

110 A  
261



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PARA LA  
OBTENCION DE ALUMINIO ALEADO DE  
SEGUNDA FUSION

T E S I S

GILBERTO FERNANDO VILLELA MARIN  
INGENIERO QUIMICO

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

1990



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 está 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.

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE  
ALUMINIO ALEADO DE SEGUNDA FUSION.

	Pag.
<b>I.- Introducción</b>	
1.1 Objetivo.....	1
1.2 Consideraciones históricas.....	2
1.3 Propiedades físicas y químicas.....	5
1.4 Usos del aluminio.....	14
<b>II.- Estudio de mercado.</b>	
2.1 Producción de aluminio y sus aleaciones.....	16
2.2 Consumo de aluminio y sus aleaciones en México.....	22
2.3 Estructura de la demanda.....	35
2.4 Capacidad de la planta.....	38
<b>III.- Análisis Técnico.</b>	
3.1 Procesos existentes.....	39
3.2 Selección de las alternativas del proceso.....	46
3.3 Diagrama del proceso.....	99
<b>IV.- Evaluación económica del proyecto.</b>	
4.1 Localización de la planta.....	105
4.2 Cálculo de la inversión fija.....	110
4.3 Cálculo del capital de trabajo.....	113
4.4 Costo total y determinación del punto de equilibrio..	126
4.5 Cálculo de los indicadores económicos.....	130
<b>V.- Conclusiones.....</b>	<b>139</b>
Apendice.....	141
Bibliografía.....	145

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 Objetivo.

En virtud de que la demanda de aluminio y sus aleaciones, está adquiriendo, nuevamente, importancia tanto en nuestro país, como en otros países industrializados, en los cuales la tendencia para la obtención del metal o de sus aleaciones se ha enfocado a la recuperación de este metal de productos de deshecho o chatarras, sobre todo en aquellos países como el nuestro, que no cuentan con yacimientos de minerales que puedan explotarse económicamente y además en los cuales el coste de la energía eléctrica es alto.

Dadas estas condiciones, en el presente trabajo se establece como objetivo, el determinar la viabilidad de establecer una planta recuperadora de aluminio aleado a partir de desperdicios nacionales o de importación.

## 1.2 Consideraciones históricas.

A pesar de que se considera que el aluminio es uno de los 100 elementos básicos con los que se formó nuestro -- universo físico, y de que es uno de los metales que se en-- encuentra con mayor abundancia en la corteza terrestre, no se le encuentra en estado metálico en su forma natural, sino -- combinado con muchos elementos.

El principal mineral de aluminio que puede ser explota-- do económicamente para obtener el metal es: la bauxita. Esta tiene un alto contenido de óxido de aluminio y se presenta -- en numerosos y diferentes tipos. Sin embargo los yacimientos que permiten una explotación rentable están localizados en -- unos cuantos países del orbe, a saber: Jamaica, Surinam, Ve-- nezuela, Guinea, Australia, Brasil, Rusia y Canada.

Hace solo 100 años que casi simultáneamente Hall en Es-- tados Unidos y Heroult en Francia descubrieron el procedi-- miento por medio del cual la alúmina es disociada y separada en sus componentes: aluminio metálico y oxígeno, procedimien-- to que básicamente sigue siendo el que se usa actualmente pa-- ra la explotación del mineral, que consiste: a partir de la bauxita convertida en alúmina (Proceso Bayer), en disolver -- dicha alúmina en un baño de criolita fundida en grandes hor-- nos electrofíticos llamados: tinas, los cuales están recu-- biertos en su interior con bloques de carbón, y hacer pasar corriente eléctrica de bajo voltaje y alto amperaje, por un ánodo de carbón hacia el fondo de la tina que sirve de cáto-- do, a través del baño de criolita fundida. La energía eléc-- trica disocia la alúmina en: aluminio fundido que se deposi-- ta en el fondo de la tina y oxígeno que se elimina en forma de bióxido de carbono.

