de calcio, que preparaba en un horno eléctrico a 1500-1600°C, en medio reductor, de manera que separaba por fusión el óxido de hierro de la bauxita; después trataba este aluminato con una solución diluida de carbonato sódico (contenido inferior a 30 g/l de Na_2CO_3) a unos 45°C aproximadamente. La producción industrial según este procedimiento fue realizada en Noruega en 1928 por la A.S. Norsk Aluminium en su fábrica de Hoyanger. La fábrica de 5000 T por año al principio, aumentó su producción en casi 20,000 T. por año en el curso de

la segunda Guerra Mundial; esta fábrica que se mantiene hoy en funcionamiento constituye la única de Noruega y la única en el mundo que utiliza este procedimiento para fabricar alúmina.

El procedimiento Pedersen es un gran consumidor de energía, siendo del orden de 4000 Kwh por tonelada de alúmina; por consiguiente, este procedimiento sólo será rentable en aquellas regiones donde la energía eléctrica es barata. Esto es lo que limitó su generalización. Presenta la ventaja de permitir el tratamiento de las bauxitas con diásporo, difícilmente atacables por el procedimiento Bayer.

Procedimientos diversos.- A los dos procedimientos reseñados anteriormente es necesario añadir los que cambian las técnicas particulares de cada uno de ellos, es decir, la preparación del aluminato de cal por cocción en horno rotativo, por una parte, y la extracción de la alúmina por soluciones de Na_2CO_3 diluída por otra. Se han efectuado numerosos estudios sobre estos procedimientos en Francia (Séailles), en Alemania (Dickeroff), en Estados Unidos (Bureau of Mines), considerando sobre todo el tratamiento de materias primas muy silíceas. - Alguno de ellos no ha pasado de ser aplicado en fábrica-piloto de mayor o menor importancia.

PROCEDIMIENTO CAL-SOSA.- Hacia 1930 la industria de la alúmina fue introducida en la URSS, con la ayuda técnica francesa, en forma de procesos aplicables a las bauxitas muy silíceas, que eran --

las únicas conocidas en Rusia por aquella época. -
Se utilizó entonces:

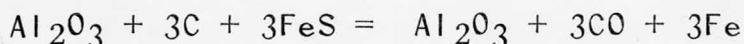
El procedimiento "cal-sosa", generalización y ampliación del Deville-Pechiney, en que una parte - del carbonato sódico se sustituye por caliza, para fijar la sílice de la bauxita en la cal. Este procedimiento fue aplicado sucesivamente en las fábricas de Volkov y de Tikhvine, pudiendo tratarse las bauxitas de Tikhvine (región de Leningrado).

Se utilizó también un proceso electrotérmico del aluminato en el aluminato de cal, inspirado en el de Pedersen, por el cual se obtenía como subproducto del ferrosilicio en lugar de fundición. Este procedimiento fue utilizado en Zaporojie y en Dniepropetrovsk entre 1932 y 1941. Entre tanto, se encontraron bauxitas de calidad más normal en los Urales y este procedimiento no se desarrolló. Ha sido el procedimiento Bayer, combinado con el procedimiento cal-sosa, el que ha asegurado el aumento de producción de alúmina en la URSS antes de 1939.

El procedimiento cal-sosa utilizado y perfeccionado ha conducido de manera natural al proceso de tratamiento de la nefelina, silicato doble de -- aluminio y de metal alcalino (NaK) que utiliza las mismas bases técnicas.

PROCEDIMIENTO HAGLUND.- Este procedimiento ha sido ensayado a escala reducida en Alemania por la Vereinigte Aluminium Werke y más tarde, hacia 1930, - montada a escala industrial en Italia por la Sociedad Montecatini.

Consistía en someter al mineral, en general - una bauxita silíceas a una fusión reductora en presencia de pirita, acompañada de compuestos de hierro, siendo el coque el agente reductor. Esta operación fue realizada en un horno eléctrico de marcha continua. Así se obtenía, por una parte, una ferroaleación (sobre todo ferrosilicio); por otra, una escoria constituida por un "oxisulfuro" de aluminio, conteniendo de 20 a 40% de sulfuro procedente de la reacción:



La función del sulfuro de aluminio era rebajar notablemente el punto de fusión de la alúmina.

La ferroaleación y la escoria de oxisulfurose colaban por separado. Después del enfriamiento de este último, durante el cual la alúmina cristalizada en estado de corindón, era triturada, después era lavada con agua para separar el corindón y volver a transformar el Al_2O_3 en $\text{Al}(\text{OH})_3$ de difícil recuperación. Se habían previsto igualmente otras de talladas purificaciones.

La alúmina así obtenida contenía poco SiO_2 -- (0.02%), pero quedaba bastante cargada en Fe_2O_3 -- (0.5%) y sobre todo en TiO_2 (0.10%). Además, como se presentaba en cristales demasiados gruesos, se disolvía mal en los baños de electrólisis y sobre todo no formaba, en las superficies de estos baños - la capa uniforme térmicamente aislante que se obtiene con la alúmina Bayer. El procedimiento Haglund,

que no puede compararse con el procedimiento Bayer, fue abandonado en 1936.

CORINDON ELECTROTERMICO.- De hecho, el procedimiento Haglund fue un medio que no progresó para preparar la alúmina pura bajo la forma de corindón por vía electrotérmica. Las primeras tentativas en este sentido son muy antiguas: desde 1910 la Sociedad Francesa Froges ensayó en su fábrica de Argentiére (Alpes Altos) y Alcoa experimentó durante largo tiempo por el mismo camino. La causa principal fue la insuficiente pureza del producto y su forma física poco favorable a la electrólisis.

En el curso de estos últimos años, la Compañía Pechiney ha resuelto la cuestión y ha aplicado el proceso en la fábrica-piloto de Noguères; el corindón obtenido es de una pureza comparable a la de la alúmina Bayer y sus propiedades físicas van bien, particularmente para su utilización en el nuevo procedimiento de reducción directa para la obtención del aluminio.

2.- EL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES:

El aluminio metálico que se produce mediante los modernos procesos de reducción se obtiene en -- las tinas electrolíticas, con un contenido de pureza mínima de 99.5%. El 0.5% restante consiste en -- residuos de otros elementos que el proceso de reducción no pudo remover. De este aluminio básico puede producirse "una gran familia de aleaciones". Un proceso intenso de refinación puede producir aluminio de alta pureza, hasta de 99.99%, que se utiliza como catalizador en la producción de gasolina de alto octanaje y para piezas de joyería; en forma de -- "foil" se emplea vastamente en la Industria Electrónica.

Sin embargo, la mayor parte del aluminio se -- emplea en forma de aleaciones. A continuación en-- listamos algunos de los principales metales alean-- tes y sus efectos sobresalientes.

Cobre: Hace a las aleaciones tratables térmicamente e incrementa la fuerza y la dureza.

Magnesio: Incrementa la resistencia a la tensión, la resistencia a la corrosión en atmósferas -- marinas, la dureza y la facilidad para soldarse.

Manganeso: Incrementa los esfuerzos naturales y la resistencia a la corrosión.

Silicio: Hace descender el punto de fusión, -- incrementa la facilidad para fundirse y, en combinación con el magnesio, produce aleaciones tratables--

térmicamente con una buena ductibilidad y resistencia a la corrosión.

Zinc: Tiende a aumentar la dureza, y en combinación con reducidos porcentajes de magnesio, produce aleaciones tratables térmicamente, con un alto grado de resistencia.

Además de los elementos aleantes mencionados arriba, pueden agregarse muchos otros elementos metálicos, para mejorar las propiedades de los grupos básicos de las aleaciones o para proporcionar efectos especiales. Ejemplos representativos incluyen:

- a).- El bismuto, el plomo y el estaño, imparten una mejor maquinabilidad.
- b).- El berilio mejora las características de soldadura y vaciado.
- c).- El boro ayuda a incrementar la conductividad eléctrica.
- d).- El cromo, el zirconio y el vanadio se utilizan para producir efectos especiales.
- e).- El níquel imparte una mayor fuerza a temperaturas elevadas.
- f).- El titanio ejerce un poderoso efecto de refinación de grano, lo que mejora la resistencia y la ductibilidad.

BLOQUES DE ALUMINIO PARA TRATAMIENTO MECANICO.- Aleaciones de aluminio-serie 1000. Estas aleaciones están formadas básicamente con aluminio puro y un contenido máximo del 1% de otros elementos. -

Entre sus principales propiedades están la de su facilidad para adquirir formas diversas y para soldarse, así como para lograr buenos acabados; es muy alta su conductividad eléctrica y su resistencia a la corrosión; su resistencia es limitada.

Se le usa habitualmente en reflectores, intercambiadores de calor, en aplicaciones arquitectónicas y en adornos para la decoración.

ALEACIONES DE ALUMINIO/COBRE-SERIE 2000.- El cobre es el principal ingrediente aleante en este grupo. Las aleaciones de esta serie pueden superar en más de 50% la resistencia a la tensión de aceros templados. La resistencia a la corrosión y la facilidad de soldarse son limitadas.

Algunas aleaciones de esta familia tienen una maquinabilidad superior y otras son particularmente adecuadas para partes y estructuras que requieren - una alta resistencia con relación a su peso, por lo que son comúnmente utilizadas para construir carrocerías "trailers", partes estructurales de aviones - y para cuando se requiere una buena resistencia a - temperaturas elevadas.

ALEACIONES DE ALUMINIO/MANGANESO-SERIE 3000.- La adición de aproximadamente el 1% de manganeso, - produce aleaciones de aluminio que tienen cerca del 20% de resistencia más, que el aluminio puro comercial, conservando un alto grado de facilidad de trabajo. La aleación 3003 es "el caballito de batalla" de la industria y sus usos finales típicos incluyen utensilios de cocina, intercambiadores de calor, --

tanques de almacenamiento, techos, muebles, señales de carreteras y numerosas aplicaciones arquitectónicas.

ALEACIONES ALUMINIO/SILICIO-SERIE 4000.- La adición de silicio en proporciones de más del 12% produce aleaciones de aluminio particularmente adecuadas como material para soldaduras, por su bajo punto de fusión. Las aleaciones de aluminio con silicio se usan para producir piezas fundidas en las que el silicio imparte alta fluidez al metal fundido que se está vaciando. Para usos arquitectónicos esas aleaciones se anodizan rápidamente para dotarlas de coloraciones que van del gris al negro.

La aleación para forja 4032 proporciona un bajo coeficiente de expansión térmica y alta resistencia al desgaste.

ALEACIONES ALUMINIO/MAGNESIO-SERIE 5000.- Cuando se agrega del 0.3 al 5% de magnesio, las aleaciones resultantes tienen una resistencia que varía según su contenido, buena facilidad para soldarse y generalmente buena resistencia a la corrosión en atmósferas marinas. Los usos de esta aleación son frecuentes en la rama arquitectónica, en adornos para decoración y ornamentos, en artículos domésticos, en postes para alumbrado público, en barcos y lanchas, en tanques criogénicos y parte de gruas viajeras.

ALEACIONES ALUMINIO/MAGNESIO/SILICIO-SERIE 6000.- Los miembros más conocidos de esta familia --

son las aleaciones 6061 y 6063 que tienen gran facilidad para darles forma, alta resistencia a la corrosión, facilidad para soldarse, facilidad para el maquinado y pueden adquirir numerosos terminados. - Los usos finales incluyen instalaciones arquitectónicas, equipo para transportación y pasamanos para puentes.

ALEACIONES ALUMINIO/ZINC-SERIE 7000.- La adición del 3 al 8% de zinc, más un pequeño porcentaje de magnesio y cuando se le trata térmicamente resulta una familia de aleaciones de aluminio con muy alta resistencia. Se usa principalmente para estructuras de aviones, equipo móvil y equipo que requiere una alta resistencia con relación a su peso.

OTRAS ALEACIONES-SERIE 8000.- El aluminio puede alearse también con otros elementos aparte de los ya mencionados, tales como berilio, bismuto, boro, hierro, níquel, plomo, sodio, estaño, titanio y zirconio. Siempre que alguno de estos elementos sea el aleante predominante, la aleación será designada con un número a partir del 8000.

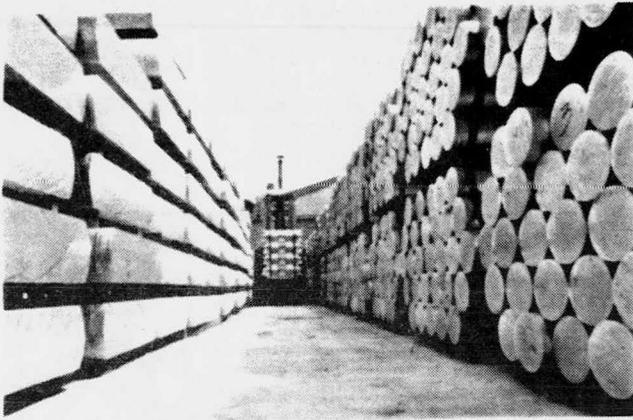
3.- FORMAS DE ALUMINIO:

Después de las transformaciones y diversas -- operaciones desde que el mineral fue extraído de la tierra hasta que ha sido convertido en aluminio líquido, se procede a la preparación de las aleaciones y su vaciado. Ahí el aluminio comienza a producirse en diversas formas de lingotes para su transformación posterior en infinidad de artículos.

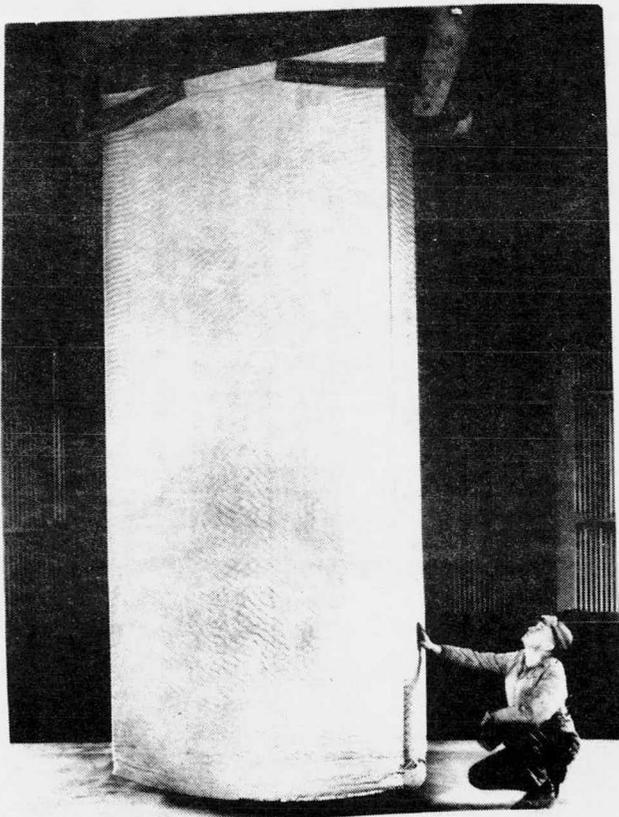
LINGOTES PARA LAMINACION.- Una parte del metal producido está destinado a la fabricación de lingotes de laminación que, a su vez, sirve a otras empresas, quienes a base de un molino de laminación los convierte en lámina y placas. Este tipo de lingotes se produce en varias medidas, según las necesidades de la industria.

Estos lingotes se producen vaciando el metal líquido en moldes rectangulares que se colocan verticalmente, el fondo de los cuales está sellado por un bloque metálico que está sujeto a un pistón hidráulico, que desciende lentamente por gravedad, cuando el metal fundido es vaciado dentro del molde. Las paredes del molde son enfriadas con agua, solidificando el metal fundido muy rápidamente y a una velocidad controlada. Este proceso se conoce como vaciado por enfriamiento directo y produce un lingote que, a pesar de su gran longitud y espesor, tiene la misma calidad controlada que otros tipos de lingotes de aluminio de menores dimensiones.

LINGOTES PARA FUNDICION.- El lingote para fun



LINGOTES PARA LAMINACION Y EXTRUSION.



dición que es vendido a los industriales para su -- transformación, debe ser vaciado necesariamente en piezas pequeñas, tanto para facilidad de transporte, como para su mejor manejo en los hornos de refusión. Estos lingotes se forman vaciando el metal fundido en moldes, los cuales están sujetos a una banda -- transportadora que avanza mientras el aluminio se -- solidifica; al otro extremo el lingote es extraído del molde. Los lingotes para fundición pueden ser de trece o veintidos kilos y su forma y tamaño están diseñados para facilitar su manejo y estibado.

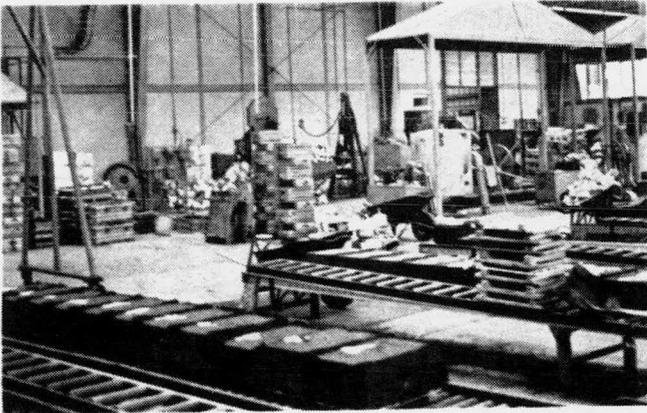
LINGOTES PARA EXTRUSION.- El método de enfriamiento directo para el vaciado de lingotes de laminación puede usarse, asimismo, cambiando los moldes, para producir lingotes para extrusión. Estos moldes pueden ser cuadrados o redondos. Los lingotes de extrusión constituyen, en efecto, la esencia de la industria del aluminio, destinados a cosas tan importantes como convertirse en muebles para jardín, ventanas, contrapuestas, formas arquitectónicas para rascacielos, partes para aviones y para automóviles y cientos de usos más.

METODOS PARA FUNDICION.- La industria de la fundición del aluminio obtiene la materia para la fabricación de sus productos, mediante los diferentes tipos de vaciado.

Uno de los métodos más antiguos es el "vaciado en arena" en el que se moldean arenas especialmente seleccionadas, muchas veces mezcladas con arcillas finas y agua.



VACIADO EN MOLDES.



VACIADO EN ARENA.

El molde se forma con un patrón haciendo una cavidad dentro de la cual será vertido el aluminio fundido. Cuando el metal se solidifica, se separa la arena para obtener la pieza fundida. Otro tipo de vaciado es el de moldes permanentes, los cuales están hechos de fierro o acero, donde el metal fundido se alimenta por gravedad y es distribuido en las cavidades del molde, en algunos casos ayudado por la fuerza centrífuga y en otros por la presión de aire inyectado.

Además de los métodos de vaciado mencionados, está el de inyección a presión, en el que el metal fundido no fluye por gravedad, sino que es inyectado hacia los moldes por presión hidráulica.

METODOS PARA EXTRUSION.- Frecuentemente se comenta que "extruir el aluminio es como expulsar violentemente el contenido de un tubo de pasta de dientes" y nadie, a la fecha ha podido expresar una descripción más gráfica y más exacta que ésta.

Las extrusiones de aluminio se han venido -- usando comercialmente desde hace varios lustros y a medida que se han perfeccionado las extrusiones, éstas se han hecho más conocidas y aceptadas.

En la Industria del Aluminio los lingotes que se usan para extrusión son de forma cilíndrica y -- son cortados en tamaños convenientes, según el disño y largo del perfil. Estas secciones se calien--tan en hornos a temperaturas de aproximadamente -- 350°C hasta que el metal adquiere la plasticidad de de

seada y posteriormente colocado en la prensa de extrusión donde, por medio de un pistón hidráulico, - es empujado a través del orificio de un lado.

El diseño de este orificio puede ser de casi-cualquier forma y tamaño; por ello es que el número de formas que pueden ser extruídas es virtualmente-infinito. El metal toma la forma del orificio del-dado y después puede cortarse al largo deseado.

La superficie de los perfiles extruídos queda tan bien acabada a su paso a través del dado, que - muchos productos de aluminio ya no necesitan posteriores tratamientos.

La figura de las formas extruídas está limita-da solamente por la imaginación del hombre y su tamaño queda limitado por la potencia de la prensa y las dimensiones de la matriz.

Los productores de aluminio primario, en algu-nos casos, poseen y operan sus propias plantas de - extrusión, pero la mayor parte del aluminio que se-extruye hoy en día, proviene de plantas de extruso-res independientes que, ya bien pueden comprar lin-gotes para extrusión de aluminio primario o comprar lingotes para fundición y vaciar sus propios lingo-tes. Las prensas de extrusión tienen habitualmente una presión hidráulica de 500 a 2000 toneladas, pe-ro también las hay más grandes, hasta de 14000 o -- más toneladas.

METODOS PARA FORJA.- Es probable que la forja

sea la más antigua de las técnicas para trabajar el metal, ya que algunos elementos metálicos ocasionalmente se encuentran en la naturaleza en formas tan puras, que pueden trabajarse martillándolos directamente para obtener la figura deseada.

El aluminio es forjado con aleaciones especiales. En todas ellas, la pieza es primeramente calentada en hornos de gas, de aceite o de inducción eléctrica, hasta que adquiere la plasticidad debida. La aleación es entonces martillada o presionada hasta obtener la forma deseada.

4.- PROPIEDADES DEL ALUMINIO.-

Entre las principales propiedades del aluminio y sus aleaciones se encuentran las siguientes:

EL ALUMINIO ES LIGERO.- Esta fué la primera característica que llamó la atención, ya que un centímetro cúbico de aluminio pesa 2.7 gramos. En cambio, este mismo volumen de acero pesa 7.86 gramos; de cobre 8.92 gramos, de plomo 11.34 gramos y de zinc 7.13 gramos.

EL ALUMINIO ES ALTAMENTE RESISTENTE A LA CORROSION.- El aluminio se popularizó también por su excepcional resistencia a la corrosión de la atmósfera, del agua y de muchos agentes químicos, propiedad que se aprovechó para el empaque de alimentos y el manejo de ácidos y solventes. Esta propiedad se ve aumentada por la formación espontánea de una película de óxido de aluminio al contacto con el aire, lo que hace que el aluminio juegue un papel muy importante en la industria de la construcción ya que esta capa, por la acción del viento y del agua, es eliminada periódicamente, haciendo que las fachadas de los edificios luzcan siempre frescas.

EL ALUMINIO ES RESISTENTE EN FORMA DE ALEACIONES.- El aluminio puro, cuando es recocido en hornos, tiene una resistencia a la tensión de 914 kilos por centímetro cuadrado. Esta resistencia se ve aumentada al doble cuando el aluminio es laminado en frío, pero las aleaciones y los tratamientos térmicos pueden hacer que el aluminio adquiera re-

sistencia hasta de 5273 kilos por centímetro cuadrado, que es aproximadamente seis veces más que la -- del aluminio puro y en algunos casos mayor que aceros de uso común.

EL ALUMINIO ES UN EXCELENTE CONDUCTOR DE LA - ELECTRICIDAD.- La conductividad eléctrica del aluminio es de aproximadamente 61% con relación al cobre. Solamente que como el aluminio pesa menos de la tercera parte que el cobre, kilo por kilo es dos veces más efectivo como conductor eléctrico. Además, el aluminio es más fácil de fabricar por ser más dúc--til que el cobre. Las primeras pruebas de conductores eléctricos de aluminio fueron hechas en 1895 -- cuando el aluminio costaba cinco veces más que el - cobre, lo cual hizo que éste dominara el mercado de los conductores por muchos años. Pero en las décadas más recientes esa relación quedó totalmente invertida y el precio del aluminio ha disminuido y el del cobre ha aumentado, dando como resultado que el aluminio esté capturando más y más volumen del tradicional mercado de los conductores de cobre.

EL ALUMINIO ES UN EXCELENTE CONDUCTOR DEL CA-LOR.- Esta propiedad hace del aluminio el metal preferido por su gran variedad de usos, pasando desde gigantescos intercambiadores de calor, hasta utenslios de cocina. Para esta última aplicación resulta ideal, debido a la rapidez y uniformidad con que transmite el calor.

EL ALUMINIO ES ANTI-MAGNETICO.- Debido a esta

propiedad, el aluminio es muy útil para gabinetes - de conductores eléctricos, estructuras marinas, - - equipos automáticos y en cualquier equipo donde el magnetismo es un factor negativo.

EL ALUMINIO ES MAGNIFICO REFLECTOR DE LA LUZ. El aluminio puede dar superficies con una reflectividad del 95% en comparación con espejos de plata.

EL ALUMINIO TIENE UNA EXCELENTE APARIENCIA NATURAL.- En muchas aplicaciones el aluminio puede -- usarse aún sin acabados, pero tratándose de darle -- una mejor vista, es el metal que más fácilmente -- acepta los acabados electrolíticos y al que se le -- puede dar la mayor gama de coloraciones.

Además de las propiedades mencionadas, pueden señalarse las de que es un magnífico reflector del calor y de las ondas de radio y radar; es no tóxico y fácil de trabajar y ensamblar; no produce chispas por lo que su uso es muy seguro alrededor de materiales inflamables o explosivos. Por supuesto que se siguen descubriendo más y más ventajas y características favorables de este metal, que tan abundantemente nos ha donado la generosa naturaleza.

PROPIEDADES MECANICAS.- El aluminio puede ser troquelado y estirado. Si uno toma un trozo de hule y lo pone sobre un agujero y presiona, el hule -- se contraerá y llenará el agujero. Cuando quita -- uno la mano, el hule salta disparado. El aluminio -- no tiene esta flexibilidad y mantiene la forma del-

agujero en que ha sido introducido. Mediante este principio la lámina de aluminio puede adquirir la forma de vasos, tazones y diversos tipos de recipientes, ya que el metal se distribuye uniforme y fuertemente dentro de la cavidad del troquel y se adapta a su nueva forma.

El aluminio también puede estirarse hasta formar capas cada vez más delgadas y largas, y cuando el proceso de estiramiento termina, conserva inalterable esas formas.

EL ALUMINIO PUEDE SER MAQUINADO.- El aluminio, en forma de varilla o barra, puede trabajar fácilmente en modernos equipos automáticos de altas velocidades, proceso para los que han sido desarrolladas diversas aleaciones especiales.

Millones de partes de aluminio maquinado se utilizan en la industria de los aparatos domésticos, de la electrónica, de la arquitectura, del transporte y de muchas otras.

EL ALUMINIO PUEDE SER LAMINADO.- Cuando el lingote de aluminio pasa entre rodillos bajo presión, se vuelve largo y delgado. Esta simple operación es la base para la enorme variedad de objetos útiles que se hacen con aluminio laminado, ya sea como placa, lámina, "hoja" y formas estructurales.

El proceso de laminación parte de lingotes de aleaciones especiales, que alcanzan hasta dos mil kilos de peso y más de tres metros de longitud.

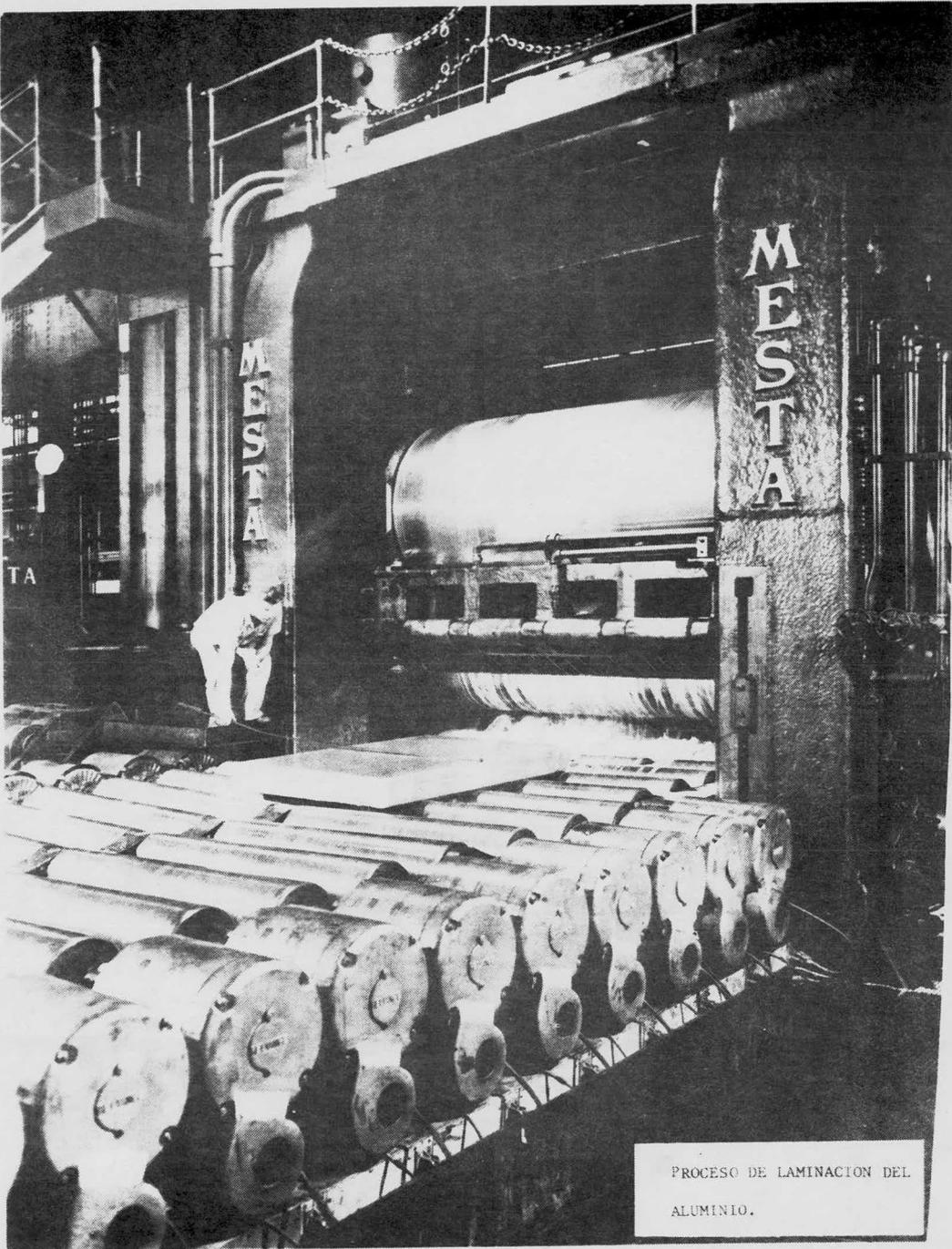
Estos enormes lingotes son precalentados para impartirles un estado maleable y colocados en los molinos para laminarlos hasta obtener el espesor deseado.

De acuerdo con este espesor, los productos laminados se clasifican en placas lámina y "hoja".

Las placas de aluminio están encontrando cada vez más aplicaciones en la industria y a medida que se perfeccionan las técnicas, mejora su calidad, su facilidad de manejo y su facilidad de ensamble. Las placas pueden soldarse por secciones para formar, por ejemplo, tanques de almacenamiento de gases y líquidos para integrar las super-estructuras de buques mercantes y para construir carros de ferrocarril y carros-tanques.

También se encuentra en los enormes aviones y como componente de naves espaciales, militares y científicas.

Una de las formas del aluminio más conocidas es la lámina. Se usa abundantemente en muros y techos de casas, como cubiertas de carrocerías de camiones, autobuses, camionetas y trailers que transportan toneladas de productos por la vía terrestre, en el fuselaje de los aviones y en la construcción de lanchas y botes de recreo, en persianas, en utensilios de cocina y como material básico para envasar alimentos, cerveza, jugos y aceites; además de muchas otras aplicaciones.



PROCESO DE LAMINACION DEL ALUMINIO.

Puede extenderse, doblarse, corrugarse, moldearse, colorearse, grabarse, anodizarse, pulirse, remacharse, soldarse y mil operaciones más.

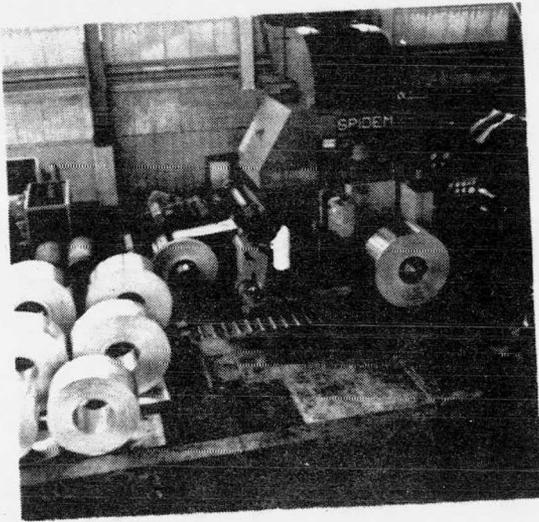
Quizá la más notable de las formas del aluminio es el "foil" que es una hoja super-laminada tan delgada que se puede plegar sin perder su consistencia dura y resistente.

El "foil" resiste el fuego, el agua y el vapor; no tolera el desarrollo de hongos y es impenetrable para los insectos; puede usársele directamente en la parrilla y en el horno, para operaciones culinarias o como envoltura para comidas congeladas. Las encuestas que en gran número se han efectuado, señalan que los empaques de alimentos a base de "foil" significan calidad e higiene para el público consumidor, en todos los casos.

EL ALUMINIO Y LA ELECTRICIDAD.- Existen determinadas asociaciones en la naturaleza que los biólogos llaman Simbióticas. Generalmente involucran un vínculo en el que dos organismos disímiles trabajan para beneficio mutuo.

Puede decirse que tal simbiosis existe en las industrias de la electricidad y del aluminio. Nacidas más o menos en las mismas épocas, la una ha servido a la otra y viceversa, con el transcurso de los años.

El aumento del nivel de vida de las regiones desarrolladas y en pleno desarrollo va ligado a la-



"FOIL" ALUMINIO LAMINADO.

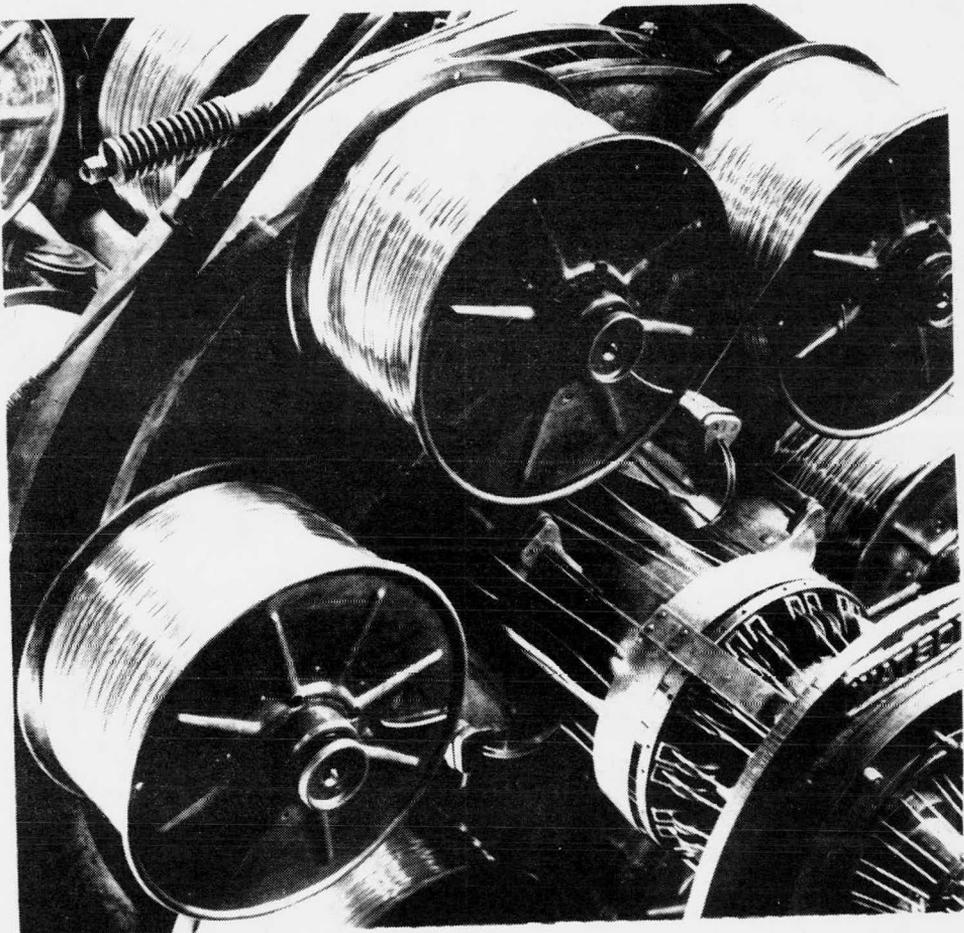
disponibilidad de la energía eléctrica.

Paralelo a este crecimiento y estrechamente - conectado con él, el aluminio ha jugado el doble pa- pel de consumidor de energía eléctrica y proveedor- del metal que se utiliza para su generación, trans- misión, distribución y aplicación.

La electricidad ha hecho posible la produc- - ción del aluminio en gran escala. El aluminio a su vez ha devuelto el favor. Hoy, cientos de miles de kilómetros de conductores eléctricos de aluminio -- llevan la electricidad a los rincones más apartados de la civilización. Virtualmente toda la energía - de alto voltaje viaja de un lado a otro gracias al- aluminio. En otros tipos de transmisión aérea y de líneas de distribución, este ligero metal ha reem- - plazado casi totalmente al cobre, conductor tradi- - cional y con razones de verdadero peso.

Kilo por kilo el aluminio tiene el doble de - conductividad eléctrica que el cobre. Un peso de - costo de aluminio proporciona mayor conductividad - eléctrica que un peso de cobre. Las vastas reser- - vas de materia prima y las crecientes instalaciones de producción, aseguran un continuo abastecimiento- de aluminio. Hoy en día, la industria eléctrica -- constituye el mercado de consumo de aluminio con el grado más alto crecimiento acelerado.

Ya dijimos que el aluminio sirve en todos los puntos del proceso que pone la energía a la disponi- bilidad del hombre: generación, transmisión, distri-



EL ALUMINIO EN LA ELECTRICIDAD.

bución y aplicación.

He aquí dos ejemplos del vasto uso del aluminio en términos de electricidad, tomando como base las estaciones generadoras.

El aluminio se usa extensivamente en estaciones generadoras para aplicaciones eléctricas, mecánicas y estructurales. Se utiliza vastamente en tableros de distribución, conductores de todos tamaños y diseños de alambres y cables y en equipos, - tal como transformadores y capacitores. En los tanques de almacenamiento de los condensadores, la resistencia del aluminio a la corrosión contribuye a notables economías, reduciendo los costos de mantenimiento y evitando la presencia del hierro en los calentadores. Otras aplicaciones en estaciones generadoras, se refieren al aluminio para pistones en motores o compresores de movimiento alterno, cojinetes y motores en compresores centrífugos y también en motores de jaula de ardilla.

El primer uso de alambre de aluminio como conductor eléctrico, tuvo lugar en 1897. Al extenderse el mercado de desarrollo el SAC, o sea "Stranded Aluminum Conductor" es decir, el conductor del aluminio cableado.

En 1909, la misma compañía que desarrolló el SAC, la Aluminum Company of America, logró un avance decisivo en el diseño de conductores eléctricos. En efecto, a fin de contribuir a que las instalaciones eléctricas pudieran mejorar su eficiencia y re-

ducir los costos de transmisión de energía, ALCOA - desarrolló el "ACSR Aluminum Conductor Steel Reinforced", o sea, el conductor de aluminio reforzado con acero. Este producto combinado, en el que el alambre de aluminio es trenzado alrededor de un cable de acero, es ahora norma mundial para todo tipo de líneas de transmisión. La fuerza del acero, combinada con la conductividad y ligereza del aluminio, permiten ventajas ilimitadas.

La industria del aluminio prosigue incensantemente sus programas de investigación científica, para ampliar los usos de este metal en la industria eléctrica.

5.- APLICACIONES DEL ALUMINIO.

Para la mayoría de las personas, los indicadores de bienestar económico no tienen mucho que ver con las cifras del crecimiento nacional bruto ni -- con las gráficas sobre incrementos per cápita. Cual corresponde a una sociedad que descansa sobre el individuo, cada persona ubica su propia prosperidad -- en términos de las cosas que posee; dinero en el -- banco, un automóvil en el garage, comida en la mesa y una sorprendente lista de artículos, aparatos y -- herramientas que le dan comodidad, placer y una forma de evitar la fatiga.

Ya sea que advierta o no esta situación, el -- hombre moderno debe mucho al aluminio porque disfruta de estos objetivos y porque disfruta también de otros valores de la vida, como por ejemplo, la salud.

El hombre moderno corta el césped con un aparato manual que fue inventado hace muchos años y -- que ha sido mejorado con partes de aluminio que lo han hecho más fuerte y a la vez más ligero. Descansa de sus responsabilidades cotidianas en una silla de tejido suave, sujeta a una estructura de aluminio tubular. La música que en esos momentos llena sus oídos y su mente de abandono e indiferencia hacia problemas habituales, surge de un bonito aparato en donde el aluminio nulifica las vibraciones, -- actúa como barrera para las interferencias de la radio-frecuencia y disipa el calor interior del mismo.

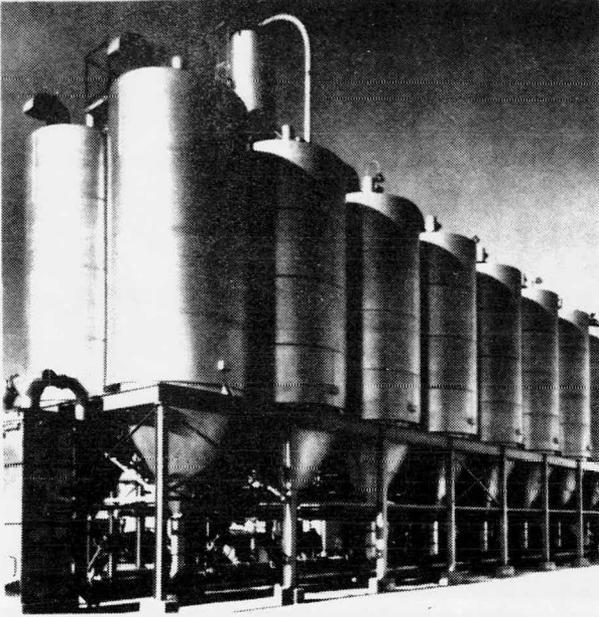
Veamos a nuestro personaje de vacaciones y -- comprobaremos que el aluminio nunca deja de acompañarlo: cruza el lago en un bote de aluminio y se de tiene a pescar con avíos (caña, carretel, etc.) de aluminio. En la montaña, los esquíes; en el golf - los bastones; en la fotografía las cámaras; todo, - ello tiene partes de aluminio.

El aluminio se encuentra cada vez más en los dominios del hombre. Vayamos a la cocina: el moder no refrigerador es más bello, trabaja mejor y duramás, gracias al aluminio. Su evaporador es todo de aluminio porque el metal es ligero, es fuerte, es - resistente a la corrosión y transmite el calor con rapidez. Estas mismas propiedades son la razón para que el aluminio esté presente en puertas, anaque les y charolas para hielo.

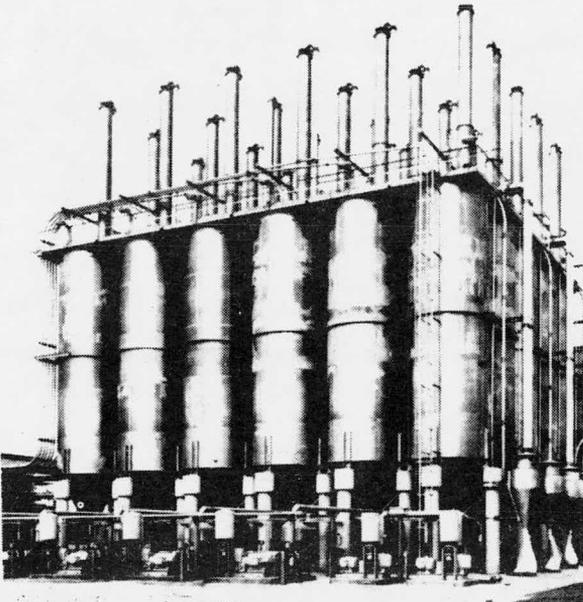
Los aparatos para aire acondicionado, los mue bles, los utensilios, etc., pertenecen al grupo lla mado de bienes de consumo duradero, fría descripción para los objetos que proporcionan gran placer - y comodidad.

Es una simple señal de aceptabilidad masiva - del público hacia el aluminio sobre los demás materiales, por las numerosas ventajas que ofrece.

PARA EL AGUA Y LOS ALIMENTOS.- El reto del -- crecimiento demográfico consiste en encontrar la - fórmula ideal para alimentar normalmente a los mi-- llones de seres humanos que pueblan el globo. Cada día son millones de nuevos seres los que nacen, con



TANQUES DE ALMACENAMIENTO HECHOS
CON ALUMINIO.



el primer impulso de abrir la boca solicitando el sustento, antes de ver, de hablar, de oír o de caminar, el ser humano pide de comer y de beber. El agua y los alimentos son básicos para la vida del hombre.

También aquí se presenta el aluminio; el agua para la industria, para la agricultura, para uso doméstico, se almacena, se riega, se distribuye, con el auxilio del aluminio.

En la agricultura, dado que se ha descubierto un sistema revolucionario para cultivar las zonas áridas del mundo, se ha inventado un extraordinario sistema de riego, el "goteo", que lleva el agua, gota a gota, a las raíces de la planta que otrora jamás hubiera nacido, ni crecido en el páramo, en el desierto o en el mezquital. Ahí, la tubería de aluminio conduce la gota que torna vergeles lo que antes fueron yerbos y establece la plataforma que quizá, en el futuro, sea la clave para mejorar la alimentación de los seres humanos que por centenares aumentan cada minuto la población de la tierra.

PARA LOS EMPAQUES.- Baste observar un moderno supermercado para descubrir solamente por curiosidad, cuantos cientos de formas ha adquirido el aluminio para proteger miles de alimentos, bebidas y golosinas. Las principales características para su uso en este campo son las de que no despidе olores, no transmite ningún sabor, no es tóxico e impide el paso de luz, humedad, aire, gas y aceite. Para la-

diversidad de empaques, el aluminio puede ser estirado, extruido, planchado, rechazado, pulido, soldado por diferentes métodos o unido con adhesivos.

PARA LA CONSTRUCCION.- Famosos arquitectos -- han elevado sus preces al aluminio. Walter Gropius habló "de la homogeneidad, resistencia al intemperismo, repelencia al agua e inoxidable; de su facilidad de ensamble y a la belleza de su superficie".

"Flexibilidad", "versatilidad", "funcionalismo", "potencialidad", "expresión" y muchos otros, -- han sido adjetivos utilizados por los técnicos de la construcción en la descripción de este material.

En 1952 Aluminium Company of America, construyó en el centro de la ciudad de Pittsburgh un edificio de 31 pisos. La nueva estructura estableció vigorosos precedentes para la arquitectura contemporánea. El efecto del techo al sótano y del exterior al interior el edificio de ALCOA se yergue como auténtico tratado sobre el uso efectivo del aluminio en la Industria de la Construcción.

El ritmo de la instalación del aluminio en este edificio, fue en aquella época de un piso por día. Tiempo después, con técnicas mejoradas, un edificio de 40 pisos en Manhattan, fue cubierto con aluminio en un sólo día.

El aluminio muestra una incesante afinidad --

con otros materiales, como muros de madera, tapices para paredes, alfombras, vidrio y varias clases de mármol.

Entre las muchas ventajas del aluminio especialmente aplicadas al ramo de la construcción, tenemos las siguientes:

Su significativa reducción en el peso estructural.

Su capacidad de reducir ruidos, evitar pérdidas de calor e incrementar la protección contra el fuego.

Cuando se le aplica en muros interiores.

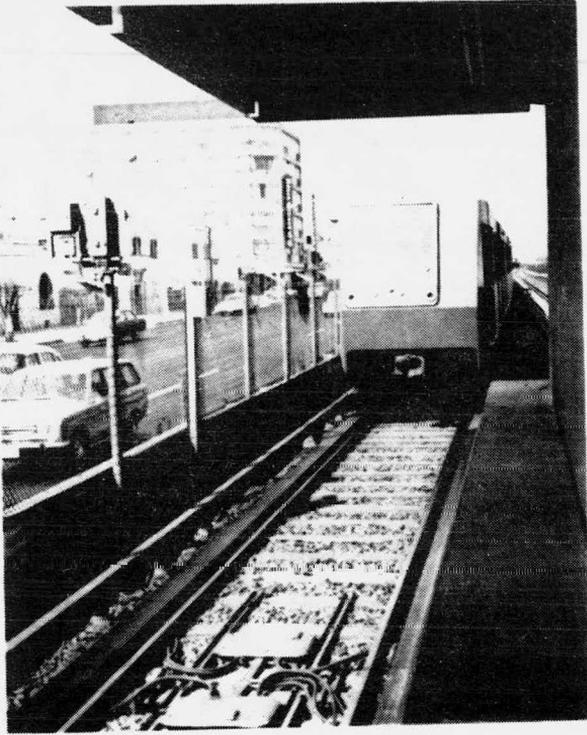
Las instalaciones eléctricas con aluminio reducen peso y bajan costos de mantenimiento.

Las tuberías de aluminio en la rama de plomería, ha ofrecido resultados verdaderamente no tables.

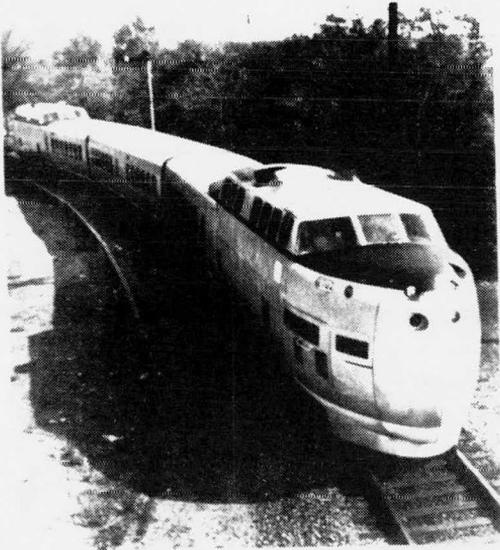
Por estas y muchas ventajas el aluminio se si gue utilizando ampliamente en la Industria de la -- Construcción, para resolver problemas específicos a ingenieros y arquitectos.