Debido al elevado consumo de energía eléctrica para producir aluminio primario, los productores, llamados en el medio: "SMELTERS", se han ubicado cerca de las fuentes de energía eléctrica. Los recientes incrementos en el precio de los energéticos, han acentuado este factor, como determinante en la ubicación de estas plantas, y han propiciado una disminución en su producción. Por ejemplo, en Estados Unidos las elevadas tarifas eléctricas han ocasionado que reduzca su participación en la producción mundial de aluminio primario, del 50% hace dos décadas, al 20% actual.

El aluminio es un producto que ha sustituido a otros materiales en diversas aplicaciones, lo que permitió un crecimiento acelerado de esta industria, aunque con marcados comportamientos cíclicos. Actualmente sus aplicaciones han enfrentado una intensa competencia, de otros productos y otros materiales, principalmente de los plásticos.

Desde hace ya varios lustros aumentó significativamente el número de smelters propiedad de los gobiernos o subsidiados por los mismos, y que producen, aun cuando la demanda sea baja y los inventarios estén aumentando, ya que están más interesados en producir empleos y generar divisas, que en obtener utilidades. El resultado de esto, es que actualmente se considera que el mundo tiene más capacidad instalada de la que se puede utilizar rentablemente, para la obtención de aluminio primario.

Al entrar la industria del aluminio en su segundo siglo de vida, las tendencias previsibles son: menor producción porcentual de aluminio primario en países sin yacimientos de bauxita, mayor participación de los gobiernos en la producción de aluminio primario, mayor crecimiento de la produc---

ción de aluminio primario en países con yacimientos de bauxita y energía eléctrica barata, probablemente con inversiones de países desarrollados.

En Estados Unidos el aluminio está clasificado como un material estratégico y es uno de los cuatro controlados por el Defense Materials Service, del Departamento de Comercio. En otros países desarrollados y subdesarrollados, los gobiernos participan directamente en la producción de aluminio. -- Así, se estima, que más del 40% de la capacidad de producción de aluminio primario en el mundo, tiene participación de los gobiernos.

En los países con energía eléctrica cara, el aluminio producido a partir de chatarra ha tenido éxito: cabe señalar que en Estados Unidos este proceso ha crecido a una tasa anual de 2.4% en los últimos 10 años, mientras que el proceso para obtención de aluminio primario ha disminuido a una tasa de 0.6%. Actualmente, Estados Unidos recicla 1.7 millones de toneladas anuales, que representan el 26% de su oferta total.

En Japón, que hasta principios de la presente década se fabricaban más de un millón de toneladas por año, de aluminio primario, actualmente ha cerrado la mayoría de sus smelters y sólo produce alrededor del 20% de su anterior producción, mientras que ha incrementado significativamente su producción de aluminio secundario e reciclado de chatarra y la importación de lingote de aluminio primario.

### 1.3 Propiedades físicas y químicas.

El aluminio, símbolo "Al", peso atómico 26.97, densidad relativa a 25°C: 2.702, es el elemento de número atómico 13. Es un elemento del grupo III A de la clasificación periódica, junto con: boro, galio, indio y talio. Es trivalente y tiene propiedades anfóteras, a pesar de ser netamente electropositivo. Es un metal blanco, parecido a la plata. — Friedrich Wöhler, en 1827, sólo había aislado el aluminio en la forma de un polvo gris que por frotamiento tomaba un aspecto metálico. Hasta esta fecha, el aluminio podía ser considerado como un metal precioso, puesto que hacia 1865 su precio era muy elevado a pesar de ser el tercer elemento, — por orden de abundancia. Gracias a los procedimientos eléctricos de Hall y Heroult, el aluminio se produce en grandes cantidades y por consiguiente se reduce su precio.