En residencias, edificios de apartamentos y aún en casas móviles (trailers), el aluminio se ha tornado material indispensable.

PARA EL TRANSPORTE.- Desde que el hombre inventó la rueda, las diferentes sociedades humanas -



EL ALUMINIO EN LOS TRANSPORTES.



han dependido del transporte terrestre. Más tarde, cuando a las ruedas se añadieron los motores, las sociedades dependieron de la fuerza auto-móvil para alcanzar plenamente su desarrollo comercial, industrial y social.

El aluminio ha estado presente en todos estos esfuerzos ya que en materia de transporte terrestre se le encuentra no solamente en ruedas y motores, sino en carrocerías y combustibles especiales.

Ferrocarriles, aviones y sistemas de transporte masivo han encontrado en el aluminio un valioso auxiliar para desarrollarse y perfeccionarse.

En el caso de los aviones el aluminio es básico desde que voló el primer "pájaro" de los Hermanos Wright, hasta la era de gigantescas aeronaves supersónicas de fantástica capacidad.

También ha estado presente desde que Julio Verne imaginó los vuelos espaciales hasta la conquista de la Luna y en el esfuerzo actual para conquistar otros planetas. Por eso se denominó el ALUMINIO el metal del Siglo Veinte.

EL ALUMINIO AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA.

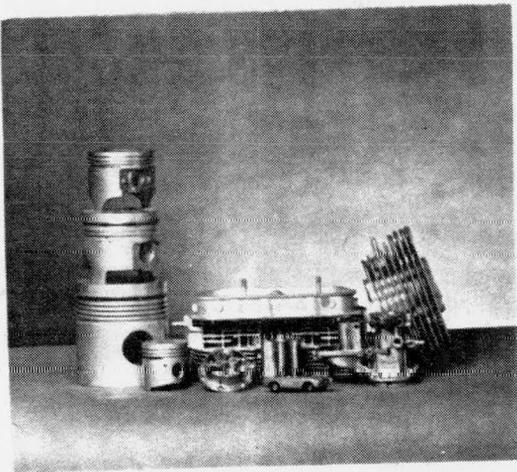
Cada vez más aluminio se emplea en la construcción de fábricas, almacenes, edificios y oficinas, en donde el trabajo se desarrolla más eficientemente y con un mayor grado de utilidad, tanto para empleados como para patrones. Proporciona un número creciente de partes que intervienen en la Industria de la Transformación. Ayuda a mover esos ensamblajes de un lado a otro. Empaca y almacena los productos que de la Industria han resultado. Transporta polvos y líquidos, sólidos y gases cuyo movimiento rápido y controlado es esencial para miles de procesos. En el campo de la transmisión del calor es un vehículo insuperable para llevarlo a donde se le necesita y removerlo de donde su presencia resulta inconveniente.

Organizar, grabar y devolver información, se ha convertido en una ciencia cuyas herramientas son innumerables mecanismos que pueden funcionar más rápidamente y con mayor precisión que el cerebro, los ojos o los dedos humanos. El aluminio ha encontrado un extensivo uso en la manufactura de máquinas - para escribir, distáfonos, copiadoras, computadoras, es decir, toda la gama de auxiliares de la inteligencia, en cuyo uso se ahorra tiempo valioso y se propicia que los negocios mantengan sus asuntos bajo el más estricto control y al mismo tiempo al alcance de cualquier persona.

Las presiones de la competencia internacional



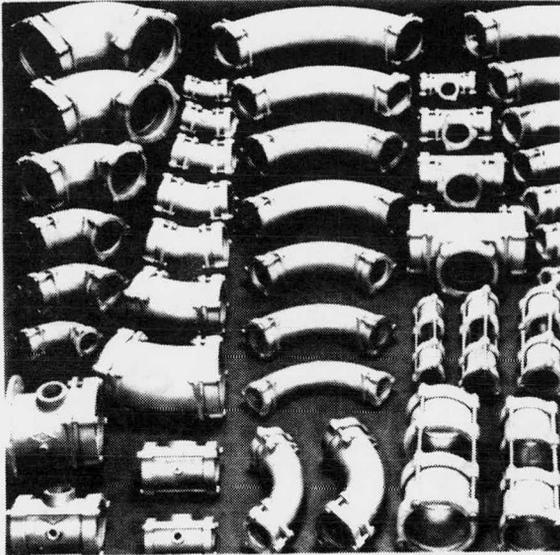
EL ALUMINIO EN LA INDUSTRIA.



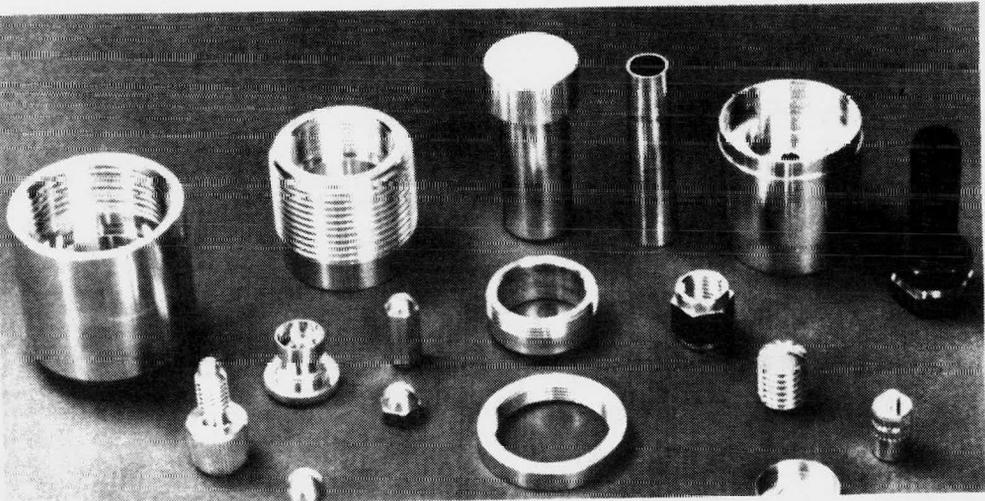
y doméstica en todos los países, así como la necesidad y el deseo de proporcionar mejores respuestas a las aspiraciones de trabajadores, patrones y clientes, están provocando nuevas demandas a la Industria. La Industria a su vez, está haciendo constantes demandas de nuevos materiales que emplea para obtener una mayor versatilidad y nuevas propiedades; para mayor precisión en sus dimensiones, rendimiento y servicio y para ofrecer un mejor resultado general, bajo las condiciones más difíciles de uso.

Los productores de aluminio primario han satisfecho esas demandas con la generosidad de sus esfuerzos de investigación y desarrollo; un creciente número de aleaciones, formas, terminados y productos especializados, junto con técnicas para que los usuarios formen, terminen y ensamblen el metal. La Industria ha hecho ésto con un ojo agudo y previsorio de los futuros requerimientos de las numerosas industrias a las que sirve.

Uno de los trucos favoritos de los profesores de química es preguntar a sus alumnos: ¿Si algún día encontramos un solvente universal, en dónde lo guardaríamos? Un problema similar complica el trabajo de los ingenieros de proceso. Ciertos reactivos químicos son lo suficientemente activos para disolver o reaccionar con otros reactivos; entre más activos son, más difícil es encontrar recipientes que los contengan. En muchos casos, el aluminio es la respuesta ideal. Sus aleaciones no resultan afectadas por el azufre elemental y por consiguiente puede tener contacto con soluciones de ácido sulfúrico



EL ALUMINIO EN LA INDUSTRIA.



de 98 a 100%. El aluminio soporta la fuerza de soluciones humeantes de ácido nítrico. Se ha convertido en material habitual para el almacenamiento y manejo del compuesto orgánico más usado en la Industria: el ácido acético, cuya forma más conocida es el vinagre simple para usos caseros.

El aluminio adquiere igual importancia en - - equipo para combatir incendios que en equipo minero, de la construcción, de la impresión, textil, es decir, literalmente en todos los campos en que el hombre trabaja a fin de sobrevivir, crecer y mejorarse.

Los microorganismos, frecuentemente descritos solamente como enemigos de la raza humana, son amigos útiles de la Industria. En efecto, son elementos activos en procesos tales como la producción de antibióticos y la manufactura de cerveza. El aluminio es especificado muy frecuentemente para la manufactura de equipo en el que se almacenan o embarcan microorganismos, enzimas y otros materiales orgánicos, ya que este metal no interfiere con su crecimiento ni con su actividad. Ejemplo de esto son - los cuñetes que transportan los espumosos resultados de la cervecería y los paquetes que protegen - productos farmacéuticos.

Suele decirse que una de las funciones básicas de la Industria es convertir materias en artículos útiles; ropa para vestir, libros para leer, - llantas para rodar, platillos para alimentarse; es decir, la interminable lista de cosas que alguien - ha llado "el fabuloso catálogo de los deseos humanos".

Asimismo, puede elaborarse otro catálogo - -- igualmente largo, igualmente impresionante, de la - lista de funciones del aluminio en la Industria. - Por otra parte, sin el aluminio, muchos de los procesos empleados por la Industria moderna podrían -- ser mucho más costosos, más tardados y en algunos - casos imprácticos o imposibles. Por ejemplo, los - recipientes y los tubos de aluminio protegen la pu- reza de los productos, ya que almacenan o conducen, reactivos químicos que destruirían a todos los de-- más metales.

El aluminio ha incorporado recipientes a la - batalla mundial para conservar los recursos natura- les. Proporciona recipientes criogénicos para em-- barcar y almacenar gases en forma líquida, altamen- te concentrada. Las estructuras de aluminio pueden conducirse y ser ensambladas en las zonas de explo- ración, en los lugares más remotos del mundo.

Hablar del aluminio es hablar de un metal con miles de facetas. En su variedad de formas tiene - muchos usos:

Es un metal estructural.

Es conductor de la electricidad.

Es el metal ideal para utensilios de cocina.

Es un material de empaque brillante y grato a la vista.

Es ingrediente importante en pinturas.

Es elemento decorativo en arquitectura y dise- ño de interiores.



EL ALUMINIO EN EL HOGAR.



Es reflector de la luz y del calor.

Es fibra que se encuentra en los vestidos más elegantes del mundo.

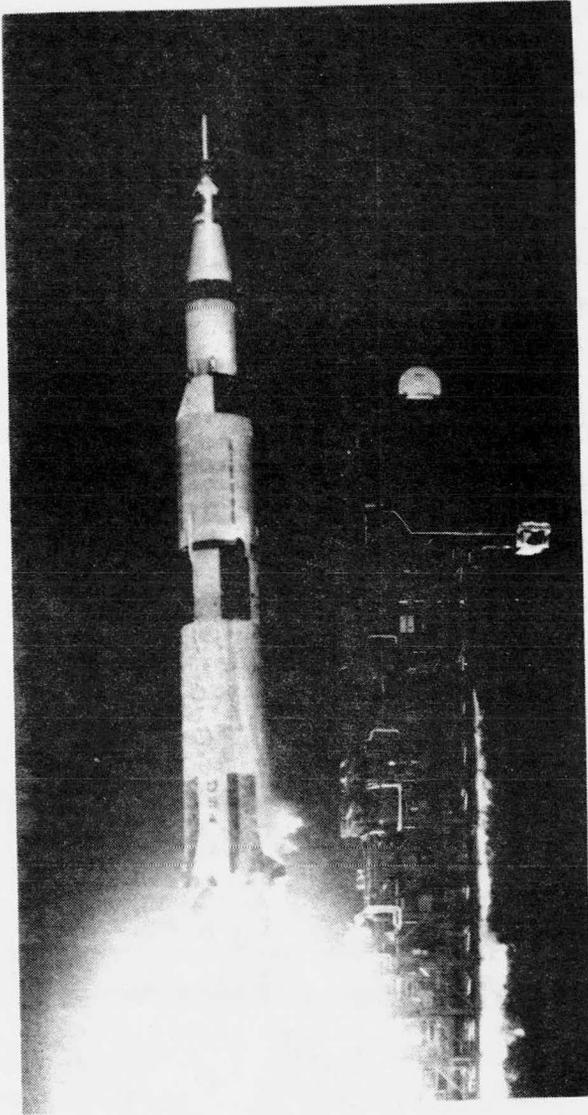
Es combustible que ayuda a impulsar cohetes y proyectiles.

Es material único que envuelve, cocina y cubre.

Es material aislante para residencias y equipo industrial.

Se le encuentra en automóviles y aeroplanos; en envolturas para sandwiches y en submarinos; en ranchos y en productos farmacéuticos; en buques y en los campos de batalla.

Se puede afirmar con toda convicción que, el aluminio satisface y cumple una gama de distintas funciones.... muchas más que ningún otro de los metales usados hasta ahora por el Hombre.



EL ALUMINIO EN LA CIENCIA.

CAPITULO III.- ASPECTOS GENERALES DE LOS HORNOS
DE ALUMINIO.

1.- TIPOS DE HORNOS DE FUSION DE ALUMINIO.

Para la fusión existen diferentes - hornos los cuales se clasifican en:

- a).- Hornos de Crisol
- b).- Hornos de Cuba (o Reverbero)
- c).- Hornos de Tambor Giratorio
- d).- Hornos de Inducción
- e).- Hornos de mantenimiento de Calor

2.- CARACTERISTICAS DE LOS HORNOS.

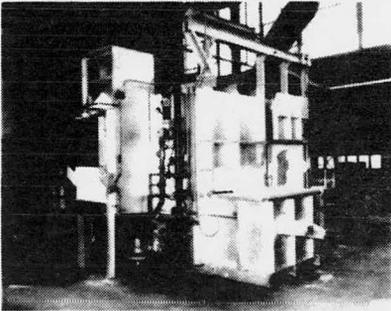
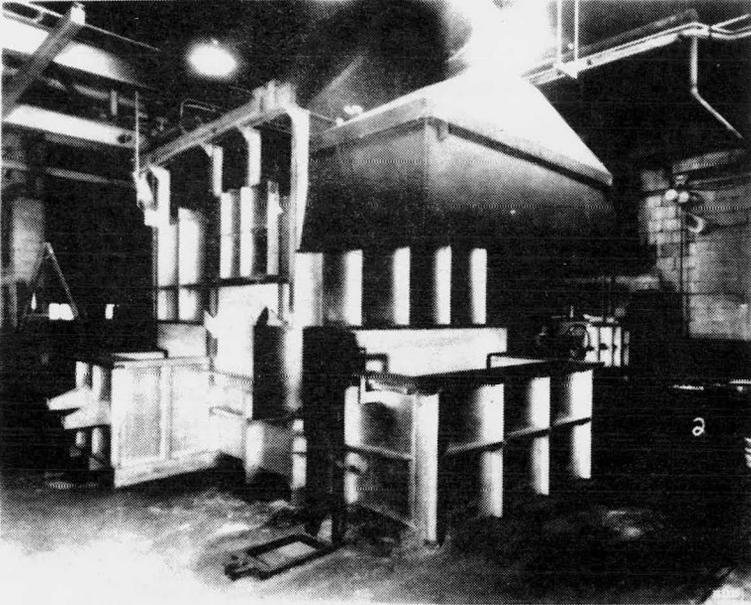
a).- Hornos de Crisol.- Estos hornos se facilitan por ser los más pequeños de entre los hornos de fusión, sobre todo para las fundiciones con un volumen de producción pequeño o mediano, y para talleres donde se trabajan simultáneamente varias aleaciones, o en aquellos que se ha de contar con cambios frecuentes de aleaciones; además, sirven (los hornos dobles de crisol) como hornos para mantener el calor en las fundiciones que trabajan con boquillas que producen piezas fundidas a presión. Los hornos fijos con crisoles recambiables hacen posible utilizar diferente crisol para cada aleación. Los crisoles fijos se utilizan con ventaja en hornos basculantes. Tales hornos sirven debido a la favorable relación entre la superficie del caldo y su volumen, entre otras cosas para la colada de aleaciones con alto contenido de magnesio.

b).- Hornos de Cuba (reverbero o cubeta).- La característica de estos hornos es la gran superficie del caldo con una relativamente pequeña profundidad que presentan. Por esta razón no se prestan para las aleaciones con alto contenido de magnesio que son muy sensibles a la combustión. El cambio frecuente de aleaciones causa dificultades considerables. Estos hornos se fabrican fijos sin solera de calentamiento previo o con ella y o bien, con aberturas para introducir los cazos, o bien basculantes.

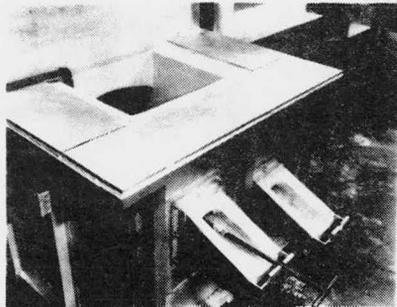
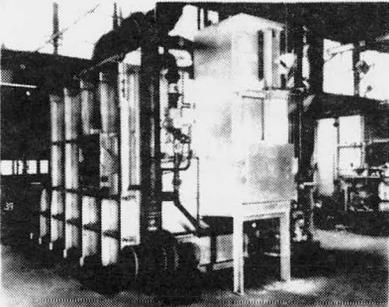
Los hornos basculantes permiten que el líquido



WATER WHEEL, PUNYA, INDIA



HORNO DE REVERBERO DE ALUMINIO
"O DE CUBA"

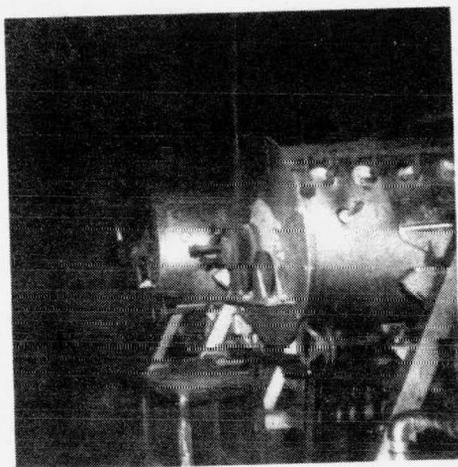


do corra tranquilamente y sin turbulencias al crisol, pudiéndose además, vaciar por completo con facilidad.

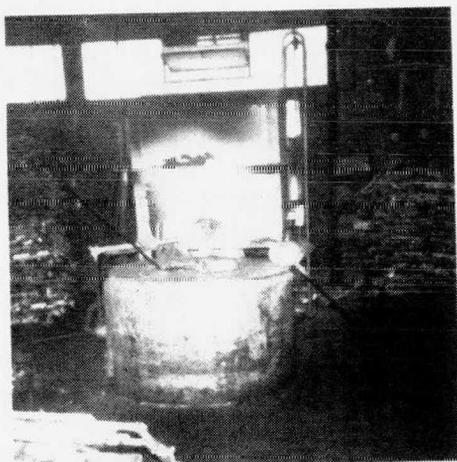
c).- Hornos de Tambor Rotatorio.- Estos son hornos cilíndricos con rotación lenta y continua, se presentan para la refundición de desechos de pequeño tamaño bajo capa de sal.

d).- Hornos de Inducción.- Contrariamente con lo que ocurre en los hornos con calentamiento por resistencia eléctrica. En este tipo de hornos el calor se produce directamente en el metal que ha de calentarse sin la intervención de elementos calentadores. La energía eléctrica se transforma en calor en el propio metal por la acción de un campo magnético creado por medio de una bobina de inducción.

e).- Hornos de Mantenimiento de Calor.- Los hornos de crisol o de cubeta calentados con coque no se prestan para hornos de mantenimiento de calor por su poca regulabilidad de temperatura. Los mejores resultados se consiguen con los hornos eléctricos, pudiendo utilizarse lo mismo el calentamiento por resistencias que el más moderno calentamiento por inducción. También se obtienen buenos resultados con los hornos de crisol calentados por gas. En las fundiciones que trabajan con coquilla se utilizan con frecuencia hornos dobles y múltiples.



HORNOS DE TAMBOR ROTATORIO.



HORNO DE MANTENIMIENTO DE CALOR.

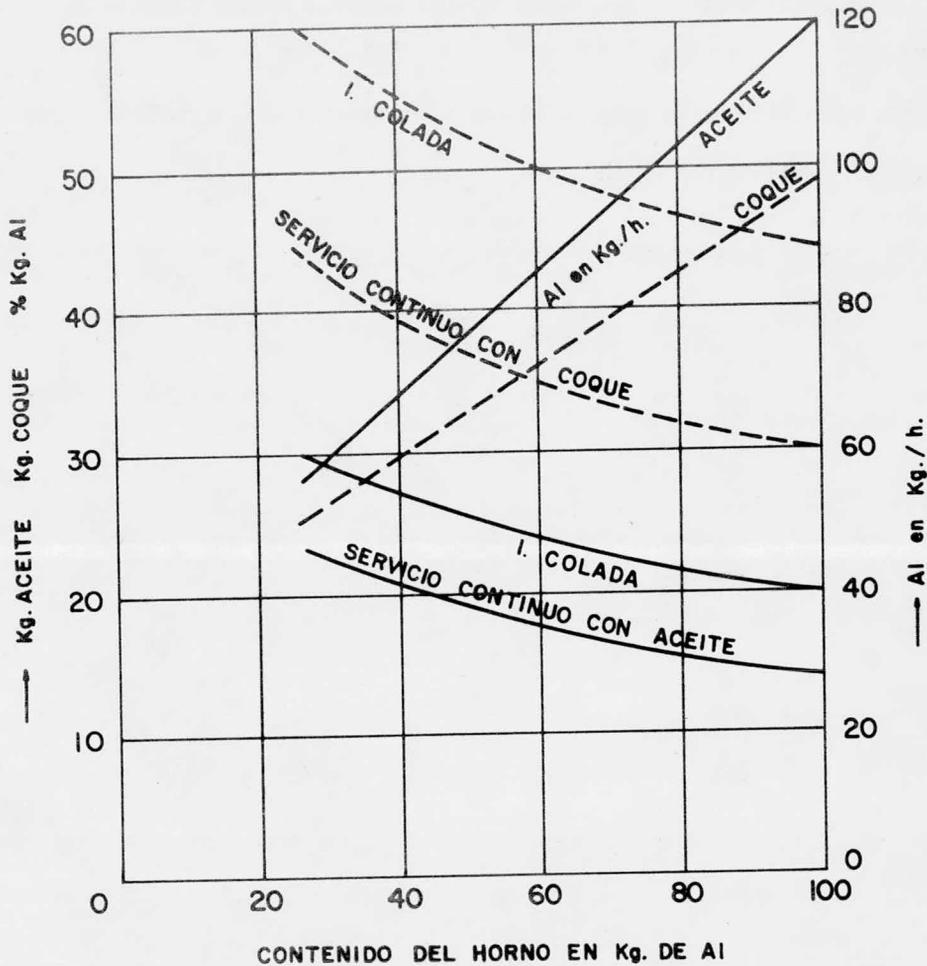
3.- SELECCION DEL CALENTAMIENTO MAS ADECUADO.

a.- Los hornos de crisol pueden calentarse -- por diversos medios:

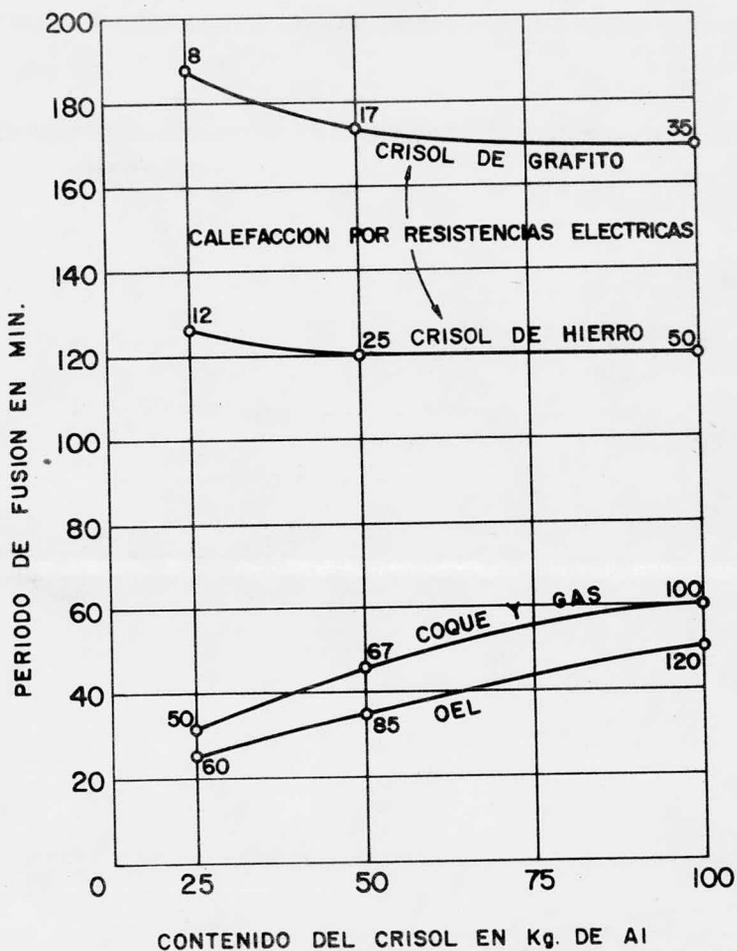
a-1.- Hornos calentados con combustible.- Son los del tipo más antiguo y sencillo. El caldo se encuentra en un crisol de grafito o de hierro fundido y no tiene contacto alguno con los gases de la combustión si el horno está bien construido y cuidado, mediante el calentamiento previo del aire se economiza el 15% de combustible.

a-2.- Hornos calentados con coque.- En caso de que todavía se empleen por su rendimiento, se -- construyen casi siempre con crisol recambiable. Este método es poco limpio. A causa de la mala regulabilidad de la temperatura se dan con facilidad sobrecalentamientos con absorción de gas. El coque -- que se utiliza debe ser completamente seco; al ex--traer el crisol se apelmasa el coque incandescente y por lo tanto ha de repetirse para cada carga las maniobras de encendido. El desgaste de los crisol--les de grafito es relativamente alto.

a-3.- Hornos calentados por gas.- El manejo -- del gas es más limpio y más sencillo, la regulabilidad de la temperatura suficiente, el rendimiento alto, el desgaste del crisol más pequeño que en el calentamiento con coque y la cantidad de la colada -- puede mantenerse más uniforme. En las grandes unidades, los hornos se construyen, o bien con crisol--



RENDIMIENTO DE LA FUSION Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS HORNOS DE CRISOL CALENTADOS CON COKE Y CON FUEL-OIL Ó GAS-OIL.



VALORES DE ORIENTACION PARA LA DURACION DE LA FUSION Y EL RENDIMIENTO DE FUSION EN HORNO DE CRISOL SEGUN EL TIPO DE CALEFACCION. LAS CIFRAS INDICADAS SE REFIEREN AL RENDIMIENTO DE LA FUSION.

les fijos para utilizar cucharas o cazos, o bien, - en tipo basculante. Sirven como hornos de fundi- - ción y como hornos para mantenimiento de calor y -- pueden utilizarse también para las aleaciones con - elevado contenido de magnesio.

a-4.- Hornos calentados por fuel-oil o gas.-- A estos hornos se les puede aplicar todo lo dicho - sobre los hornos de gas. Se fabrican generalmente- de tipo basculante y tienen gran rendimiento. La - regulabilidad de la temperatura está supeditada a - que el aceite combustible tenga un poder calorífico uniforme. Los sobrecalentamientos se dan con más - facilidad que en los hornos de gas. Estos hornos - sirven para la fusión previa de las fundiciones que cuelan en coquilla.

Tanto en los hornos con calentamiento por gas como en los de aceite han de evitarse las presiones excesivas, pues en tal forma existe el peligro de - absorción de gases a consecuencia del alto conteni- do de hidrógeno de los gases de combustión.

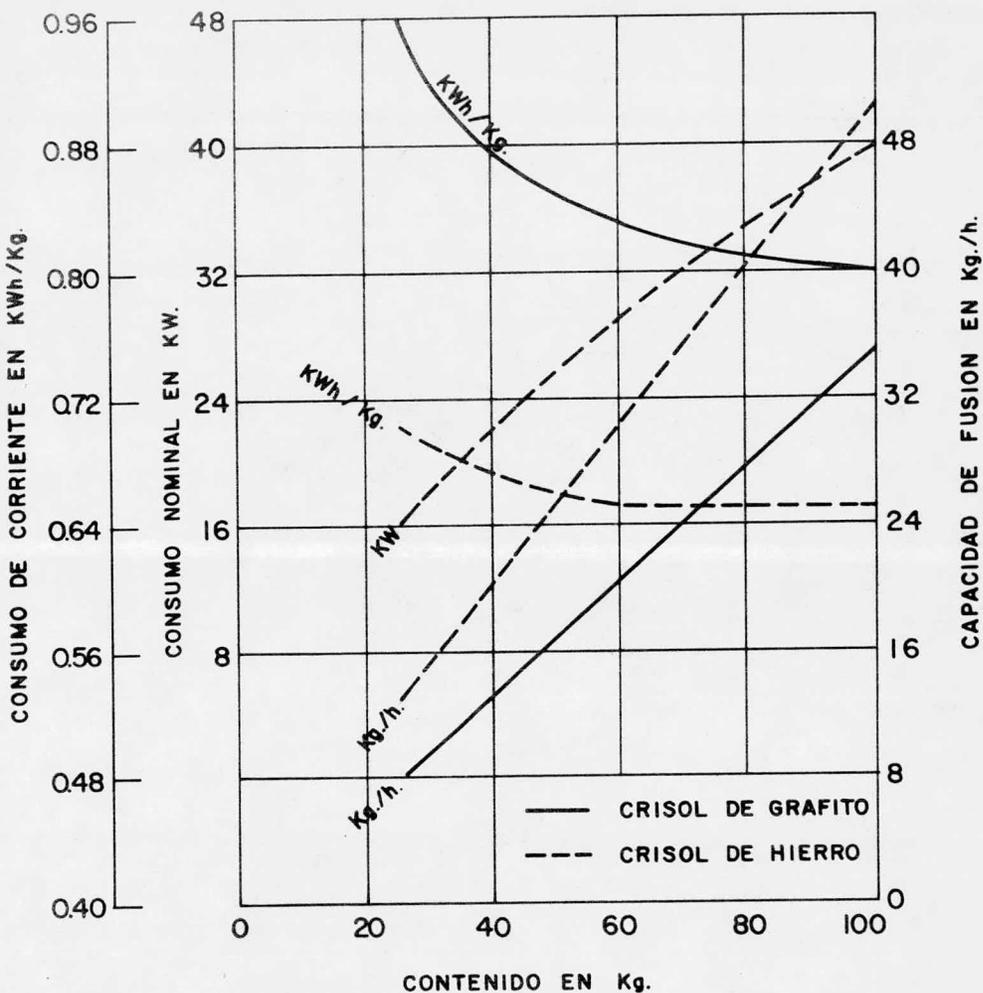
a-5.- Hornos con calentamiento eléctrico de - resistencias.- Pueden ser fijos o basculantes, te-- niendo en cuenta el calor de radiaciones indirecto- y la limitación de la temperatura de las resisten-- cias (1000 hasta 1100°C) son preferibles a los cri- soles de grafito los crisoles de hierro fundido de- paredes bien alisadas por su mejor conductibilidad- calorífica, de este modo también aumenta un poco el rendimiento que de por sí es bastante pequeño de es te tipo de hornos. Este horno se presta por su at-

mósfera completamente neutra sobre todo para hornos de mantenimiento de calor en las fundiciones que -- trabajan con coquillas. Dada su gran sensibilidad a las salpicaduras del metal y a los fundentes y gases, hay que proceder a la refinación con mucho cuidado. En la refinación con gases es preciso cuidar que éstos se eliminen bien.

b.- Para los hornos de cubeta se pueden utilizar los siguientes calentamientos:

b-1.- Hornos calentados con combustible.- Los hornos de cubeta calentados con gas pobre con generador antepuesto se prestan para la fusión de grandes cantidades de lingotes o de desechos de tamaño grande, utilizando el coque completamente seco, obteniéndose un gas prácticamente exento de hidrógeno, que permite, reduciendo ligeramente las llamas y -- controlando la temperatura con cuidado, lograr una colada uniforme e intachable.

Tratándose de hornos calentados por gas o por aceite combustible la condición previa para evitar la absorción de gases a consecuencia del gran contenido de hidrógeno de los de la combustión, es una temperatura baja de fusión de 720 a 740 grados centígrados. El calentamiento indirecto mediante tubos de irradiación asegura una atmósfera neutra del horno, por sus razones económicas se emplea con muy poca frecuencia. Los hornos de cubeta calentados por combustible pueden utilizarse ventajosamente para la refinación. La pérdida por quemado es de 1.2 hasta 1.5%.

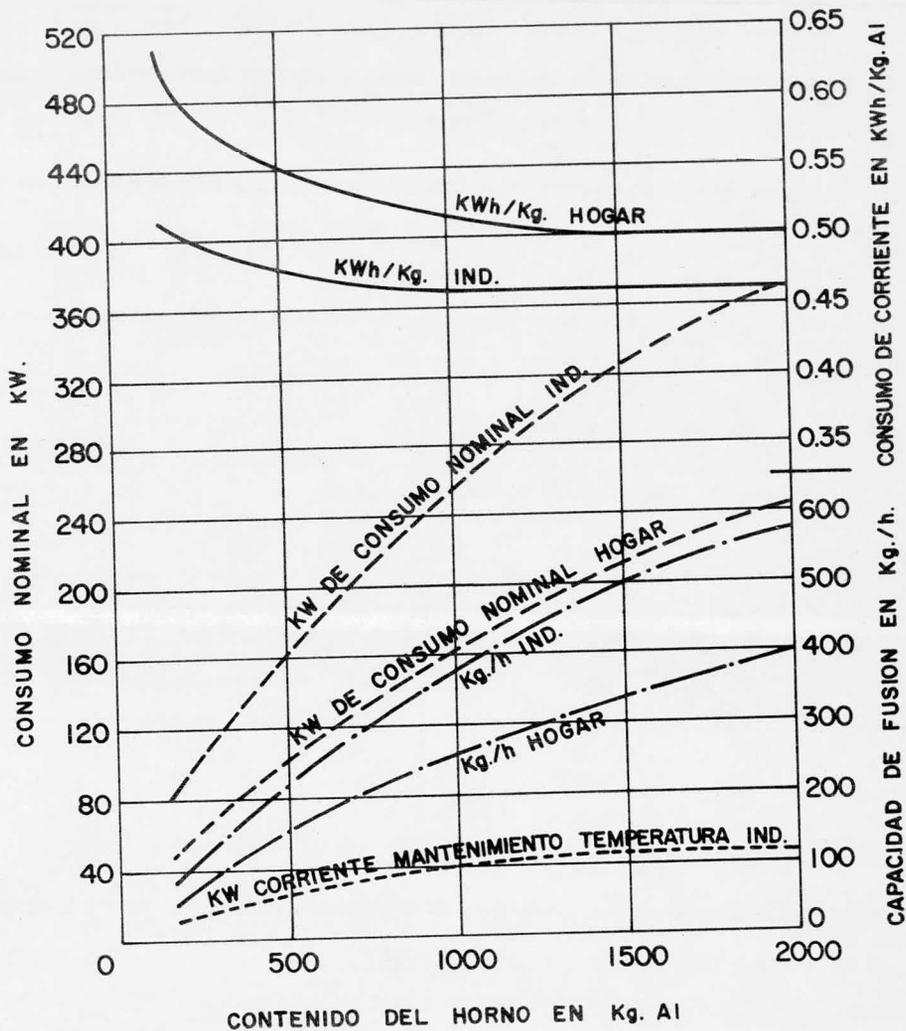


RENDIMIENTO DE FUSION, CONSUMO NOMINAL Y CONSUMO DE CORRIENTE EN HORNO DE CRISOL CON CALENTAMIENTO ELECTRICO.

b-2.- Hornos de cubeta con calefacción eléctrica por resistencia.- Estos hornos apenas se usan ya para la fusión en las fundiciones de moldeo por su rendimiento relativamente bajo. La gran duración de la fusión del lingote y desecho de mayor tamaño y la gran superficie del caldo, ocasionan una pérdida por combustión de 1.5 hasta 2%; sin embargo, se prestan excelentemente a ser utilizados como "mezcladores" y hornos de mantenimiento de calor para el metal fundido en otros tipos de hornos. No se prestan para la refinación por la sensibilidad de las resistencias (espirales o flejes). También es posible efectuar con precaución, fusiones bajo capa de sal.

c).- Estos hornos son calentados únicamente por combustibles.

d).- Los hornos de este tipo son calentados por medio de una bobina.- El calentamiento por inducción ofrece la ventaja de ser más económico que el que se realiza por la vía indirecta de las resistencias; además, en el calentamiento inductivo se originan unos movimientos en el caldo, que, bien graduados, producen un buen mezclado del mismo, que en muchos casos es necesario. Otras ventajas de los hornos de inducción son: pequeña pérdida por quemado de aproximadamente de 0.5 hasta 1% a consecuencia de la poca superficie del caldo, ninguna absorción de gases, buena regulabilidad de la temperatura, alto rendimiento, trabajo limpio, y el hecho de que se presta para la refinación.



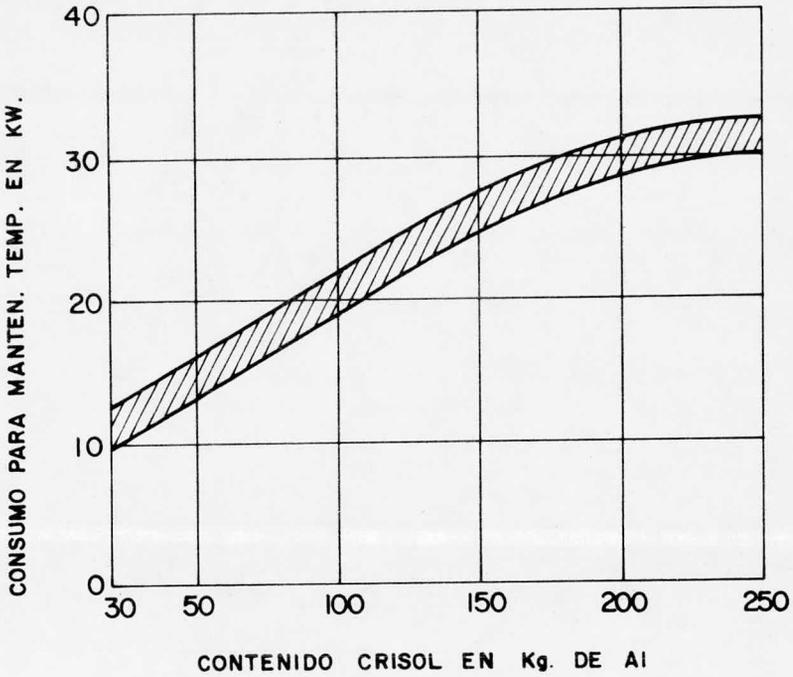
VALORES DE ORIENTACION PARA EL RENDIMIENTO DE LA FUSION Y EL CONSUMO DE CORRIENTE EN HORNO DE CUBETA CON CALEFACCION ELECTRICA POR RESISTENCIA Y EN HORNO DE INDUCCION.

Para estos hornos se utiliza casi siempre la frecuencia normal de la red de 60 Hz. Apenas se utilizan para la fusión de aleaciones de aluminio las frecuencias medias de 500 hasta 10,000 Hz y las altas de más de 10,000 Hz por su alto costo y mal rendimiento. Los hornos se fabrican con o sin regueras o canales.

d-1.- Horno de canal curvado.- El canal curvo garantiza un buen acomplamiento entre la bobina del horno y el metal de cebo, pues causa considerables dificultades en la obligada limpieza diaria, para la limpieza de los óxidos de aluminio que quedan en el canal hay que utilizar utensilios en forma de cadena.

d-2.- Hornos de canal recto.- Con objeto de disminuir las dificultades de limpieza se han construido hornos de canal recto, que pueden limpiarse con herramientas rígidas. Los hornos de inducción con canal de cebo, cualquiera que sea la forma de éste, tienen frente a su alto grado de rendimiento eléctrico, el inconveniente de que necesiten un remanente de caldo fundido, cuyo volumen equivale a la cuarta o tercera parte de la totalidad del volumen del horno sustituyéndolo por otro al cambiar la aleación.

d-3.- Hornos de inducción sin canal.- Los inconvenientes arriba mencionados no se dan en los hornos sin canal. La fusión puede empezar con material sólido, de modo que el cambio de aleación no ofrece dificultades. La parte en que se verifica -



VALORES DE ORIENTACION PARA EL CONSUMO DE CORRIENTE EN HORNOS DE MANTENIMIENTO DE CALOR, CALENTADOS POR MEDIO DE RESISTENCIAS ELECTRICAS.

la fusión puede limpiarse con rapidez, dada su configuración sencilla y lisa en forma de crisol. La instalación es más barata y rápida que en los hornos de canal. El horno se adapta sin dificultades a los trabajos intermitentes y se presta también de forma excelente para la elaboración de aleaciones de alto contenido de magnesio.

e).- Como ya se describió anteriormente, estos hornos obtienen los mejores rendimientos al ser calentados por medios eléctricos, ya sea por resistencias o por calentamiento de inducción. También se obtienen buenos resultados con los de crisol calentados por gas.

4.- FACTORES ECONOMICOS EN EL CALENTAMIENTO DE LOS-HORNOS DE FUSION.

En todos los tipos de hornos ha de tenerse en cuenta muy especialmente la tendencia del caldo a la oxidación y a la absorción de gases para determinar el rendimiento económico de los diversos tipos de hornos y orientar en la elección del tipo más -- adecuado para las necesidades de la explotación, -- han de considerarse los siguientes factores de los que ya los mencioné en parte, al describir los tipos de hornos.

CONDICIONES DE EXPLOTACION:

Volumen de la carga en función de la cantidad de metal a fundir por unidad de tiempo.

Procedimiento de colada (en arena, en coquilla o a presión).

Número de las aleaciones a fundir simultáneamente, o también frecuencia del cambio en la aleación.

Régimen de trabajo en uno o varios turnos.

CONDICIONES TECNICAS Y COLADA Y METALURGICAS:

Propiedades físicas del material de partida, forma y características de éste.

Composición química de la aleación que ha de fundirse (altamente resistente a la corrosión, aleaciones de primera fusión exentas de cobre y de gran contenido de Mg. o aleaciones de refundición con gran contenido de metales pesados, o de mayores tolerancias en cuanto a metales extraños, o influencia del sistema de calefacción sobre el metal, absorción de gases oxidación).

Mayor o menor grado de la posible agitación - del metal al prepararlo, fundirlo o colarlo.

Regulabilidad de la temperatura (combustión o quemado y absorción de gases a consecuencia del excesivo calentamiento).

Fusión bajo capa de sales y refinación.

COSTOS DE EXPLOTACION DETERMINADOS POR:

Costos de adquisición

Los de calor y energía (coque, gas, aceite o fluido eléctrico).

Pérdida por quemado.

Rendimiento térmico del horno.

Salarios (servicio sencillo, posibilidad de fácil preparación y limpieza).

Costo de reparación.

La fluctuación de precios en los últimos años ha modificado la relación de los costos del coque.



gas, aceites, combustibles con respecto a los de la energía eléctrica, a favor de esta última. A consecuencia de éstos adquieren los hornos eléctricos y sobre todo los de inducción, un interés mayor.

En la tabla siguiente se muestra un resumen sobre la capacidad, el rendimiento y la cantidad aproximada de combustible o de energía eléctrica que necesitan los diversos tipos de hornos.

Sistema de Calefacción		Capacidad Kg. Al	Rendimiento de fusión Kg Al/hora	Consumo de combustible por 100 Kg. Kg. Al	Consumo Elect/100 Kg. Al Kwh
<u>Hornos de Crisol</u>					
Combustible	Coque	50 - 580	50 - 150	45 - 30 Kg	
	Gas	50 - 500	50 - 250	35 - 25 Nm ³	
	Aceites Pesados	50 - 500	50 - 250	15 - 12 Kg	
Eléctrico	Resistencia	25 - 150	10 - 80 Crisol de Hierro Fundido		100 - 75
	Inducción 2*	30-1000	25 - 300 Crisol de Grafito		60 - 50
<u>Hornos de Cubeta</u>					
Combustible	Coque	500-5000	250-800	30 - 25 Kg	
	Gas	500-5000	250-800	30 - 20 Nm ³	
	Aceites Pesados	500-5000	300-1000	15 - 11 Kg	
Eléctrico	Resistencia	400-5000 (20,000)	80-600 (1000)		50 - 46
	Inducción	Con canal	200-5000	50 - 900	50 - 45
	Sin canal	300-3000	100-1100		60 - 50

2* NOTA: También para hornos pequeños de varias cámaras.

CAPITULO IV.

REFRACTARIOS

Los refractarios se definen como "materiales no metálicos que pueden trabajar a altas temperaturas".

La estabilidad a altas temperaturas física y química es el requerimiento primario para los materiales refractarios y su gran resistencia al choque térmico que se origina por el encendido y apagado de los hornos.

Los refractarios son indispensables para cualquier cosa manufacturada, ésto es obviamente necesario para fundir minerales, refinar metales, generar vapor, producir vidrio, cemento portland, ladrillos para la construcción, alfarería, etc. Son de necesidad vital en la producción de papel, textiles, -- plásticos, etc. Los refractarios se dividen en:

* ACIDOS.- Los cuales operan en condiciones de medio ácido y son materiales sílico-aluminosos - -- (SiO_2 - Al_2O_3).

BASICOS.- Los cuales operan en condiciones de medio básico y son materiales a base de mezclas de magnesita (MgO) y de cromita (Cr_2O_3).

NEUTROS.- Pueden trabajar en condiciones ácidas, básicas o neutras, y están hechos a base de pura cromita (Cr_2O_3) o de alúmina tabular.

ESPECIALES.- Como el carbón grafito, carburo, de silicio, zirconio, etc.

1.- SELECCION DE LOS REFRACTARIOS.

La economía en el uso de refractarios es fuertemente gobernado por la selección más adecuada de los mismos para la finalidad particular que se pretenda. Un estudio cuidadoso del diseño y condiciones de operación del horno, ayudará mucho en esta selección.

El tipo y clases de refractarios más adecuados para cualquier caso particular es determinado por los siguientes factores:

A.- FACTORES RELATIVOS A OPERACION.

- a).- Función del horno. (El horno puede ser de fundición, tratamiento térmico, secado, calcinado, etc.
- b).- Naturaleza del material o materiales que serán procesados.
- c).- Razón de operación. (Cantidad o capacidad del horno).
- d).- Continuidad de operación, discontinuidad o duración del ciclo.
- e).- Temperatura en las partes principales del horno.
- f).- Rapidez y rango de los cambios de temperatura.
- g).- Fuentes de calor. Clase o clases de-

- combustibles, arco eléctrico, resistencia o inducción.
- h).- Calor liberado por unidad de volumen.
- i).- Cantidad de calor disipado (Eficiencia).
- j).- Ataque químico de: óxidos metálicos, escorias, o cenizas de combustible, o bien otros materiales.
- k).- Ataque químico de: polvos, humos o gases.
- l).- Fluidez del metal fundido o de la escoria.
- m).- Velocidad de los gases que entran en contacto con el revestimiento.
- n).- Abrasión resultante de las cargas móviles.
- ñ).- Abrasión debida a polvos o gases en movimiento.
- o).- Impacto debido a la carga fría.
- p).- Erosión debida a los metales fundidos.
- q).- Incidencia de flamas o distribución de calor.
- r).- Los efectos de flamas pulsantes, explosiones o vibraciones de maquinaria.

B.- FACTORES RELATIVOS A DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL HORNO.

- a).- Tipo de horno. (túnel, reverbero, rotatorio, etc.
- b).- Volumen del horno para inyección máxima de combustible.
- c).- Diseño y dimensiones de paredes y arcos.
- d).- Cargas colocadas sobre los materiales refractarios.
- e).- Condiciones del calentamiento:

Interior y exterior a paredes por más de un lado, como un lingote -- del piso y bóveda del horno.

- f).- Grado de aislamiento.
- g).- Ventilación de las partes del horno.
- h).- Enfriamiento de aire o agua.
- i).- Tipo de construcción:

Tabique o materiales monolíticos,
 métodos de uniones y soportes,
 tipo de liga,
 espesores de juntas,
 naturaleza de la liga del mortero--
 si se usa,
 previsiones de expansión térmica,

mecánica de las partes móviles, --
por ejemplo:

hornos rotatorios, carros de horno,
túnel.

C.- FACTORES RELATIVOS AL REFRACTARIO.

a).- PROPIEDAD A TEMPERATURA ATMOSFERICA. (Solamente tabiques).

Forma de ejecutar el trabajo, uni-
formidad en tamaño,

habilidad para resistir manipula-
ciones manuales,

uniformidad en composición y textu-
ra,

tamaño del tabique,

diseño de la forma del tabique

b).- PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS. -- (Todos los refractarios):

Refractabilidad. (Resistencia a la
fusión, ablandamiento o deforma-
ción a altas temperaturas).

temperatura de vitrificación,

expansión térmica reversible,

resistencia al choque térmico,

resistencia al ataque químico,

resistencia a impactos y esfuerzos
mecánicos,

resistencia a la abrasión y a la erosión,
 permeabilidad de gases y líquidos,
 estabilidad de volumen, porosidad,
 impermeabilidad. (cómo son afectadas por las condiciones del horno),
 estabilidad y constitución del mineral,
 resistencia a gases y humos,
 conductibilidad térmica,
 capacidad calorífica,
 capacidad dieléctrica.

c).- FACTORES ECONOMICOS.

Costos estimados,
 costo de instalación,
 tamaño standard contra formas especiales,
 vida de servicio,
 valores recuperados (ahorros)

* Los materiales refractarios que a nosotros nos interesan para los hornos de aluminio, son los refractarios ácidos.

Los refractarios seleccionados son monolíticos debido a su rápida instalación, mayor durabilidad, menores pérdidas de calor y por lo tanto, ma-

por ahorro de combustible, ya que se eliminan tantas juntas de expansión como existen en las instalaciones con tabique, las cuales permiten fugas de calor en la zona superior y penetración del metal en la zona de baño, disminuyendo así la vida del refractario.