Los minerales de aluminio más comunes son los aluminosilicatos, que incluyen los feldspatos, como  $Si_3O_8AlK$ ; las micas, como  $(SiO_4)_3Al_3KH_2$ ; y las arcillas (caolines), como  $(SiO_4)_2Al_2H_2 \cdot H_2O$ . La criolita,  $AlF_6Na_3$  y la bauxita,  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  importantes en la producción del metal. El rubí, el zafiro y el corindón son formas del óxido. El granate es un silicato de aluminio y otros metales, y la turquesa es un fosfato básico coloreado con fosfato de cobre.

La característica física más conocida del aluminio es su peso ligero, y su densidad que es como una tercera parte de la del acero o de las aleaciones de cobre, ciertas aleaciones de aluminio tienen mejor resistencia a la tensión que la que tienen algunos aceros.

El aluminio tiene buena maleabilidad y ductibilidad, se hacen hojas comparables a las hojas de estaño. El aluminio —

posee gran conductividad eléctrica y térmica; funde hacia -- los 650°C.

El aluminio no es tóxico, ni magnético, no produce chispa y tiene alta resistencia a la corrosión, debido a que se recubre de una delgada capa de óxido, que protege el metal -- de una oxidación más avanzada (anodizado).

El aluminio puro tiene una resistencia tensil de unas -- 13000 lb/in<sup>2</sup>; sin embargo, grandes incrementos en resistencia se obtienen mediante el trabajado en frío del metal o -- por aleación. Algunas aleaciones, adecuadamente tratadas en forma térmica, se aproximan a resistencias tensiles de 100,-000 lb/in<sup>2</sup>.

Otra de las características más importantes del alumi-- nio es su maquinabilidad y su capacidad de trabajado; se pue-- de fundir mediante cualquier método conocido, laminado a --- cualquier espesor deseado, estampado, estirado, enrolado, -- forjado, y extruido a casi cualquier forma imaginable.

#### Reacción de oxidación del aluminio.

El aluminio es un metal eminentemente oxidable:



Sin embargo, es inalterable en el aire ya que se recu-- bre en frío, de una delgada película protectora de alúmina -- anhídrica Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> muy adherente y compacta, cuyo volumen es 1.28 veces la del metal de que proviene.

Una película reciente de alúmina natural tiene un espe-- sor de 0.01 micrómetros; en frío, es necesario que transcua-- rran más de un año para que llegue a tener 0.1 micrómetros.

Por calentamiento a 500°C, en aire seco, se llega a una oxidación más rápida y que depende de la pureza del metal:

-- en el aluminio de 99.99% la capa reciente de 0.01 mi

crómetros alcanza 0.07 micrómetros en 12 horas, para estabilizarse hacia 0.9 micrómetros después de 48 horas;

-- en el aluminio de 99.5%, la capa de óxido alcanza -- 0.6 micrómetros de espesor después de 250 horas y -- continúa creciendo.

Para obtener la combustión del aluminio (empleado en pirotécnia) es necesario inflamarle en una llama bajo la forma de polvo fino o de hilo fino.

#### El aluminio reductor.

A alta temperatura, el aluminio reduce la mayor parte de los óxidos metálicos.

La aluminotermia es conocida desde hace largo tiempo, -- por la soldadura de rieles a la "termita", mezcla de  $2Al + Fe_2O_3$  cebándose la reacción mediante la inflamación de una -- mezcla de polvo de magnesio y de bióxido de bario.

La aluminotermia se utiliza industrialmente para la preparación de diversos metales exentos de carbono: manganeso, cromo, ferro-titanio, ferro-vanadio.

#### Acción del agua sobre el aluminio.

Entre 0 y  $100^{\circ}C$  el agua pura no ataca al aluminio. Simplemente hay un aumento de espesor en la capa de óxido; por encima de la capa natural de  $Al_2O_3$  anhidra, se construye una capa de  $Al_2O_3 \cdot H_2O$  cristalizada (boemita); de esta forma se -- obtiene, por ebullición en agua destilada, una capa total de 0.4 micrómetros al cabo de una hora, que puede alcanzar más micrómetros si se prolonga la ebullición.