* De acuerdo a su instalación, los monolíticos se dividen en:

Plásticos.

Apisonables.

Concretos.

Plásticos.- Son refractarios en forma plástica, dicha plasticidad permite al material de ser instalados martillando con martillos normales o de aire, para lograr las formas requeridas que se conservan una vez que se ha quitado el molde. Su contenido de humedad es de 9 a 12.5% y su contenido de alúmina puede variar de 30% a 85%. Los plásticos pueden ser de fraguado cerámico o fraguado al aire.

Apisonables.- Son refractarios cuya plasticidad le permiten aplicarse con martillos neumáticos. Su contenido de humedad varía de 5 a 6%; son de alta alúmina y su contenido de ésta varía de 60 a 90%.

* Concretos.- Son mezclas de agregados resistentes al calor y cementos hidráulicos resistentes al calor, en que alguno de sus componentes reaccionan químicamente con el agua para formar una liga hi-

dráulica fuerte, son colados. Los concretos se dividen en:

- a).- Aislantes y
- b).- Refractarios.

a).- Concretos Aislantes.- El ahorro de combustible es la principal y única razón del uso de aislantes en los revestimientos de hornos industriales, el cual reduce las pérdidas de calor por energía almacenada en el revestimiento. Su contenido de alúmina varía de 15 a 50%, son sumamente ligeros.

b).- Concretos Refractarios.- Su contenido de alúmina varía de 29 a 96%, son más densos que los aislantes y su composición también varía, por lo que son refractarios de resistencia normal o de alta resistencia.

De acuerdo a sus calidades y contenido de alúmina los refractarios ácidos se dividen en:

Refractarios de calidad intermedia, cuyo contenido de alúmina varía en concretos de 28 a 30% y cuya temperatura máxima de operación es de 800°C y en plásticos su contenido de alúmina varía de 35 a 37% y cuya temperatura máxima de operación es de 1590°C.

Refractarios de alta calidad.- Su contenido de alúmina varía de 33 a 40% y las temperaturas de operación varían de 1370 a 1590°C.

Refractarios de calidad superior.- Su contenido de alúmina varía de 43 a 47% y las temperaturas de operación varían de 1450 a 1660°C.

Refractarios de alta alúmina.- Su contenido de alúmina varía de 55 a 96%, sobre todo se elaboran con alúmina tabular que es una alúmina sinterizada, densa, completamente contraída, con cristales de alúmina alfa bien desarrollados. La alúmina ha sido convertida a la forma de corindón calentándola a una temperatura ligeramente por debajo de los 2040°C, o sea, el punto de fusión del óxido de aluminio. Se le aplica el nombre de tabular debido a que el material está compuesto predominantemente de cristales uniformes en forma de tabletas. La alúmina tabular se caracteriza por las siguientes propiedades químicas y físicas:

- 1.- Elevada pureza química,
- 2.- Extrema dureza de los cristales finales
- 3.- Densidad 3.96 gr/cm³
- 4.- Alto punto de fusión
- 5.- Químicamente inerte
- 6.- Elevada conductividad térmica
- 7.- Buena resistencia al choque térmico
- 8.- Elevada resistencia eléctrica
- 9.- Excelente estabilidad de volumen
- 10.- Superficie altamente reactiva para ligas-cerámicas.
- 11.- Ausencia de microfisuras y porosidad in-

terna gruesa.

12.- Elevada resistencia del grano individual.

LAS LIGAS EN LOS MATERIALES.

LIGA HIDRAULICA.- Es la liga que se desarrolla con los materiales cuya mezcla reacciona químicamente con el agua para hacer que a cierta temperatura el material desarrolló una dureza grande.

LIGA CERAMICA.- Es la resistencia mecánica desarrollada por tratamiento térmico que causa la cohesión de las partículas adyacentes, se opera en materiales que contengan un componente plástico.

LIGA AL AIRE.- Es la liga que obtienen los materiales a temperaturas ambiente antes de ser quemados.

LIGA QUIMICA.- Es una liga de alta resistencia a bajas temperaturas, bastante buena estabilidad en volumen y mucho mejor resistencia a fuerzas destructivas en servicio. Una de las más importantes ligas químicas es la formada por el ácido fosfórico. Su acción de liga está basada en la reacción química, entre la alúmina contenida en el material y el ácido fosfórico. Esta liga se efectúa principalmente con materiales de alúmina tabular, ya que con materiales de alúmina normal la liga no es tan fuerte y también porque con materiales de alúmina normal (bauxita), cuando hay impurezas en la mezcla (fierro metálico adherido durante la fusión) el ácido reacciona con esas impurezas y como resultado de

esta reacción, millones de pequeñas burbujas se desprenden y la masa completa instalada será mucho más porosa que en el caso de refractarios con alúmina - tabular.

Las ligas químicas se elaboran únicamente con materiales aplicados en forma de apisonamiento ya - que se necesita proveer de un íntimo contacto entre el ácido y las partículas de alúmina al instalarse el material.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA LIGA QUIMICA.

Las ventajas son:

- a).- Liga muy fuerte a bajas temperaturas
- b).- Hay alta refractabilidad
- c).- Tiene mucha densidad y baja porosidad
- d).- Alta resistencia mecánica.

Las desventajas son:

- a).- Alto precio
- b).- Existe cierto peligro si no se efectúa - un buen quemado.
- c).- Corta vida de almacenamiento.

Para los hornos de reverbero de aluminio los materiales más adecuados son:

PISO:

En la parte inferior del piso un concreto aislante con alta resistencia mecánica y en la parte superior en contacto con el metal, un apisonable de alta alúmina (80% o más) y liga fosfórica.

MUROS.

a).- En la parte inferior o zona de baño como revestimiento interior un concreto aislante con resistencia mecánica y en contacto directo con el metal un apisonable alta alúmina (80% o más) y liga fosfórica.

b).- En la parte superior como revestimiento interior placas de block aislante y como revestimiento exterior un plástico de calidad superior.

BOVEDA:

En la parte superior placas de block aislante y en la parte inferior un plástico de calidad superior.

PUERTA:

En la parte interior placas de block aislante y en la parte exterior un concreto aislante de alta resistencia.

Todos los materiales monolíticos deberán ir debidamente anclados.

2.- APLICACION DE LOS REFRACTARIOS.

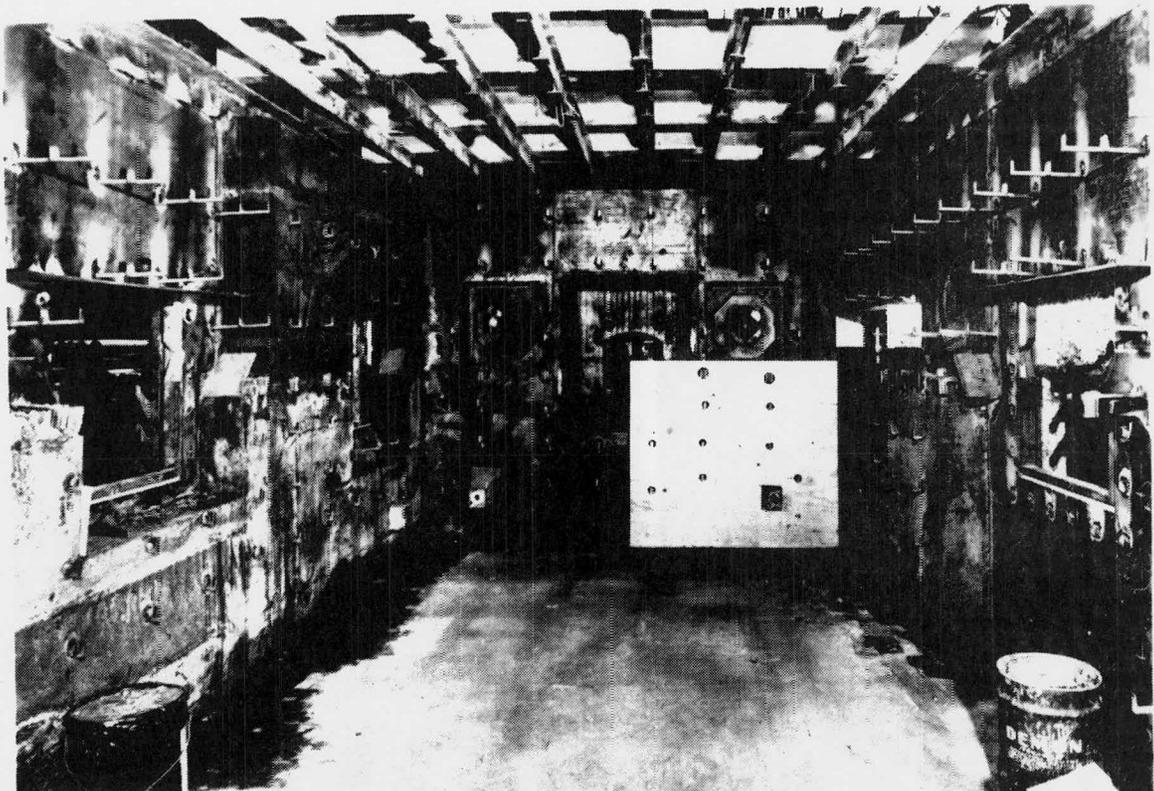
LOS CONCRETOS.- Los concretos de fraguado hidráulico son mezclados y formulados en varios grados para un amplio campo de aplicaciones. Al ser mezclados con agua, los concretos fraguan duramente a temperatura ambiente. Pueden ser colados con cimbras, enjarrados o aplicados neumáticamente.

Se empacan en bolsas a prueba de agua forradas con asfalto. Los concretos deberán almacenarse en un lugar seco y mantenerse seco y deberán ser usados dentro de los doce meses siguientes a su elaboración, o no desarrollarán la fuerza necesaria al usarse.

CIMBRADO.- Las cimbras podrán fabricarse de madera, metal, masonite, papel a prueba de agua, etc.

Las cimbras deberán ser herméticas para evitar que los finos del material o agua se escurran por las juntas. Las formas deberán ser apuntaladas bien de manera que no se muevan o se asienten al ser instalado el material.

Las cimbras hechas de materiales absorbentes deberán aceitarse bien o pintarse de manera que no absorban agua del concreto y puedan ser removidas fácilmente. Si ésto no se hiciera la superficie del concreto será suave y arenosa debido al fraguado incompleto del material por falta de agua.



COLOCACION DE ANCLAS Y CINCHA
EN UN HORNO DE REVERBERERO.

MEZCLADO.- El contenido completo de cada bolsa deberá ser paleado perfectamente antes de añadir agua para evitar la segregación entre el material calcinado y el de liga que ocurre al embarcarse.

El control para una adición correcta de agua es definitiva para obtener de los concretos una consistencia correcta y lograr el óptimo de sus propiedades.

La cantidad de agua aproximada puede variar un poco de la mostrada en las hojas de especificaciones de los fabricantes, debido a la menor variación de los mismos materiales y a las condiciones atmosféricas.

La antigua prueba de la "Bolita en la Mano" es considerada aún el mejor método a utilizar para determinar en el campo la consistencia apropiada para cada concreto.

Esta prueba se lleva a cabo de la forma siguiente:

- 1.- Después de mezclar perfectamente el material con agua de preferencia ablandada, se forma una bola compacta de la mezcla en la palma de la mano,
- 2.- Se arroja la bola hacia arriba a una distancia aproximada de 30 cms. y se cacha con la mano,
- 3.- Se trata de determinar si la consistencia es correcta.



DEMASIADO SECO (Fig. 1)



DEMASIADO HUMEDO (Fig. 2)



CANTIDAD DE AGUA CORRECTA (Fig. 3)

Se puede resumir lo anterior en la siguiente forma:

- a).- Si la bola al caer se deforma entre los dedos, escurriendo algo de agua, hay exceso de agua,
- b).- Si la bola al caer se deforma entre la mano, le falta agua,
- c).- Si la bola conserva su forma, sin deformarse ni desintegrarse, la cantidad de agua es correcta.

Para cantidades grandes de concreto, se recomienda el uso de una revolvedora.

Es muy importante que la mezcla de concreto sea utilizada en la consistencia correcta, sin exceso ni falta de agua, ya que en ambos casos se reduciría la fuerza final, la vida de servicio y bajaría la densidad de los concretos.

COLADO.- Tan pronto como se termina de mezclar, se cuela el concreto sobre la cimbra. No debe permitirse que el concreto permanezca sin colarse o aplicarse más de 15 minutos. Se cuela despacio sobre las cimbras teniendo cuidado de que todos los espacios se llenen completamente. Se vibra el concreto continuamente al estar colando para obtener una masa compacta, libre de bolsas de aire.

Al colar el concreto contra mampostería o materiales porosos éstos deberán ser empapados con --

agua o impermeabilizados para resistir la humedad - antes de instalar el concreto en su lugar y para -- prevenir que la humedad del concreto sea absorbida -- por dichos materiales. Hay que tener especial cuidado cuando se trata de colar sobre blocks aislantes.

La pintura asfáltica es un buen elemento para acondicionar materiales y dejarlos impermeable, - - aplicada con rociador o bien normalmente con brocha. Si el trabajo no se completa en una sola operación, se deja una señal en la cara incompleta de concreto para terminarse después. Se humedece el material - instalado con anterioridad antes de instalar concretos nuevamente.

ANCLAJE.- Las paredes verticales de concretos deberán soportarse del muro exterior por medio de - anclas espaciadas sobre centros de 45 a 60 cms. En ciertos casos, se utilizará una malla de alambre ligero para reforzar.

CURADO.- Los concretos fraguan fuertemente -- sin necesidad de calor debido a la acción química - entre el agua y el concreto.

Todos los concretos deberán protegerse contra congelación durante el período de curado. Se usará agua caliente si se preven temperaturas menores de 5°C. Si el concreto se congela antes de fraguar, - se echará a perder.

Si se instalan concretos en pisos, etc. en -- donde la superficie está expuesta o donde las cim--

bras puedan quitarse y se requiera un máximo de dureza, el material deberá ser curado con agua. Se comienza el curado con agua tan pronto como se puede tocar la pared con el dedo y éste no se ensucia con material. Se mantiene la superficie húmeda rociándola frecuentemente con agua.

QUEMADO.- Al final del período de curado el concreto podrá ser puesto en servicio.

Se pondrán los concretos en servicio calentando lentamente de 37° a 100°C para expulsar el exceso de humedad. Después se continuá aumentando la temperatura de 100 en 100°C por hora hasta llegar a la temperatura máxima de operación, manteniéndola un mínimo de 6 horas. Terminado ésto se puede operar el horno.

APLICACION NEUMATICA.- Todos los concretos -- pueden ser aplicados neumáticamente, pero algunos se adaptan más a este tipo de aplicación que otros.

PLASTICOS.-

La instalación de material plástico refractario es un proceso sencillo. Los pasos principales a seguir son los siguientes:

- 1.- Se quita el revestimiento refractario anterior
- 2.- Se instalan las anclas refractarias
- 3.- Se instalan soportes seccionales si se requieren.

- 4.- Se martillea el material en su lugar con un martillo de fierro
- 5.- Se empareja la superficie
- 6.- Se cortan las juntas de expansión
- 7.- Se efectúa el proceso de secado y quemado.

Los plásticos refractarios no se instalan como una capa sobre un revestimiento anterior de ladrillo. El revestimiento plástico siempre reemplaza por completo el viejo revestimiento.

Por lo tanto, el primer paso es quitar el revestimiento anterior dejando la pared o revestimiento anterior desnudo. Al parchar o reponer parcialmente un revestimiento, el revestimiento existente deberá quitarse hasta el lugar en donde el material antiguo se encuentre en perfectas condiciones.

Las anclas deberán ser usadas para cualquier instalación de material plástico excepto al efectuar parches que no requieran espesores grandes. Estas anclas sujetan firmemente el material refractario a la pared exterior, pero permiten libertad de movimiento bajo las fuerzas de expansión y contracción. Hay variados tipos de anclas para diferentes tipos de servicio. Las anclas deberán instalarse a una distancia de 45 cms. una de otra. La primera hilera de anclas deberá estar colocada de 45 a 60 cms. sobre la línea de emparrillado. La hilera de arriba de la pared o del entrepaño deberá quedar a unos 15 cms. de la punta.



INSTALACION DE PLASTICOS REFRACTARIOS.

De ser posible, se recomienda que cualquier pared de plástico de más de 2.10 mt. de alto, esté sostenida por medio de soportes seccionales. Estos soportes son muy útiles debido a que pasan el peso del revestimiento refractario a las paredes de afuera. En paredes altas deberá colocarse una hilera de soportes seccionales cada 1.50 mt.

Se recomiendan soportes de aleación de alta temperatura para distribuir el peso de paredes revestidas con material plástico. Los soportes se fabrican en una gran variedad de estilos para aplicaciones varias.

Los materiales plásticos se envasan en cajas de cartón, dentro de las cuales el material se encuentra recubierto con polietileno para asegurar su humedad y un almacenamiento prolongado.

El plástico está cortado de fábrica en seis secciones para una aplicación más conveniente después de que el cartón ha sido abierto. El material deberá ser separado en estas secciones por medio de palas o espátulas.

El plástico se puede usar al instante sin mezclar o añadir agua. Sin embargo, si el material ha sido almacenado por un largo período, deberá probarse antes de ser usado. El material estará en condiciones apropiadas para usarse si está lo suficientemente húmedo que se pueda formar una pelota en el hueco de la mano como si fuera mastique.

No se instale material que se encuentre seco y se desmorone fácilmente.

Si el material se ha secado, deberá separarse en placas y cada placa rociarse con agua. Después se juntan las placas y se dejan toda la noche para que la humedad sea absorbida. Este método le devolverá al material su plasticidad original parecida a la del mastique.

El material nunca deberá ser instalado si se siente lodoso o aguado. No se debe añadir demasiada agua para reacondicionarlo.

Si el material está congelado, se procederá a descongelarlo completamente antes de usarlo. Se -- quita la envoltura de cartón, pero no la interior -- de polietileno y se coloca el material en un lugar caliente, de preferencia cerca de una caldera. Conforme se va descongelando el material, parecerá que está excésivamente húmedo, pero conforme se va descongelando la humedad se irá absorbiendo completamente y el material recobrará su condición plástica original.

Para la instalación del material plástico se recomienda martillo de herrero o albañil de 1 a 1.5 Kg. Si se desea, se podrá usar un martillo de aire siempre que lo opere una persona experimentada.

Antes de instalar el material, la pared exterior se cepillará quitándole el mortero suelto, ho-

llín y mugre. Las parrillas y el piso del horno deberán limpiarse cuidadosamente y cubrirse con car--tón para que si cualquier porción de material cae - al suelo, pueda recobrase y usarse de nuevo.

Al instalar el material, el mejor procedimiento es colocar las losas a lo largo de la pared an--tes de martillear el material. Cualquier abertura--entre las losas deberá llenarse de material suelto. Después, el material se martilleará en su lugar. - Nunca deberá colocarse más de una línea de losas a--la vez. Si el material instalado tiene un espesor--de más de 7 cms. será imposible martillararlo y for--mar una pared sólida libre de bolsas de aire.

El martilleo deberá hacerse a conciencia. - - Grietas, erosiones causadas por el fuego y disgregaciones pueden resultar de un martilleo insuficiente.

Al construir una pared con plástico, deberá - guardarse el nivel de extremo a extremo. Es necesario también que se martillee hacia abajo, de manera que la parte superior de la pared se conserve pare--ja en todo momento. No se debe permitir que dicha--parte superior forme una pendiente hacia el horno.- No se martille la cara de la pared más de lo absolutamente necesario.

Al martillear el material no se debe hacer un lado para otro a lo largo de la pared. Se debe martillear de afuera hacia adentro.

Si se requiere mayor densidad en una pared o proporción de la misma, como sería el caso de las áreas laterales de las paredes a lo largo de la línea del emparrillado en donde la resistencia a la escoriación es importante, el material de plástico deberá instalarse con una cimbra de madera o metálica. Esta cimbra no necesita cubrir una parte muy grande de la pared puesto que se puede mover hacia arriba y de un lado a otro, conforme el trabajo avance. La principal precaución que deberá tomarse, es el asegurar esta cimbra firmemente en su lugar. Después de que la cimbra ha sido retirada, la superficie de la pared podrá pulirse con una cuchara o paleta, en las áreas en que la resistencia contra la escorificación es de vital importancia.

Al construir un arco plano o suspendido, es necesario utilizar una cimbra de madera abajo de la superficie interior del material para sostenerlo mientras se instala. Es muy importante que esta cimbra sea fuerte y rígida para que no se caiga bajo el peso del material.

Al quitar la cimbra deberá evitarse que el material se pegue a la madera. Para sostener los arcos planos fabricados con material plástico se usan anclas especiales. Estas anclas deberán instalarse de manera que el arco no se asiente al ser removido el armazón de cimbra.

Para construir arcos suspendidos, el material plástico dividido en losas dentro de los cartones,-

deberá quebrarse en pedazos más pequeños (cerca de seis pedazos por losa) para poderlos martillear en su lugar.

Cualquier pared construida sin cimbra, deberá rebajarse hasta lograr el espesor apropiado. Se recomienda el uso de una pala de punta plana como la mejor herramienta para rebajar superficies, mientras que la paleta se usará para aberturas de puertas y otras formas curvas. Las paredes de plástico no deberán alisarse (excepto en el caso de áreas en donde la resistencia a escorificación es importante) sino que se dejarán ásperas, pues ésto permite un escape más rápido de humedad durante el período de secamiento.

La instalación podrá ser rebajada de tiempo en tiempo conforme avance el trabajo. Los recortes deberán amontonarse en la parte posterior de la pared y deberán usarse antes de que estén demasiado secos para unirse con material fresco.

Las paredes construidas con material plástico de fraguado cerámico deberán ser cocidas tan pronto como se termine la instalación. Si las paredes se van a secar con aire por más de 48 horas, deberán evitarse corrientes de aire dentro del horno y la cara del revestimiento conservarse húmeda cubriéndola con sacos o tela mojada.

Las paredes construidas con material plástico de fraguado hidráulico pueden secarse al aire por un período ilimitado de tiempo. No se necesita ha-

cer nada para conservar la humedad del material.

Un revestimiento de material plástico no debe de dejarse congelar hasta que ha sido cocido y en el caso de un material de liga hidráulica, hasta -- que casi toda la humedad ha sido eliminada por medio de secado con aire. Si hay alguna posibilidad de congelamiento, un calentador portátil o un brase ro serán suficientes para proporcionar la protección de calor suficiente.

Se obtienen mejores resultados en el cocimien to manteniendo un calor uniforme en el horno. Se comienza con un fuego mínimo y después se aumenta la temperatura continuamente a razón de 50°C. por hora hasta alcanzar la temperatura de operación.

El horno deberá mantenerse a su temperatura de operación cuando menos unas 4 horas o más si es posible. Una vez que el cocimiento del material ha sido empezado, no deberá interrumpirse más que en el caso de una emergencia.

Si se ha utilizado material de fraguado hi- dráulico y el revestimiento se ha secado al aire -- por un período considerable de tiempo, se podrá calentar con una elevación de temperatura hasta de -- 100°C por hora.

Si es posible, se usará madera o carbón de co que, aunque también se podrán usar otros combustibles especialmente cuando la temperatura del horno ha alcanzado unos 600°C.

Por supuesto que no se podrá mantener una temperatura exacta, sin embargo, las temperaturas promedio del período completo de cocimiento deberán ser las que se mencionan arriba.

Cuando sea necesario poner el equipo en servicio de inmediato y no se puedan seguir las indicaciones para el cocimiento mencionadas, se deberán tomar varias precauciones para reducir las posibilidades de falla a un mínimo, debidas a un encendido prematuro de los materiales plásticos. Se agujerará la pared de material con una vara puntiaguda de 3 mm. en centros de 15 cms., estos respiraderos deberán adentrarse hasta la mitad del espesor de la pared.

Cuando se instalan materiales de fraguado cerámico, se deja que los arcos suspendidos se afirmen por un período mínimo de 24 horas antes de remover las cimbras. Después se deja que seque al aire una vez que la cimbra ha sido retirada antes de comenzar el período de cocimiento, si ésto es posible. Si se usa material de fraguado hidráulico, la cimbra deberá ser construida de manera que dos de cada tres tablas puedan ser retiradas para permitir el secado. Las demás tablas no necesitarán quitarse hasta que comience el cocimiento. Un arco de fraguado hidráulico deberá dejarse secar por lo menos unas 48 horas.

Si el arco suspendido debe ser puesto a fuego de inmediato y los períodos de secado se omiten, se instalarán anclas falsas.

Si a los arcos construídos con material de -- fraguado hidráulico se les permite secar al aire -- hasta que casi toda la humedad se ha eliminado, no-- se necesitarán agujeros como los que se recomenda-- ron en la sección de cocimiento de la pared.

Al cocer el revestimiento no se use cartón pa-- ra crear un gran fuego. Esto produce un fuego in-- tenso que no es uniforme y puede dañar el revesti-- miento en las primeras etapas.

Se pueden usar cartones para alimentar el fue-- go, pero siempre utilizando unos pocos a la vez.

VENTAJAS DE LOS MATERIALES APISONABLES CONTRA LOS PLASTICOS O CONCRETOS REFRACTARIOS.- Se refie-- ren generalmente a colocar en el revestimiento una-- gran densidad y libre de plastificantes que reducen la refractabilidad de la mezcla. Para aplicaciones críticas, las mezclas de apisonables proporcionarán las máximas propiedades obtenibles con un material-- específico por su propia composición. Si el apiso-- nado de los materiales es hecho en forma impropia,-- se puede esperar el peor servicio posible con estos materiales. Se han encontrado muchas fallas direc-- tamente atribuibles a técnicas inadecuadas de insta-- lación. El apisonado inadecuado puede no causar fa-- lla en aplicaciones que no sean críticas, pero muy-- seguramente resultará en una vida reducida de reve-- stimiento. En aplicaciones críticas de metales fun-- didos la buena técnica de apisonado es absolutamen-- te necesaria para poder esperar la máxima vida en -- servicio.



INSTALACION DE APISONABLES REFRACTARIOS.

El apisonado debe cumplir con los siguientes puntos:

- a.- Máxima densidad
- b.- Libre de laminaciones
- c.- Unión de las hiladas apisonadas en capas.

La máxima densidad es obtenible por aplicación de fuerza para que cada grano del material de la masa esté compactado. Los granos grandes deben ser forzados a estar completamente juntos y los granos pequeños deben ser empujados entre las aperturas entre los granos grandes.

La figura 1 ilustra qué pasa cuando capas gruesas de material son apisonadas, esto siempre ocurre pero se reduce cuando el espesor de la capa del material a apisonarse es menor.

La figura 2 muestra el efecto de variación del tamaño de la cabeza del apisonador. Mientras más pequeña es la cabeza es mayor la fuerza aplicada al refractario y es más grande la profundidad de compactación. Los apisonadores con cabeza grande hacen un trabajo defectuoso de apisonado a través de todo el espesor para conseguir una densidad uniforme.

Una tercera e importante consideración es el número de golpes de apisonado. Cuando se aproxima a una densidad máxima los granos grandes están en un contacto muy cerrado. Un muy ligero golpe con -



FIG. I

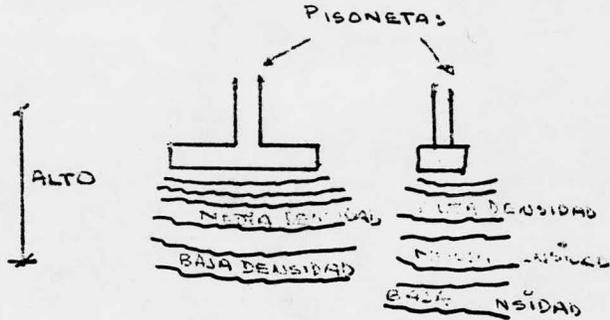


FIG. II

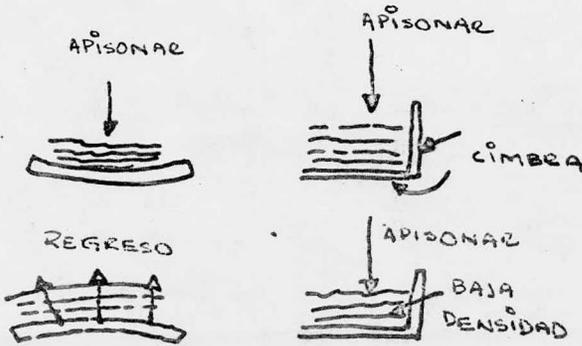


FIG. III



FIG. V

FIG. IV

La cabeza del apisonador puede incrementar directamente la compactación abajo de la cabeza, pero la fuerza puede ser transmitida a el material no directamente abajo de la cabeza del apisonador y disminuir la densidad en las áreas adyacentes. El apisonador debe proporcionar una fuerza uniforme que permita a todos los granos moverse y llenar todos los huecos.

Las cimbras son también factores importantes para obtener una máxima densidad. Si una capa muy delgada de refractario es apisonada sobre una placa de acero, la densidad puede disminuir, a menos que la placa sea muy rígida. La fuerza será transmitida a través del refractario a la placa de acero y las características elásticas del acero causarán que el material sea desplazado como se muestra exageradamente en el croquis de la fig. 3.

Un problema de densidad puede resultar de la instalación inadecuada de cimbra como se muestra en la fig. 4, que muestra cuan importante es la rigidez necesaria si se requiere obtener una máxima densidad.

Laminaciones son resultado directo de la segregación de los granos, los refractarios apisonados son diseñados usando granos de varios tamaños que controla la expansión y el encogimiento en servicio. Como resultado, ambos tamaños grandes y chicos deben ser usados. Si el material es sobre apisonado, los granos grandes se moverán hacia el piso de la capa y forzarán a los granos pequeños hacia -

la superficie. Esto significará que no tendremos propiedades uniformes a través de las capas apisonadas. Si lo mismo ocurre en la siguiente capa apisonada encontraremos una estructura similar a la Fig. 5. Esta estructura de capas no uniforme causará -- planos de debilidad y pobre estabilidad volumétrica en servicio. Los granos grandes de mezcla tenderán a sobredilatarse durante el calentamiento y los granos pequeños tenderán a encogerse.

La unión de las capas a apisonarse es importante para proveer resistencia uniforme y disminuir la disgregación. Después del apisonado de una capa, la parte superficial superior consistirá grandemente de granos finos de material. Como resultado esta superficie debe ser raspada para eliminar esta capa superficial y proveer una superficie con granos -- grandes que tengan mayor adherencia para la segunda capa. Cuando menos $1/8''$ de material debe ser removido por el raspado. Hay varias opiniones a que si el material raspado debe ser quitado o dejado. Esto se deja a conveniencia.

La técnica para la aplicación es como sigue:

- 1).- Los apisonadores neumáticos deberán ser de carrera corta. Un apisonador de banco no es satisfactorio.
- 2).- Para áreas grandes un apisonador con cabeza cuadrada de $2'' \times 2''$ deberá usarse. Para áreas menores de $4''$ de espesor, un apisonador teniendo dimensiones de cabeza de $1'' \times 2''$ debe usarse. Para espeso-

res más delgados la cabeza no excederá - de la mitad del ancho del área a apisonarse. Una cabeza de apisonar áspera es preferida, aunque no indispensable.

- 3).- La primera capa a apisonarse deberá ser aproximadamente 3" máximo de altura y -- con material desgranado y suelto. Las - capas subsecuentes deberán ser de 2" en las mismas condiciones.
- 4).- De dos a tres pasadas con el apisonador--deberán ser adecuadas para máxima compac--tación. Excesivo apisonado (5 a 6 pasa--das) puede causar laminaciones.
- 5).- Después que cada capa es apisonada, la - superficie total debe ser raspada y no - será necesario quitar el material suelto.

De ser posible, la instalación de los materiales apisonados deberá ser terminada en una sola operación, si es necesario interrumpir la operación de apisonado por más de una hora, se cubre la cara incompleta con un pedazo de trapo húmedo de manera -- que la cara permanezca húmeda y el nuevo material - se ligue a ésta de una manera apropiada.

Los materiales apisonables deberán ser quemados tan pronto como sea posible después de que la - instalación del horno ha sido terminada. Se podrán usar tanto el equipo quemador propio del horno o -- bien un quemador portátil si es que se tienen con--

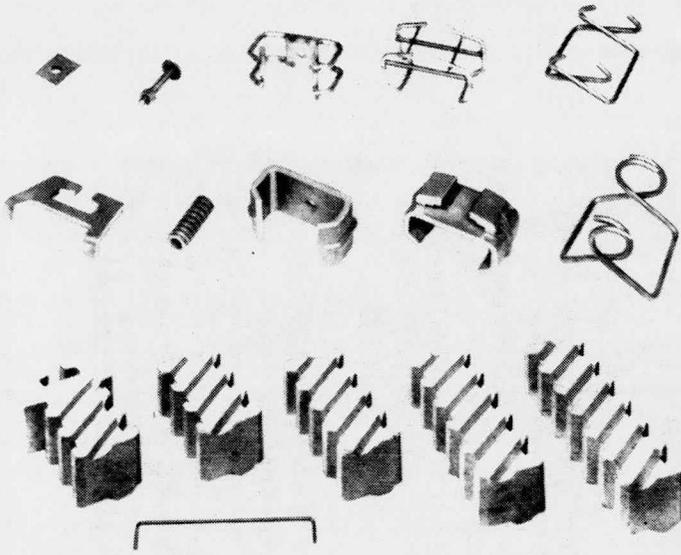
troles apropiados. La temperatura del horno deberá elevarse a no más de 50°C por hora hasta que se alcancen unos 538°C , entonces, la temperatura podrá aumentarse a 100°C por hora hasta alcanzar la temperatura de operación del horno. Se deja el horno a temperatura de operación durante 6 horas antes de ponerlo en servicio.

3.- TIPOS DE ANCLAJES.

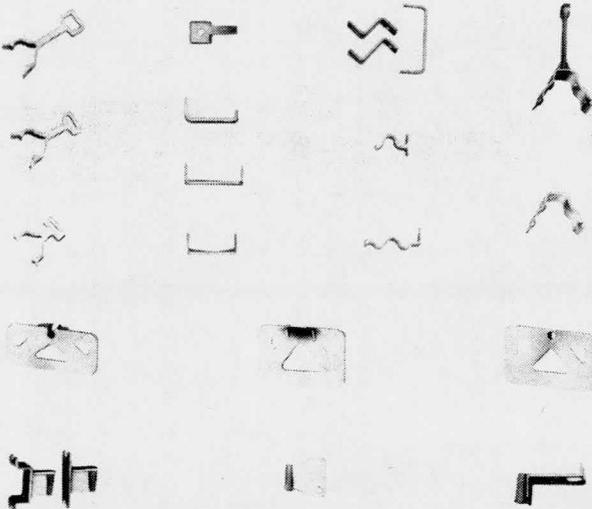
Todos los materiales monolíticos deberán estar debidamente anclados. Las anclas conocidas son:

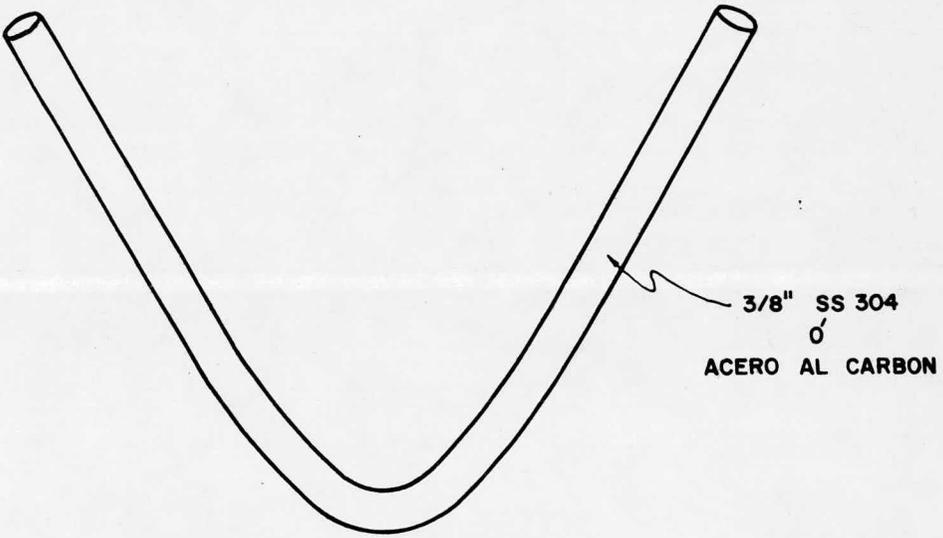
a).- Anclas en "V". Pueden ser de acero inoxidable (se usan cuando la temperatura es mayor de 500°C.), o de acero al carbón (se usan cuando la temperatura es menor de 500°C.) Se utilizan cuando se instala un solo material ligero y el espesor es menor de 9" (0.2286 mt.).

b).- Anclas en "Y". Pueden ser de acero inoxidable (se usan en temperaturas mayores de 500°C.), o de acero al carbón (se usan en temperaturas menores de 500°C.). Se utilizan cuando se instalan dos materiales ligeros y el espesor total es menor de 9" (0.2286 mt.).

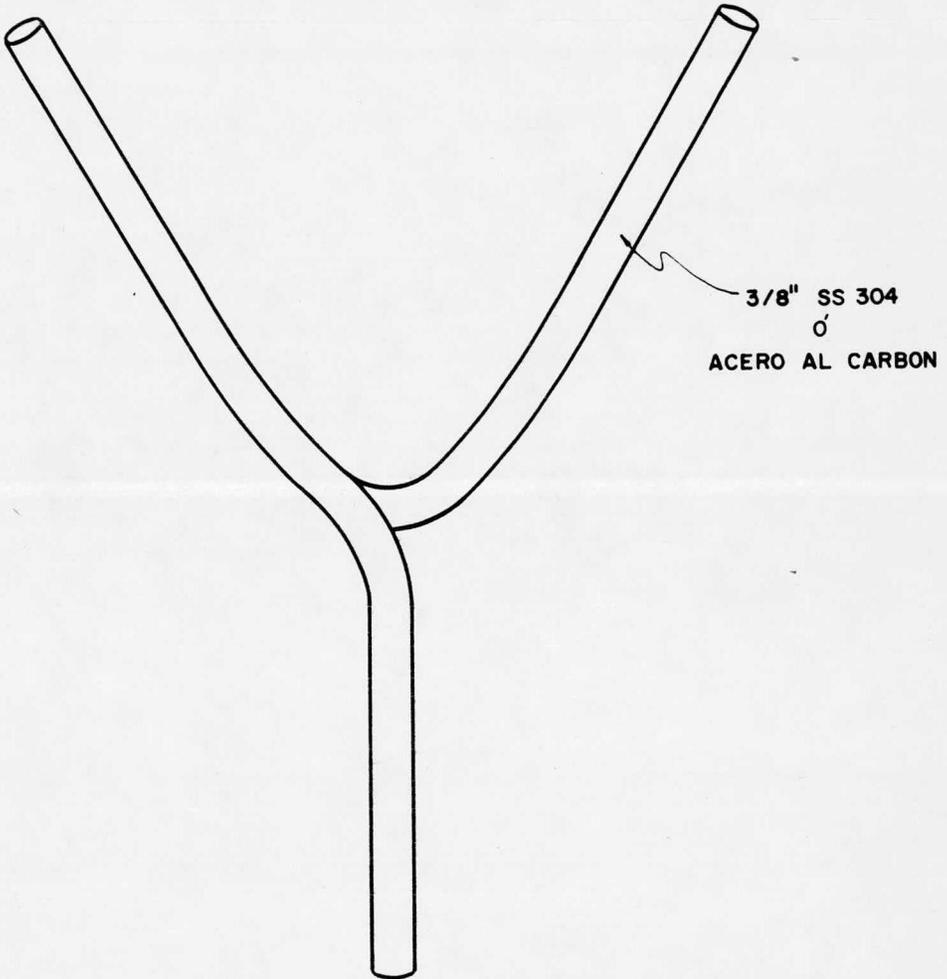


TIPOS DE ANCLAJES.





**ANCLAS EN "V" DE SS 304 Ó ACERO AL CARBON
PARA MUROS DE UN SOLO ESPESOR**



ANCLAS EN "Y" PARA MUROS
DE DOS ESPESORES

c).- Anclas refractarias. Pueden ser hechas de materiales de calidad superior y se usan cuando la temperatura es menor de 1000°C , o pueden ser hechas de materiales de alta alúmina y se usan cuando la temperatura es mayor de 1000°C . Estas anclas se utilizan siempre con soportes de acero inoxidable y sirven para espesores totales de 9" (0.2286 my.) o más, y los materiales pueden ser ligeros o pesados.

d).- Soportes de acero inoxidable para muros y bóvedas. Estos soportes son de diferentes formas para cubrir las diferentes necesidades y son:

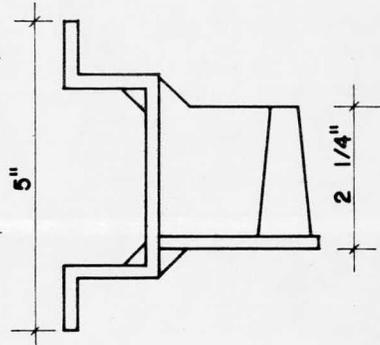
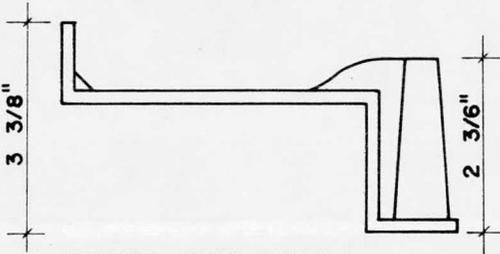
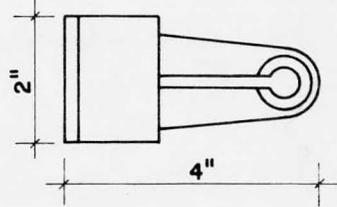
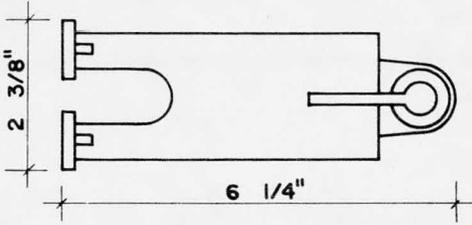
1d.- Soportes para muros o bóvedas suspendidas. Se usan cuando se quieren bóvedas suspendidas o cuando la altura de los muros es muy grande. Se recomienda normalmente ponerlos seccionales a 1.50 mt. de altura. Son muy útiles debido a que pasa el peso del revestimiento refractario a la coraza metálica.

2d.- Soportes para anclas refractarias. El tamaño de este soporte varía de acuerdo al espesor de los muros.

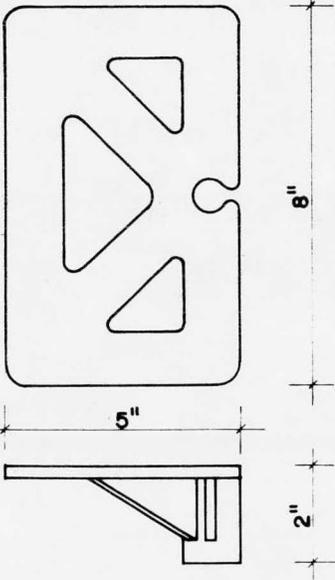
3d.- Soportes para bóvedas que son soportadas por viguetas.

4d.- Soportes para bóvedas que son soportadas por tubos.

ANCLAJE PARA SUSTENTACION PROPIA

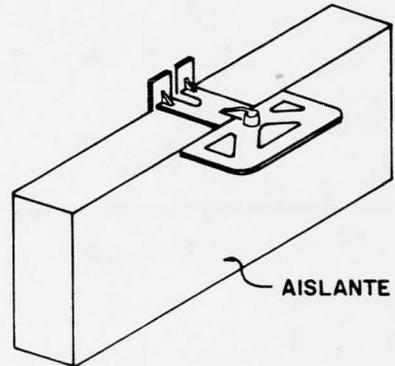


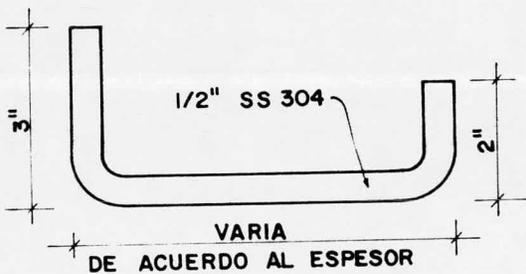
SOPORTE PARA BOVEDA SUSPENDIDA



SOPORTE PARA BOVEDA SUSPENDIDA

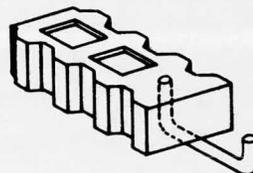
FORMA DE INSTALACION





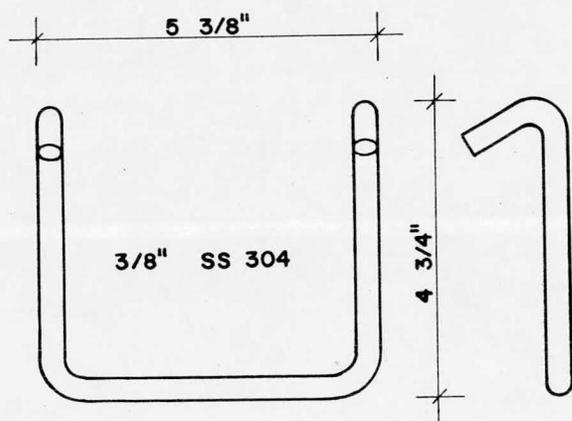
SOPORTE PARA MUROS

FORMA DE INSTALACION



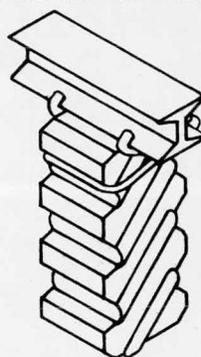
ANCLA REFRACTARIA
PARA MUROS

ANCLAJE PARA MUROS

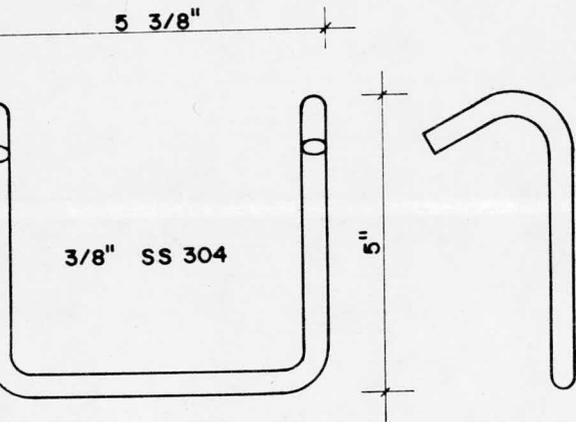


SOPORTE PARA VIGUETA

FORMA DE INSTALACION

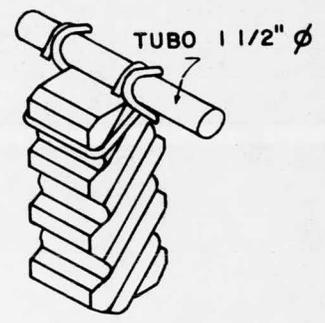
ANCLA REFRACTARIA
PARA BOVEDA

ANCLAJE PARA BOVEDAS



SOPORTES PARA TUBOS

FORMA DE INSTALACION



ANCLA REFRACTARIA
PARA BOVEDA

ANCLAJE PARA BOVEDAS

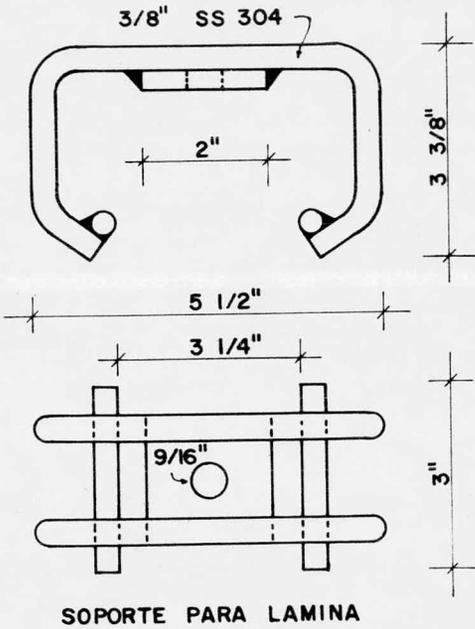
5d.- Soportes para bóvedas que son soportadas por coraza metálica.

Colocación de anclajes:

Las anclas en "V" o "Y" deberán colocarse a una distancia de 12" (0.3048 mt.) x 12" (0.3048 mt) en muros y a 9" (0.2286 mt) x 9" (0.2286 mt.) en bóvedas.

Las anclas refractarias se deben colocar a -- 18" (0.4572 mt.) x 18" (0.4572 mt.) de distancia en muros y a 12" (0.3048 mt.) x 9" (0.2286 mt.), o 12" (0.348 mt.) en bóvedas.

La primera hilada de anclas se puede colocar a 0.60 mt. de distancia.



FORMA DE INSTALACION



ANCLA REFRACTARIA
PARA BOVEDA

ANCLAJES PARA BOVEDAS

4.- JUNTAS DE UNION.

Todos los materiales refractarios sufren expansiones y contracciones que dependen de la temperatura a la cual estén operando. Para evitar que los materiales monolíticos sufran grandes daños debido a estas contracciones y expansiones, al instalarse deberán tener juntas de unión para que las contracciones o expansiones sean absorbidas por éstas.