Si se amalgama el aluminio, el mercurio impide la formación de la capa protectora de  $Al_2O_3$ ; el metal es entonces rápidamente atacado por el agua con formación de largas arbo--

rescencias de alúmina hidratada.

El agua bajo presión, a temperatura superior a  $100^{\circ}\text{C}$ , - ataca un poco el aluminio de 99.5% y mucho más rápidamente - al aluminio refinado 99.99%. La capa de boemita crece rápidamente llegando a ser de 10 micrómetros en 15 horas a  $165^{\circ}\text{C}$ ; además hay un rápido ataque intercrystalino y la formación - de  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en los límites de los granos provocando una expansión de la probeta, cuya superficie llega a duplicarse en unas horas; después hay una disgregación por adelgazamiento de los granos.

Se puede corregir este fenómeno por adición de hierro y níquel al aluminio refinado; una aleación con 0.5% de Fe + - 0.5% de Ni resiste muchas miles de horas en el agua a  $350^{\circ}\text{C}$ .

#### Acción del aluminio sobre los metaloides.

El aluminio se combina con los metaloides, salvo el hidrógeno, por reacción directa a temperatura más o menos elevada. Se obtiene así el cloruro  $\text{AlCl}_3$  (por encima de  $250^{\circ}\text{C}$ ); el fluoruro  $\text{AlF}_3$  (por encima de  $450^{\circ}\text{C}$ ); el fosfuro  $\text{AlP}$  (por encima de  $300^{\circ}\text{C}$ ); el sulfuro  $\text{Al}_2\text{S}_3$ , el carburo  $\text{Al}_4\text{C}_3$  (por encima de  $550^{\circ}\text{C}$ ); el nitruro  $\text{AlN}$  (por encima de  $700^{\circ}\text{C}$ ); el boruro  $\text{AlB}_2$  (por encima de  $1000^{\circ}\text{C}$ ).

#### Acción de los ácidos y las bases sobre el aluminio.

Específicamente, el aluminio puro, protegido por su capa de alúmina, es poco o nada atacado por los ácidos oxácidos, que no disuelven la capa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y pueden eventualmente reformarla. Por lo contrario, el aluminio es atacado violentamente por los hidrácidos, que disuelven el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  así como por los álcalis cáusticos.

a) Acido clorhídrico.- El  $\text{HCl}$  es el disolvente normal - del aluminio: el aluminio de ---

99.5% se disuelve en él rápidamente, con desprendimiento de calor, y de hidrógeno de una manera tumultuosa.

El ataque es mucho más lento con el aluminio refinado - (fig. 1) y el metal más puro, de 99.99%, es prácticamente -- inatacable por el HCl en todas las concentraciones.

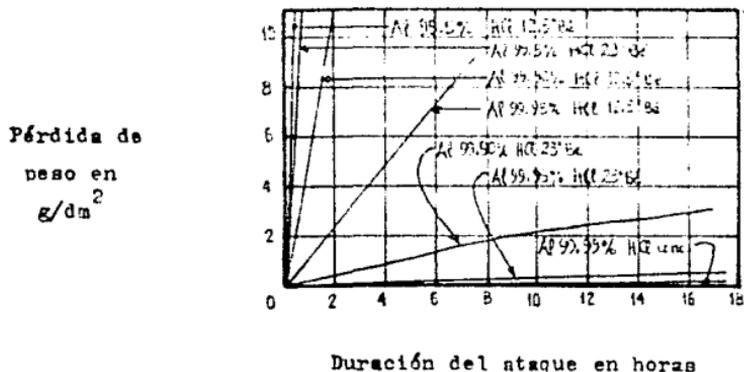


Fig. 1.- Ataque del aluminio mediante el ácido clorhídrico.