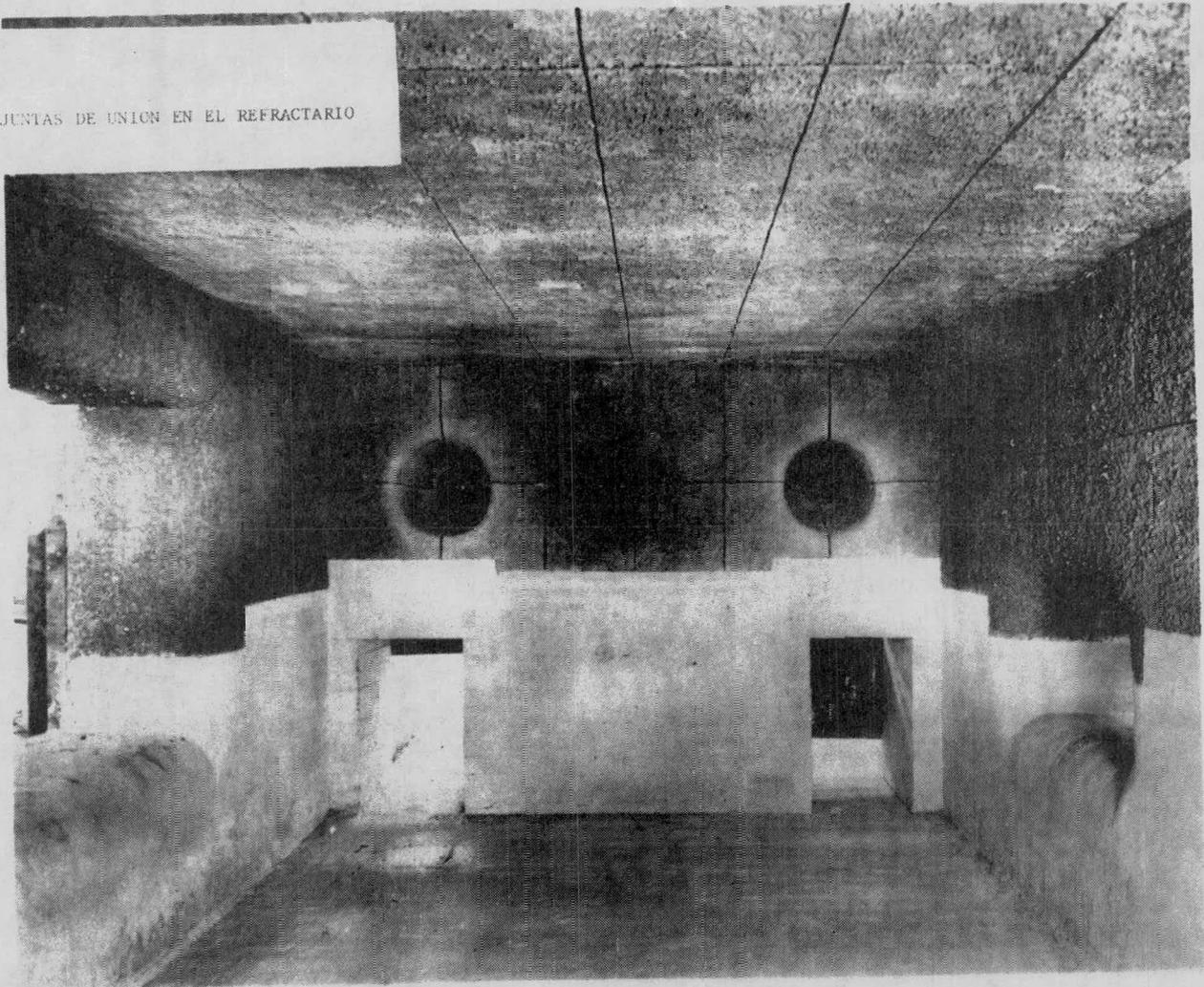
El cálculo de las juntas varía con cada material y el fabricante debe proporcionar estas especificaciones, pero a groso modo podemos hacerlas de la siguiente manera:

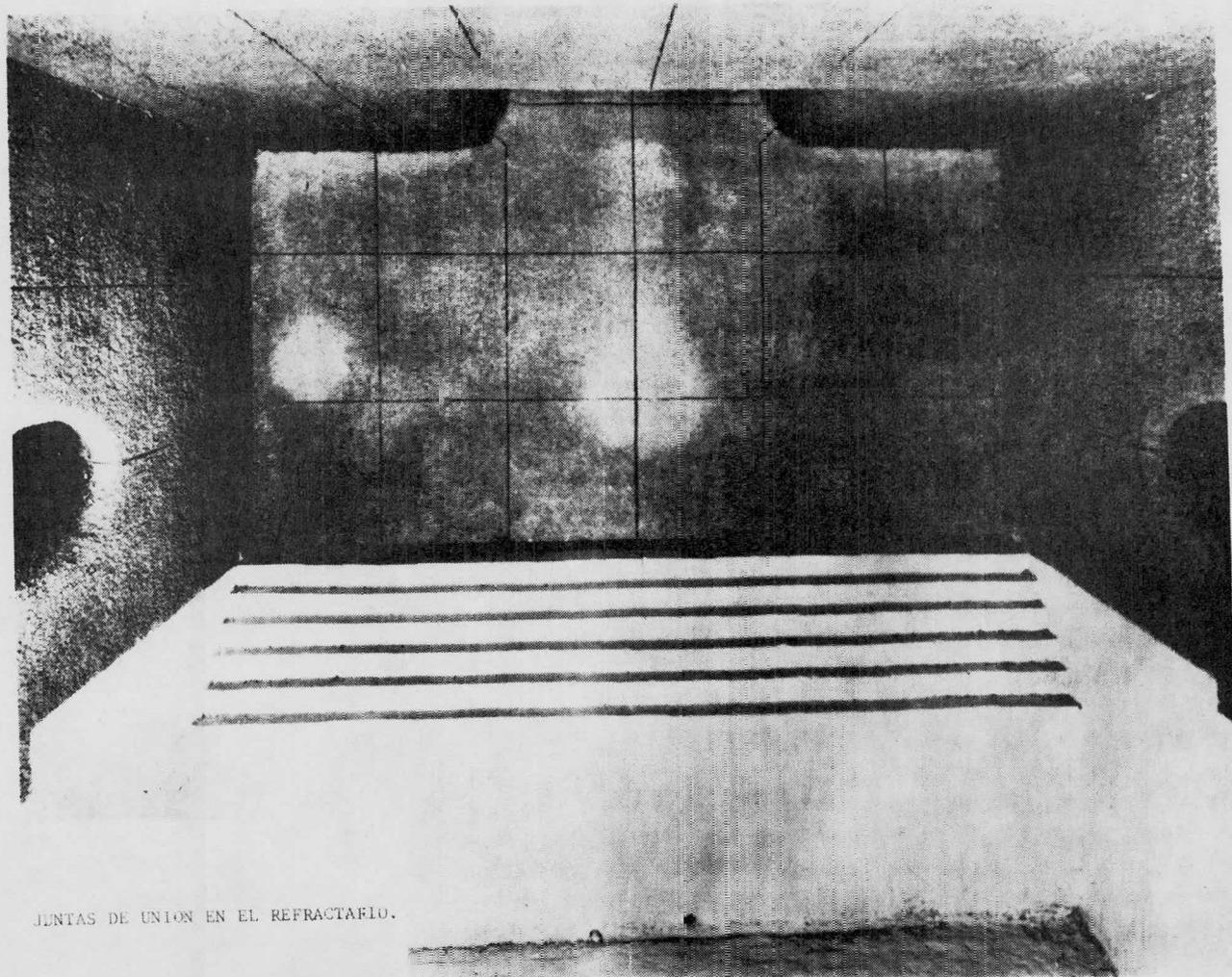
En los plásticos la contracción es la que predomina por lo que se recomienda que cuando se hace la instalación de plásticos se le hagan cortes superficiales cada metro de distancia para evitar que el plástico se agriete.

En los apisonables es muy poca la contracción o expansión que sufren, por lo que en los hornos de fusión, principalmente en la zona de baño, no se recomienda hacer ninguna junta de expansión ya que cualquier fisura o junta con el apisonable provocaría la penetración del metal.

En los concretos se recomienda dejar pequeñas juntas a cada 1.50 mt. de distancia. Estas juntas se forman haciendo el primer colado y en cuanto empieza a fraguar el material se hace el siguiente colado provocándose así una pequeña separación, la cual va a absorber la expansión y contracción sufrida por los concretos.

JUNTAS DE UNION EN EL REFRACTARIO





JUNTAS DE UNION EN EL REFRACTARIO.

5.- CALCULO DE ESPESORES.

Para poder determinar un cálculo correcto de los espesores del refractario en un horno, se tiene que tomar en cuenta varios factores; uno de los más importantes es la pérdida de calor a través de dichas paredes. Esta pérdida de calor afecta en forma directa el consumo de combustible y puede constituir una parte considerable del calor requerido para mantener el horno en operación.

Un buen cálculo de espesores y una buena selección de materiales refractarios producirán una eficiencia adecuada y por lo tanto, mayor ahorro de combustible, ya que se tendrá un menor flujo de calor en las paredes del horno.

Para poder calcular la pérdida de calor a través de las paredes de un horno, se tendrá que usar la fórmula de transferencia de calor, la cual es de la siguiente manera:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{L_3}{K_3} \text{ etc.}}$$

La nomenclatura de esta fórmula significa lo siguiente:

Q = Número de BTU perdidos por la cara fría - de la pared por ft²/hr.

T₁ = Temperatura de la cara caliente (conocida)

T₂ = Temperatura de la cara fría (no conocida)

L_1, L_2, L_3 = Espesores en pulgadas de los diferentes materiales.

K_1, K_2, K_3 = Conductividad media del calor de varios materiales sacadas de la carta (este factor no es constante sino que varía dependiendo de la temperatura media de los materiales).

Como se ve claramente la temperatura de la cara fría no se conoce. Esta temperatura nosotros la suponemos y para confirmar si es la correcta emplearemos la Tabla B.

Para poder desarrollar nuestra fórmula de transferencia de calor tenemos que usar la Tabla A y la Tabla B, por lo que es necesario entenderlas.

La explicación de estas tablas es:

"A".- Esta tabla es una tabulación del calor que es transferido a través de las paredes del horno, bajo diferentes condiciones de temperatura de superficie para una área dada y un lapso de tiempo. Esta información ha sido agrupada de acuerdo a casos comunes. Las unidades mostradas en esta tabla representan el número de BTU de calor que fluirá a través de una pulgada de espesor de los materiales por cada grado de diferencia en temperatura entre las caras caliente y fría del material. La unidad de superficie es comúnmente dada como ft^2 , la unidad de tiempo en horas y las temperaturas en $^{\circ}F$, lo cual es conocido como la constante "K" de la fórmula.

TABLA A

TEMP. MEDIA	BLOCK AISL.	CONC. AISL. LIGERO	CONC. AISL. MEDIO	CONC. AISL. 2000°F	CONC. AISL. 2400°F	CONC. AISL. 2600°F	CONC. REFRAC. BAJA ALUMINA	CONC. REFRAC. ALTA ALUMINA	PLASTICOS	TABIQUE REFRAC.	TABIQUE COMUN	CONC. COMUN	TABIQ. AISL. 2000°F	TABIQ. AISL. 2300°F	TABIQ. AISL. 2600°F	TEMP MEDIA
200	.34	.584	1.168	1.16	2.26	2.40	2.98	3.81	3.77	6.0	4.84	11.7	1.26	1.52	1.7	200
300	.38	.586	1.172	1.19	2.29	2.43	3.12	3.94	3.96	6.2	5.09	11.2	1.33	1.56	1.75	300
400	.42	.588	1.176	1.22	2.32	2.47	3.26	4.07	4.14	6.4	5.34	10.7	1.4	1.6	1.8	400
500	.45	.59	1.182	1.25	2.35	2.50	3.40	4.2	4.33	6.6	5.58		1.47	1.64	1.85	500
600	.47	.592	1.184	1.28	2.38	2.53	3.54	4.33	4.52	6.8	5.83		1.54	1.68	1.90	600
700	.5	.594	1.188	1.31	2.41	2.57	3.68	4.46	4.70	7.0	6.07		1.61	1.73	1.95	700
800	.56	.596	1.192	1.34	2.44	2.60	3.82	4.59	4.89	7.2	6.32		1.68	1.78	2.0	800
900	.60	.598	1.196	1.37	2.47	2.64	3.96	4.72	5.07	7.4	6.56		1.74	1.84	2.05	900
1000	.64	.60	1.20	1.4	2.51	2.67	4.10	4.85	5.26	7.6	6.81		1.8	1.90	2.1	1000
1100	.68	.602	1.204	1.47	2.57	2.74	4.27	4.96	5.41	7.8			1.86	1.97	2.16	1100
1200	.73	.604	1.208	1.54	2.64	2.80	4.44	5.08	5.56	8.0			1.92	2.02	2.22	1200
1300	.77	.606	1.212	1.61	2.72	2.87	4.61	5.19	5.70	8.2			1.98	2.06	2.29	1300
1400	.82	.608	1.216	1.68	2.80	2.93	4.78	5.31	5.85	8.4			2.05	2.10	2.36	1400
1500	.87	.61	1.220	1.75	2.87	3.00	4.95	5.42	6.00	8.6			2.11	2.14	2.43	1500
1600	.93	.612		1.82	3.10	3.25	5.12	5.54	6.12	8.8			2.18	2.18	2.50	1600
1700	.99	.614		1.89	3.32	3.51	5.29	5.65	6.24	9.0			2.28	2.28	2.57	1700
1800	1.07			1.95	3.55	3.76	5.46	5.77	6.36	9.2			2.38	2.38	2.65	1800
1900				2.01	3.77	4.02	5.65	5.88	6.48	9.4			2.49	2.49	2.73	1900
2000				2.07	4.0	4.28	5.85	6.00	6.60	9.6			2.60	2.60	2.82	2000
2100					4.23	4.54	6.05	6.12	6.71	9.8				2.71	2.91	2100
2200							6.23	6.24	6.82	10.0				2.82	3.00	2200
2300									6.93							
2400									7.03							

K = FACTORES DE CONDUCTIVIDAD TERMICA
DADOS EN BTU/ft²/h./OF/INCH.

CONCRETO REFRACTARIO BAJA ALUMINA
(CONTENIDO DE Al₂O₃ MENOR DEL 40%)
CONCRETO REFRACTARIO ALTA ALUMINA
(CONTENIDO DE Al₂O₃ MAYOR DEL 40%)

TABLA B

BTU PERDIDOS	AIRE QUIETO 70°	VEL. 5'/SEG. AIR 70°	VEL. 15'/SEG. AIR 100°	AIRE QUIETO 100°	VEL. 5'/SEG. AIR 100°	VEL. 15'/SEG. AIR 100°	BTU PERDIDOS	AIRE QUIETO 70°	VEL. 5'/SEG. AIR 70°	VEL. 15'/SEG. AIR 70°	AIRE QUIETO 100°	VEL. 5'/SEG. AIR 100°	VEL. 15'/SEG. AIR 100°
100	128	105	85	148	134	120	1150	406	340	256	417	371	288
150	148	119	96	169	148	129	1200	414	349	264	425	380	294
200	170	132	106	189	161	137	1250	422	358	271	433	389	301
250	188	145	116	206	174	146	1300	430	366	278	441	398	308
300	205	157	125	222	187	154	1350	439	375	285	449	407	315
350	220	170	133	238	200	163	1400	447	383	292	457	416	321
400	235	182	141	253	212	171	1450	455	392	299	465	424	328
450	249	194	149	267	225	179	1500	462	400	305	473	432	334
500	263	206	157	280	237	187	1550	470	409	312	481	440	341
550	276	218	165	292	249	195	1600	478	417	318	488	448	348
600	288	230	173	304	260	203	1650	486	425	325	495	456	355
650	300	241	181	316	271	211	1700	493	433	331	502	464	361
700	312	252	189	328	282	219	1750	501	441	338	509	472	368
750	324	263	197	340	292	227	1800	508	449	344	515	479	374
800	336	273	205	352	302	235	1850	515	456	351	522	487	381
850	347	283	213	362	312	243	1900	522	463	357	528	494	387
900	357	292	220	372	322	250	1950	529	470	364	535	501	394
950	368	302	228	381	332	258	2000	536	477	370	542	508	400
1000	378	312	236	390	342	265	2050	544	484	376	550	515	406
1050	388	322	244	399	352	273	2100	551	490	382	558	521	412
1100	398	331	251	408	362	280	2150	559	498	390	565	528	417

Las temperaturas de esta tabla son la temperatura media de cada espesor y se obtiene sacando la media aritmética.

"B".- En esta tabla se encuentran las diferentes temperaturas de cara fría para una Q dada.

Los resultados obtenidos al desarrollar la fórmula de transferencia de calor siempre nos serán dados en las siguientes unidades. $\text{BTU}/\text{Hr}/\text{ft}^2$ que representan el calor perdido, con este valor de calor perdido (o sea Q) podemos consultar la tabla "B" y así sabremos si nuestra temperatura de cara fría su puesta coincide con la de la tabla "B", en caso de que estos valores sean diferentes se volverá a suponer otra temperatura de cara fría, se desarrollará otra vez la fórmula de transferencia de calor y se consultará de nuevo con la Tabla "B". Esto se repetirá hasta que la temperatura de cara fría su puesta coincida con la temperatura dada en la Tabla "B".

La temperatura de cara fría también dependerá de la temperatura del aire que circula alrededor del horno, porque en la práctica hemos visto que el aire rara vez está quieto especialmente alrededor de objetos calientes como es el caso de los hornos, de ahí que esta Tabla tiene datos para 70°F y 100°F y cuyo aire en movimiento se encontrará a 5 y 15 ft/segundo.

Como una ayuda para simplificar trabajo y determinar rápidamente los materiales y espesores de una pared de refractario donde la temperatura de ca

ra caliente es conocida y una temperatura de cara fría es deseada, contamos con la siguiente Tabla -- "C" en la cual podemos encontrar los resultados para más del 90% de los problemas más comunes que se ven en la industria, sin necesidad de hacer cálculos, ya que todos los cálculos ya fueron hechos y se agruparon los resultados en esta Tabla.

En esta carta se encuentran varias construcciones que cumplen el requerimiento para una temperatura de cara fría, la selección final dependerá de las condiciones del horno, costo, requerimiento de construcción y las limitaciones de los espesores.

Esta tabla abarca temperaturas de cara caliente desde 1000°F hasta 2700°F con aire quieto y con aire móvil.

"C".- Esta tabla nos sirve para consultar si hay algún error o equivocación en nuestros cálculos. Esta Tabla puede ser usada para:

- 1.- Determinar la temperatura de cara fría de una pared.
- 2.- Determinar varias construcciones de pared para una temperatura de cara fría requerida.
- 3.- Determinar una temperatura de cara fría de varias construcciones de pared donde un espesor determinado deberá ser mantenido.
- 4.- Determinar la temperatura de cara fría --

cuando una pared de aislante plástico o concreto refractario es reducida y reemplaza una pared de tabique.

- 5.- Determinar la temperatura de unión de una pared de dos componentes para la selección adecuada del anclaje.
- 6.- Determinar el efecto del aire en movimiento del exterior comparado con aire quieto.
- 7.- Determinar el calor y ahorro de combustible que fuera hecho por selección de materiales que son mejores aisladores.

La explicación de los términos de esta cartason:

- I.- Aire quieto en la cara fría a 70°F , significa la temperatura de la cara exterior de la pared, cuando en el exterior (o cuarto) el aire está a 70°F y no está en movimiento.
- II.- Velocidad del aire en la cara fría de $5'/\text{Seg.}$ y temperatura de 70°F , significa la temperatura de la cara exterior de la pared cuando el aire exterior está en movimiento a $5'/\text{Seg.}$ Cualquier pared caliente que esté a 6 pulgadas o más alta dará aire en movimiento debido a que el calor asciende.
- III.- Velocidad del aire en la cara fría de $15'/\text{Seg.}$ y temperatura de 70°F , significa lo mismo que el anterior, excepto que en

el exterior el aire está en movimiento -- más rápido. En paredes expuestas a la intemperie usualmente dará una brisa de - - 15'/Seg.

IV.- Temperatura de unión es la encontrada entre los materiales considerados. Esta -- temperatura es importante en la selección de anclaje (ya sea acero inoxidable o acero al carbón) y en la selección de un aislante que resista aproximadamente la temperatura. Esta temperatura de unión es de gran ayuda cuando se calcula una pared de varios materiales.

V.- BTU perdidos a 70°F y aire quieto, es el número de BTU que pasan a través de cada ft^2 de espesor en cada hora. Esto es muy importante para determinar el ahorro de - combustible.

Cómo usar la Tabla "C".

- 1°.- Encontrar la temperatura de cara caliente del horno en la columna de la mano de recha.
- 2°.- Seleccionar la línea del aire quieto, en movimiento a 5'/Seg. o 15'/Seg., según el dato que nosotros tengamos, seguir esa - línea y encontrar así la temperatura de cara fría para una pared determinada.
- 3°.- Seleccionar de las construcciones anotadas los espesores y materiales que más -

nos convengan, según condiciones del horno, costo del material, limitación de espesor y forma de instalación. (Hay dos grupos de concretos, seleccionarlos cuidadosamente).

La temperatura de unión nos sirve para guiarnos en la selección de anclaje y materiales más adecuados. ✓ Esta temperatura se supone también, con el fin de hacer una suposición adecuada ayudándonos -- con la Tabla "C".

✓ Para confirmar si nuestra suposición de la -- temperatura unión es correcta dividiremos el espesor del componente entre la "K" encontrada para dicho material, lo cual ya se explicó anteriormente. El valor así obtenido se multiplicará por la "Q" obtenida y este valor es restado de la temperatura de cara caliente, obteniéndose así la temperatura de unión.

$$\text{Temperatura de unión} = \frac{L}{K} = Y$$

$$Y \times Q = Z$$

$$T_c - Z = T_u$$

Cuya nomenclatura es la siguiente:

L = espesor del componente tomado

K = conductividad media del calor del material

Y = BTU transferidos por grado de temperatura

Q = número de BTU perdidos por la cara fría de la pared por ft²/hr.

Z = caída de temperatura a través del componente.

T_c = temperatura de cara caliente del componente.

T_u = temperatura de unión de los componentes.

Con todos los datos anteriores se hacen los cálculos para el horno de reverbero de aluminio.

Se sabe que la temperatura del hogar del horno es de aproximadamente 1800°F , también se habían seleccionado los refractarios y aislantes adecuados para los hornos. Con estos datos y con la ayuda de la Tabla "C" se pueden determinar los espesores, como se ve a continuación:

✓ MUROS.

Para los muros en la sección superior se había visto que lo más adecuado era usar un plástico-refractario y placas de block aislante con las temperaturas de cara caliente $T = 1800^{\circ}\text{F}$ en la sección de plástico y block aislante. De la Tabla "C" se ve que la temperatura de cara fría más baja se tiene usando 8" de plástico y 4" de block aislante; esto da una temperatura de cara fría de 129°F , ya que la velocidad del aire alrededor del horno es de 5' / Seg., por estar en una parte ventilada, se ve también que la temperatura de interfase es de 1543°F . Con la fórmula de transferencia de calor se chequea si esta está correcto:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

$$T \text{ me. plástico} = \frac{1800^\circ\text{F} + 1543^\circ\text{F}}{2} = 1671.5^\circ\text{F}$$

$$T \text{ me. aislante} = \frac{1543^\circ\text{F} + 129^\circ\text{F}}{2} = 836^\circ\text{F}$$

Consultando la Tabla "A" se tienen valores para el plástico únicamente para $T = 1600^\circ\text{F}$, $K = 6.12$ y $T = 1700^\circ\text{F}$ $K = 6.24$, por lo que se hace una interpolación.

$$1700^\circ\text{F} - 1600^\circ\text{F} \quad - \quad 6.24 - 6.12$$

$$1671.5^\circ\text{F} - 1600^\circ\text{F} \quad - \quad X - 6.12$$

o sea.- $100^\circ\text{F} \quad - \quad 0.12$

$$71.5^\circ\text{F} \quad - \quad X \quad - \quad 6.12$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{71.5 \times 0.12 + 6.12}{100}$$

$$X = 6.2058$$

La K del plástico para $T = 1671.5^\circ\text{F}$ será $K = 6.2058$.

Se vuelve a consultar la Tabla "A" y se tiene para block aislante valores únicamente de $T = 800^\circ\text{F}$, $K = 0.56$ y $T = 900^\circ\text{F}$, $K = 0.60$ interpolando nuevamente se tiene:

$$900^{\circ}\text{F} - 800^{\circ}\text{F} \quad 0.60 - 0.56$$

$$836^{\circ}\text{F} - 800^{\circ}\text{F} \quad X - 0.56$$

o sea $100^{\circ}\text{F} - 0.04$

$$36^{\circ}\text{F} - X - 0.56$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{36^{\circ}\text{F} \times 0.04}{100^{\circ}\text{F}} + 0.56$$

$$X = 0.5744$$

La K para el block cuando $T = 836^{\circ}\text{F}$, será $K = 0.5744$.

Usando estos valores en la fórmula de transferencia de calor se tiene:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

En donde:

T_1 = Temperatura de cara caliente de 1800°F

T_2 = Temperatura de cara fría supuesta de 130°F

L_1 = Espesor 8" de plástico

L_2 = Espesor de 4" de block aislante

K_1 = Factor de transferencia de calor del - - plástico 6.2058.

K_2 = Factor de transferencia de calor del aislante 0.5744.

Sustituyendo estos valores en la fórmula se tiene:

$$Q = \frac{1800 - 130}{\frac{8''}{6.2058} + \frac{4''}{0.5744}}$$

$$Q = \frac{1670}{1.28912 + 6.964} = \frac{1670}{8.252909}$$

$$Q = 202.353 \text{ BTU}$$

Con estos datos se consulta la tabla "B" y se encuentra $T = 132^{\circ}\text{F}$, lo cual es casi igual a la temperatura supuesta.