La dilución ácida más activa es la del HCl de aproximadamente 18° Bé (322 g/l HCl), cualquiera que sea la pureza del metal (fig. 2).

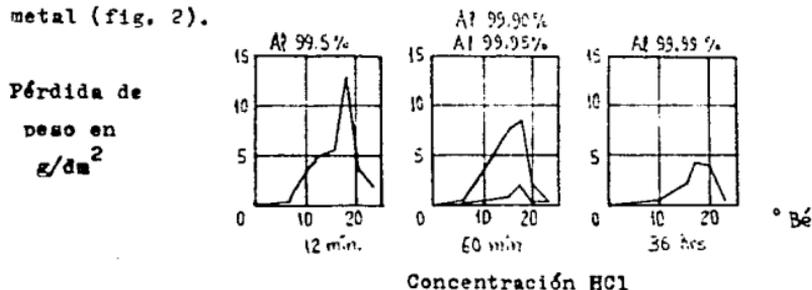


Fig. 2.- Ataque del Al por HCl en función de la concentración de la dilución ácida.

Tan importante como la pureza del aluminio, resultan las impurezas presentes. El hierro, que no entra prácticamente en solución sólida, es mucho más nocivo que el cobre, que queda en solución sólida hasta casi el 1%, siendo asimismo más nocivo que el silicio (fig.3).

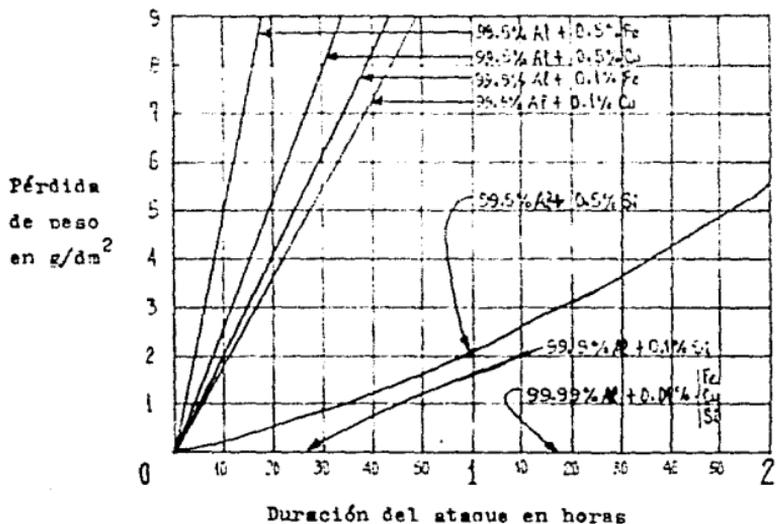


Fig. 3.- Ataque del Al mediante el HCl en función de los contenidos de Si, Cu o Fe en el metal.

b) Acido sulfúrico.- El ataque es mucho menos violento - que con HCl; resulta tanto más fuerte a medida que aumenta la concentración del ácido; el aumento de la pureza reduce el ataque pero menos espectacularmente que con el HCl, algunos datos se muestran en la tabla I.

Si se coloca el metal dentro de una solución acuosa que

contenga de 15 a 25% de ácido sulfúrico, se puede producir -- una película de óxido relativamente gruesa sobre el aluminio y/o alguna aleación del mismo. Este proceso, conocido como -- "anodizado", produce una película clara y transparente que -- contiene poros submicroscópicos generalmente sellados antes -- de usarse, para evitar la absorción y que se manche el alumi- -- nio. El sellado puede llevarse a cabo mediante un adecuado -- calentamiento en agua.

TABLA I

Ataque del Al mediante el  $H_2SO_4$  en función de la dilución ácida y la pureza del metal.

Acido sulfúrico		Pérdida de peso $g/m^2/día$		
%	°Bé	Aluminio 99.5%	Aluminio 99.8%	Aluminio refinado 99.99%
1.0	0.86	1.2	1.2	0.4
5.0	4.55	1.8	2.0	0.6
10.0	9.21	2.4	2.5	0.8
20.0	18.03	8.9	3.0	1.0
50.0	41.13	10.0	11.5	2.7
93.5	65.70	35.0	33.6	27.5

c) Acido nítrico.-- El ataque del aluminio de cualquier -- pureza es muy débil en el  $HNO_3$  dilui- -- do; aumenta hasta un máximo para una dilución de 20°Bé (310 --  $g/l HNO_3$ ) y disminuye en seguida, para ser prácticamente nulo -- en el ácido fumante de 48°Bé (94%  $HNO_3$ ) que, por otra parte, -- se transporta en cisternas de aluminio.

Con el ataque mayor, después de 60 días en  $HNO_3$  a 20°Bé

y a 20°C, se han medido las pérdidas de peso siguientes:

11.4 g/m<sup>2</sup>/día para el Al de 99.99%

12.7 g/m<sup>2</sup>/día para el Al de 99.90%

15.5 g/m<sup>2</sup>/día para el Al de 99.50%

d) Sosa cáustica.- Para la sosa cáustica en solución —

(fig. 4), se ha encontrado que el ataque

que mayor se alcanza con una dilución de concentración 50 g/l

NaOH aproximadamente.

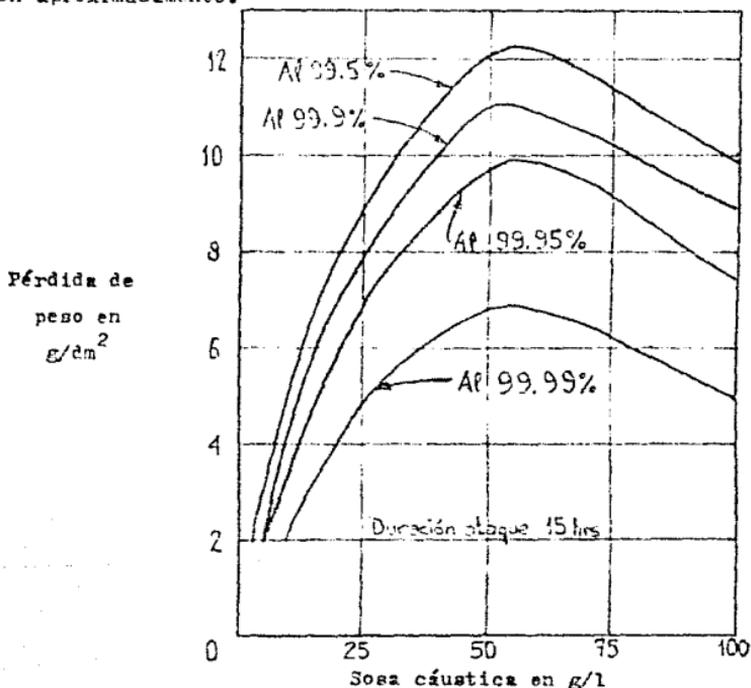


Fig. 4.- Ataque del aluminio mediante una disolución de sosa cáustica.

Acción de los compuestos orgánicos sobre el aluminio.

De los ácidos orgánicos, el ácido fórmico es el ácido -- más agresivo para el aluminio. El ácido acético en frío, ataca débilmente al aluminio.

Los demás ácidos orgánicos tienen una acción más débil -- aún sobre el aluminio, y a veces prácticamente nula.

Por lo que respecta a los demás grupos orgánicos, no --- existen reacciones de importancia con el aluminio.

#### 1.4 Uso del aluminio.

El uso o aplicación del aluminio, comienza ya avanza de el siglo XIX, con la aparición de utensilios de cocina y decorativos, productos que explotan las características novedosas, en ese momento, del metal. Rápidamente se expanden sus aplicaciones conforme se conocen sus propiedades. Hoy en día su uso se ha extendido ampliamente, lo mismo que el de sus aleaciones, a diferentes industrias, tales como: la automotriz, la electrodoméstica y electrónica, la aeronáutica, la ferroviaria, de la construcción y herrería, en la fabricación de instrumentos quirúrgicos, dentales, y de radiología, en la elaboración de juguetes, papel y envases, etc.