Para los muros en la sección inferior o zona de baño se había seleccionado un apisonable y un concreto aislante con resistencia mecánica. En esta sección el espesor total tiene que ser igual al de la sección superior de los muros, por lo que se tienen 12" de espesor el cual se reparte de la siguiente manera.

Con el fin de no permitir mucha pérdida de calor se tomará un espesor de 7" de apisonable y 5" de concreto aislante con resistencia mecánica; para estos espesores no se puede consultar la tabla "C" para ahorrarse trabajo, por lo que se tiene que suponer todo.

Teniendo una temperatura de cara caliente de 1800°F se supone una temperatura de cara fría de 170°F y una temperatura de interfase de 1560°F . Con

estas temperaturas se procede a obtener la temperatura media del apisonable y del concreto aislante.

$$T \text{ Med. apisonable} = \frac{1800^{\circ}\text{F} + 1560^{\circ}\text{F}}{2} = 1680^{\circ}\text{F}$$

$$T \text{ Med. aislante} = \frac{1560^{\circ}\text{F} + 170^{\circ}\text{F}}{2} = 865^{\circ}\text{F}$$

Consultando la tabla "A" se tienen valores para el apisonable únicamente para $T = 1600^{\circ}\text{F}$ $K = 6.12$ y para $T = 1700^{\circ}\text{F}$ $K = 6.24$ por lo que se hace una interpolación.

$$1700^{\circ}\text{F} - 1600^{\circ}\text{F} \quad \text{---} \quad 6.24 - 6.12$$

$$1680^{\circ}\text{F} - 1600^{\circ}\text{F} \quad \text{---} \quad X - 6.12$$

$$\text{o sea: } 100^{\circ}\text{F} \quad \text{---} \quad 0.12$$

$$80^{\circ}\text{F} \quad \text{---} \quad X - 6.12$$

Despejando queda:

$$X = \frac{80 \times 0.12}{100} = 6.12$$

$$X = 6.216$$

Para el apisonable con $T = 1680^{\circ}\text{F}$ la $K = 6.216$ se vuelve a consultar la tabla "A" y se tienen para el concreto aislante valores para $T = 800^{\circ}\text{F}$, $K = 2.44$ y para $T = 900^{\circ}\text{F}$, $K = 2.47$, interpolando nuevamente se tiene:

$$900^{\circ}\text{F} - 800^{\circ}\text{F} \quad \text{---} \quad 2.47 - 2.44$$

$$865^{\circ}\text{F} - 800^{\circ}\text{F} \quad \text{---} \quad X - 2.44$$

o sea: $100^{\circ}\text{F} - 0.03$

$$65^{\circ}\text{F} - X - 2.44$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{65 \times 0.03}{100} + 2.44$$

$$X = 2.4595$$

La K para el concreto aislante con $T = 865^{\circ}\text{F}$ - será de $K = 2.4595$.

Usando estos valores en la fórmula de transferencia de calos se tiene:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

En donde:

T_1 = Temperatura cara caliente 1800°F

T_2 = Temperatura cara fría 170°F

L_1 = Espesor del apisonable 7"

L_2 = Espesor del aislante 5"

K_1 = Factor de transferencia de calor del - apisonable 6.216.

K_2 = Factor de transferencia de calor del - aislante 2.4595

$$Q = \frac{1800 - 170}{\frac{7''}{6.216} + \frac{5''}{2.4595}}$$

$$Q = \frac{1630}{1.1261 + 2.03294} = \frac{1630}{3.15903}$$

$$Q = 515.981 \text{ BTU}$$

Con este dato se consulta la tabla "B". y se encuentran:

$Q = 500 \text{ BTU}$, $T = 206^\circ\text{F}$ y para 550 BTU $T = 218^\circ\text{F}$, interpolando se tiene:

$$550 - 500 - 218 - 206$$

$$515.981 - 500 - X - 206$$

$$\text{o sea: } 50 - 12$$

$$15.981 - X - 206$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{15.981 \times 12}{50} + 206$$

$$X = 209.836^\circ\text{F}$$

Para $Q=515.983$ la $T = 209.84^\circ\text{F}$ que es diferente a la temperatura supuesta que era 170°F , por lo que hay que hacer otra suposición.

Se supondrá una temperatura de cara fría de 205°F y una temperatura de interfase de 1650°F .

Se tendrá entonces:

$$T \text{ med. apisonable} = \frac{1800 + 1650}{2} = 1725^\circ\text{F}$$

$$T \text{ med. aislante} = \frac{1650 + 205}{2} = 927.5^\circ\text{F}$$

Consultando la tabla "A" se tienen valores para el apisonable para $T = 1700^\circ\text{F}$ $K = 6.24$ y para $T = 1800^\circ\text{F}$, $K = 6.36$ interpolando queda:

$$1800^\circ\text{F} - 1700^\circ\text{F} \text{ --- } 6.36 \text{ --- } 6.24$$

$$1725^\circ\text{F} - 1700^\circ\text{F} \text{ --- } X \text{ --- } 6.24$$

$$\text{o sea: } 100^\circ\text{F} \text{ --- } 0.12$$

$$25^\circ\text{F} \text{ --- } X \text{ --- } 6.24$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{25 \times 0.12}{100} + 6.24$$

$$X = 6.27$$

La K del apisonable para 1725°F será de 6.27

Se vuelve a consultar la tabla "A" y se tiene para el concreto aislante valores únicamente de $T = 900^\circ\text{F}$ $K = 2.47$, $T = 1000^\circ\text{F}$ $K = 2.51$, interpolando -- nuevamente se tiene:

$$1000^\circ\text{F} - 900^\circ\text{F} \text{ --- } 2.51 \text{ --- } 2.47$$

$$927.5^\circ\text{F} - 900^\circ\text{F} \text{ --- } X \text{ --- } 2.47$$

$$\text{o sea: } 100^\circ\text{F} \text{ --- } 0.04$$

$$27.5^\circ\text{F} \text{ --- } X \text{ --- } 2.47$$

Despejado X queda:

$$X = \frac{27.5 \times 0.04}{100} + 2.47$$

$$X = 2.481$$

La K para el concreto aislante cuando $T = 927.5^{\circ}\text{F}$ es de 2.481

Usando estos valores en la fórmula de transferencia de calor se tiene:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2}}$$

En donde:

T_1 = Temperatura cara caliente de 1800°F

T_2 = Temperatura de cara fría supuesta 205°F

L_1 = Espesor apisonable de 7"

L_2 = Espesor de concreto aislante de 5"

K_1 = Factor de transferencia de calor del apisonable 6.27.

K_2 = Factor de transferencia de calor del concreto aislante 2.481

Sustituyendo estos valores en la fórmula queda:

$$Q = \frac{1800 - 205}{\frac{7''}{6.27} + \frac{5''}{2.481}}$$

$$Q = \frac{1595}{1.11643 + 2.01532} = \frac{1595}{3.1317464}$$

$$Q = 509.30 \text{ BTU}$$

Con estos datos se consulta la tabla "B" y se encuentran 500 BTU, $T = 206^{\circ}\text{F}$ y para 550 BTU $T = 218^{\circ}\text{F}$ interpolando se tiene:

$$550 - 500 = 218 - 206$$

$$509.3 - 500 = X - 206$$

$$\text{o sea: } 50 = 12$$

$$9.3 = X - 206$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{9.3 \times 12}{50} + 206$$

$$X = 208.23^{\circ}\text{F}$$

Para $Q = 309.3 \text{ BTU}$ se tiene una temperatura de $T = 208.23^{\circ}\text{F}$ que es casi igual a la temperatura supuesta (205°F).

Para la bóveda lo más adecuado es usar placas de block aislante y un apisonable de calidad superior. Con la temperatura de cara caliente $T = 1600^{\circ}\text{F}$ en la sección de plásticos y block aislante-

de la tabla "C" se ven dos alternativas para el espesor total de la bóveda que se tomará de 10" con - el fin de no tener mucho peso y evitar así caídas - del material aunque esté anclado. Estas dos alter-
nativas son:

- 1a.- Espesor de plástico de 7" y block aislante de 3".
- 2a.- Un espesor de plástico de 8" y un espesor de block aislante de 2".

Se decidirá por la 2a. alternativa ya que este material será soportado con anclas refractarias y éstas tienen un largo de 8-1/4"; en caso de tener menor espesor de plástico se dogollan las anclas, - por lo que no es recomendable meter menos de 8" de espesor en bóvedas.

Para la 2a. alternativa se tiene con un espesor de 8" de plástico y 2" de block aislante, una temperatura de cara fría de $T = 160^{\circ}\text{F}$, teniendo en cuenta que el aire está a una velocidad de 15'/Seg. ya que está el horno en una parte ventilada y también se ve que la temperatura de interfase es de $T = 1377^{\circ}\text{F}$.

Con la fórmula de transferencia de calor se puede checar si estos datos son correctos.

Se sacarán primero las temperaturas medias -- del plástico y del block aislante para poder obtener la K para cada material.

$$T \text{ Med. plástico} = \frac{1800 + 1377}{2} = 1588.50^\circ\text{F}$$

$$T \text{ Med. block aislante} = \frac{1377 + 160}{2} = 768.50^\circ\text{F}$$

Consultando la tabla "A" se ven valores para el plástico con $T = 1500^\circ\text{F}$, $K = 6$ y para $T = 1600^\circ\text{F}$ $K = 6.12$ interpolando, queda:

$$1600 - 1500 - 6.12 - 6$$

$$1588.5 - 1500 - X - 6$$

$$\text{o sea: } 100 - 0.12$$

$$88.5 - X - 6$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{88.5 \times 0.12}{100} + 6$$

$$X = 6.1062$$

Por lo tanto, para $T = 1588.5^\circ\text{F}$ la K del plástico será de $K = 6.1062$.

Para el block aislante se tiene para $T = 700^\circ\text{F}$ $K = 0.5$ y para $T = 800^\circ\text{F}$ $K = 0.56$ interpolando queda:

$$800^\circ - 700^\circ - 0.56 - 0.5$$

$$768.5 - 700^\circ - X - 0.5$$

$$\text{o sea: } 100^\circ - 0.06$$

$$68.5^\circ - X - 0.5$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{68.5 \times 0.06}{100} + 0.5$$

$$X = 0.5411$$

Por lo tanto para el block aislante a una $T = 768.5^{\circ}\text{F}$ se tiene una $K = 0.5411$.

Con estos valores se puede usar la fórmula de transferencia de calor.

$$Q = \frac{T_1}{\frac{L_1}{K_1}} + \frac{T_2}{\frac{L_2}{K_2}}$$

En donde:

T_1 = Temperatura para cara caliente = 1800°F

T_2 = Temperatura para cara fría = 160°F

L_1 = Espesor del plástico 8"

L_2 = Espesor del block aislante 2"

K_1 = Factor de transferencia de calor del - -
plástico 6.1062.

K_2 = Factor de transferencia de calor del - -
block aislante 0.5411.

Sustituyendo valores quedan:

$$Q = \frac{1800 - 160}{\frac{8''}{6.1062} + \frac{2''}{0.5411}}$$

$$Q = \frac{1640^\circ}{1.3101437 + 3.6961744} = \frac{1640^\circ}{5.00632}$$

$$Q = 327.59 \text{ BTU}$$

Consultando la tabla "B" se encuentra $Q = 300$ BTU $T = 157^\circ\text{F}$ y para $Q = 350$ BTU $T = 170^\circ\text{F}$, interpolando se tiene:

$$350 - 300 \quad -17 \quad - 157$$

$$327.59 - 300 \quad -X \quad - 157$$

o sea: $50 \quad -13$

$$27.59 \quad -X \quad - 157$$

Despejando X queda:

$$X = \frac{27.59 \times 13}{50} + 157$$

$$X = 164.17$$

Que es casi igual a la temperatura supuesta de $T = 160^\circ\text{F}$.

Los espesores serán:

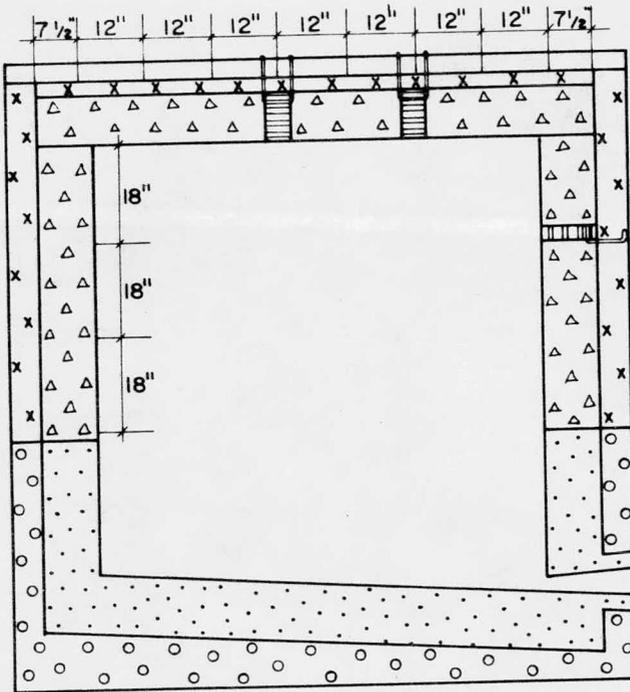
En los muros en la sección superior 8" de plástico calidad superior y 4" de block aislante. En esta parte la temperatura de cara fría será $T = 130^\circ\text{F}$ y la $Q = 202.353$ BTU.

En la zona de baño 7" de apisonable alta alúmina (80% o más) liga fosfórica y .5" de concreto -- aislante con resistencia mecánica. En esta sección la temperatura de cara fría será de $T = 205^{\circ}\text{F}$ y la $Q = 509.3$ BTU (ésto es menor ya que aquí el metal absorbe calor).

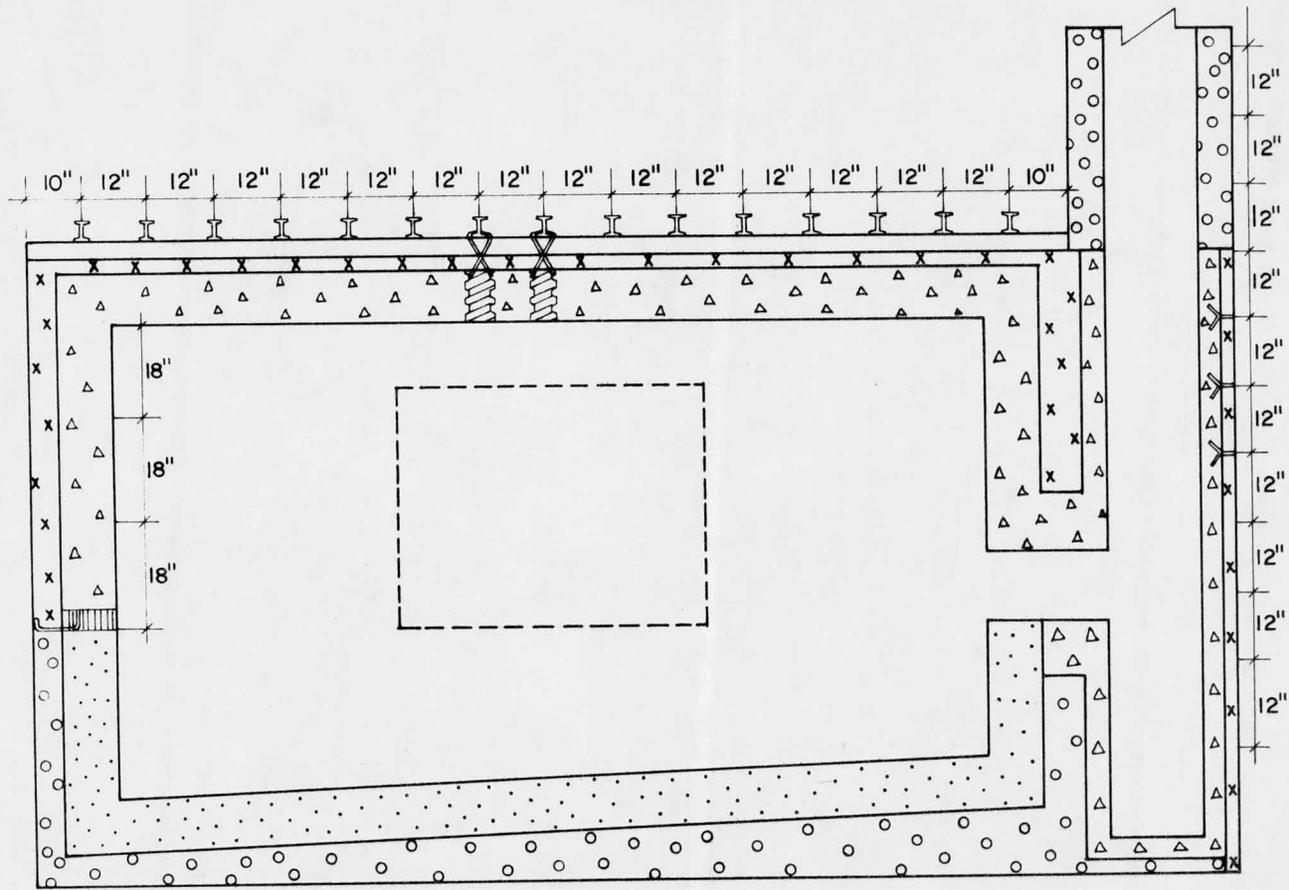
En la bóveda 8" de plástico calidad superior y 2" de block aislante, en esta parte la temperatura de cara fría será de $T = 160^{\circ}\text{F}$ y la $Q = 327.59$ - BTU.

Estos espesores son razonables ya que en muchos casos, para obtener unas temperaturas de cara fría menores, se tendrían que usar unos espesores mayores, los cuales muchas veces no son costeables ya que al aumentar varias pulgadas de espesor, únicamente se bajarían pocos grados Farenheit de temperatura en la cara fría.

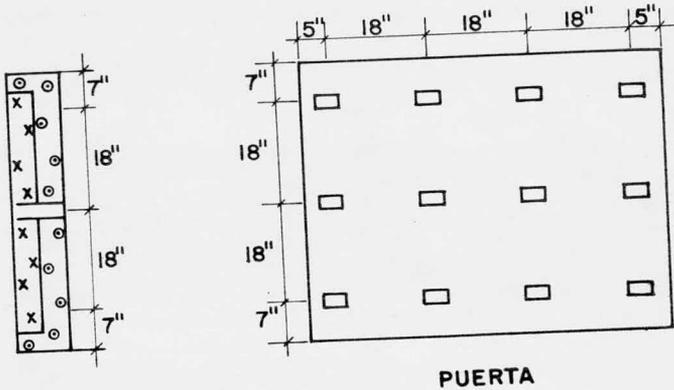
HORNO DE REVERBERO (Ó REFUSION) DE ALUMINIO .



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



BLOCK AISLANTE.



PLASTICO CALIDAD SUPERIOR.



CONCRETO AISLANTE CON RESISTENCIA MECANICA.



APISONABLE DE ALTA ALUMINA (80 % Ó MAS) Y - LIGA FOSFORICA.



CONCRETO AISLANTE DE ALTA RESISTENCIA MECANICA Y - ALTA TEMPERATURA.

12" x 12" DISTANCIA COLOCACION DE ANCLAJES EN BOVEDA CON ANCLAS REFRACTARIAS.

18" x 18" DISTANCIA COLOCACION DE ANCLAJES EN MUROS CON ANCLAS - REFRACTARIAS (DE LA ZONA DE BAÑO HACIA ARRIBA).

12" x 12" DISTANCIA COLOCACION DE ANCLAJES EN MUROS CON ANCLAS METALICAS.

CAPITULO V.C O N C L U S I O N E S .

Con lo visto anteriormente se puede concluir algunas de las ventajas que se obtuvieron al usar el revestimiento monolítico:

DISMINUCIONES DE ESPESORES.- En los revestimientos monolíticos refractarios se pueden disminuir espesores ya que toman las dimensiones que se requieren, en cambio los revestimientos hechos con tabiques refractarios tienen espesores ya estandarizados, debido a que las dimensiones de los tabiques son de 9" x 4-1/2" x 2-1/2".

En el caso de los hornos de reverbero de aluminio, de acuerdo al capítulo anterior, se vió que los revestimientos refractarios quedaban de la siguiente forma: en los muros un espesor total de 12" (8" de refractario con 4" de aislante en la zona superior y 7" de refractario con 5" de aislante en la zona de baño). En el piso un espesor total de 12" (7" de refractario con 5" de aislante). En la bóveda un espesor total de 10" (8" de refractario con 2" de aislante).

Estos espesores totales cubrirán las necesidades, en cambio haciendo el mismo revestimiento con tabiques se encontraría: en muros un espesor total de 13-1/2" (9" de refractario con 4-1/2" de aislante). En el piso un espesor total de 13-1/2" (9" de refractario con 4-1/2" de aislante); en bóveda un -

espesor total de 11-1/2" (9" de refractario y 2-1/2" de aislante). Por lo anterior se nota una disminución de espesores de 1-1/2" que dirige a una mayor-capacidad de ahorro.

ELIMINACION DE JUNTAS.- Con el revestimiento-monolítico se eliminan totalmente las juntas entre-ladrillos, que siempre resultan la parte débil de - todo revestimiento refractario y en donde se inicia siempre la destrucción. En los hornos de reverbero estas juntas permiten fugas de calor en la zona superior y penetración de metal en la zona inferior.

ELIMINACION DE PIEZAS ESPECIALES.- Las piezas especiales de refractarios son costosas, aparte de- que su uso requiere llevar cantidades altas de in-ventarios para reparaciones, ya que los tiempos de-manufactura en general son prolongados. Con el uso de materiales monolíticos se elimina en su totalidad el tener que utilizar piezas especiales con el con-siguiente ahorro económico.

FACILIDAD DE INSTALACION.- Usando materiales-monolíticos se facilita la instalación ahorrándose-una cantidad respetable de tiempo y por lo tanto, - de mano de obra y horas muertas sin producción de - la unidad en reparación.

CONSTRUCCIONES ANCLADAS.- Los materiales mono-líticos al estar autosustentados, tanto con anclas-metálicas como refractarias, permite lograr gran es-tabilidad y hacer reparaciones parciales a cual- - quier altura sin dañar el resto del revestimiento,-

como sucede con los tabiques refractarios.

MAYOR EFICIENCIA TERMICA.- El uso de monolíticos en contra de tabiques redunda en una mayor eficiencia térmica de la instalación, que produce ahorros de mucha consideración en tiempo y consumo de combustible, pues se pierde menos calor a través de las paredes. Esta ventaja vendría, en algunos casos, a hacer que el costo de material refractario se amortice en unos cuantos meses de operación de los equipos.

REDUCEN MANTENIMIENTO.- Siempre es más fácil y rápido hacer un parche o reparación parcial en revestimientos monolíticos que en tabiques, esta ventaja representa un ahorro en el mantenimiento de la unidad.

CAPITULO VIREFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- 1.- AMERICAN SOCIETY FOR METALS, METALS PARK OHIO, ALUMINUM VOL. III FABRICATION AND FINISHING.
- 2.- ENCICLOPEDIA DEL ALUMINIO VOL. I INGENIEROS -- DEL GRUPO PECHINEY.
- 3.- ALUMINUM COMPANY OF CANADA, FORMING ALUMINUM.
- 4.- ALUMINUM COMPANY OF CANADA, HEAT TREATING ALUMINUM.
- 5.- ALUMINUM COMPANY OF CANADA, HANDBOOK OF ALUMINUM ALLOYS.
- 6.- ALUMINUM COMPANY OF CANADA, CASTING ALUMINUM.
- 7.- ALUMINIO ZENTRALE e. v. LAUTAWERK, MANUAL DEL-ALUMINIO, CARLOS SAENZ DE MAGAROLA Y JOSE BELTRAN.
- 8.- ZEERLEDER, ALFRED VON, TECHNOLOGY OF LIGHT METALS.
- 9.- LANCKER, MARC VAN, METALLURGY OF ALUMINIUM - - ALLOYS, BISHOP LONDON CHAPMAN AND HALL.
- 10.- NORTHEN ALUMINIUM COMPANY LONDON, EXTRACTION - AND FABRICATION OF ALUMINIUM.
- 11.- DE LORENZ; OTTO, COMBUSTION ENGINEERING.
- 12.- FUEL COMBUSTION, AND FURNACES, YORK MC. GRAW - HILL.

- 13.- HORNOS INDUSTRIALES, W. TRINKS Y M.H. MAWHINNEY.
- 14.- METALES Y ALEACIONES, CALVO RODES RAFAEL.
- 15.- SAMSONOV, GRIGORII VALENTINOVICH, COATINGS OF-HIGH TEMPERATURE MATERIALS, ED. AND WITH A FOREWORD BY HENRY H. HAUSNER.
- 16.- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR, DONALD Q.-KERN.
- 17.- MODERN REFRACTORY PRACTICE, HARBISON WALKER REFRACTORIES COMPANY.
- 18.- CALCULATING HEAT LOSS THROUGH FURNACE WALLS OF VARIOUS MATERIALS, PLIBRICO COMPANY, CHICAGO, - ILLINOIS.

Impresiones "Aries"

Colombia 2 altos 2 5-26-04-72

México 1, D. F.