Aunque la conductividad eléctrica del aluminio de la clase conductor eléctrico (EC), es como el 62% que la del cobre, su menor peso y precio, lo hacen más apropiado como conductor eléctrico en muchas aplicaciones industriales, principalmente en tendidos de cables para conducción de alta tensión.

La característica no magnética del aluminio lo hace útil para diversos fines de protección eléctrica, como: en la fabricación de cajas para barras conductoras.

Se utiliza ampliamente en estructuras en las que no se requiera una alta resistencia tensil y en el área arquitectónica para decoración y exteriores, por su alta resistencia al intemperismo.

Reducido a polvo se incorpora a pinturas y lacas, y se utiliza para soldar, normalmente, rieles en su lugar, por el proceso denominado aluminotermia.

Una de las muchas aplicaciones para el aluminio refinado es: utilizandolo en la fabricación de reflectores fotográficos, con el fin de aprovechar sus características de alta re-

flectividad a la luz y de no decoloración superficial.

Por otra parte, sigue utilizandose en la manufactura de utensilios de cocina y decorativos, lo mismo que, con mucho - exito por sus características de no toxicidad y alta resistencia a la oxidación, en recipientes y empaques para la conservación de alimentos, golosinas, medicamentos y agentes químicos.

A la vez que el aluminio pierde algunos mercados con los plásticos y otros materiales, incursiona como pionero en la - aeronáutica espacial con las aleaciones de aluminio-litio, con las que se manufacturan partes de las naves espaciales; se -- preparan prototipos de automóviles con la carroceria y armazón de aluminio; se busca la aplicación comercial en discos - de memoria para computadoras; radiadores, etc.. Son nuevos -- horizontes que la industria aluminera mundial explora y en cu ya exploración o investigación, debería participar en mayor o menor grado, la industria aluminera mexicana.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE MERCADO

#### 2.1 Producción de aluminio y sus aleaciones.

En México la industria del aluminio se empezó a instalar hace solo cuarenta años y como la mayor parte de la industria y de otras actividades económicas, creció en un ambiente de protección ante la competencia internacional y aislada de las variaciones cíclicas que se registraban en el exterior. Si bien la protección sirvió para lograr cierto crecimiento interno en dimensión y en variedad de productos, el efecto negativo hoy en día, es el de una falta de competitividad en el mercado internacional, además de una insignificante participación, de tan solo el 0.2%, en la producción mundial del metal.

La industria del aluminio, como tal, puede dividirse en dos sectores, a saber: El primero en el que se agrupan las industrias que producen el metal y sus aleaciones, y el segundo, el que forman las industrias que lo transforman o emplean como materia prima, y en el cual podemos encontrar industrias como: la de extrusión, la de laminación, fabricantes de papel (foil), fabricación de conductores, la fundición de diversos productos y otras.

Tan extensas como las industrias que lo utilizan y sus aplicaciones, son las aleaciones de aluminio que existen y para las cuales, desafortunadamente no se tiene una norma aceptada internacionalmente.

Existen asociaciones como: ASTM (American Society for -- Testing and Materials) y SAE (Society of Automotive Engrs) en los Estados Unidos, que mantienen al día listados de procedimientos y especificaciones generales, pero que no son reconocidas internacionalmente. Las aleaciones registradas por la Asociación del Aluminio (Aluminum Association; AA) son las más ampliamente reconocidas y utilizadas.

La codificación que esta institución utiliza para las diferentes aleaciones, consiste de un sistema numérico de cuatro dígitos: xxx.x, en el cual el primer dígito, contado de izquierda a derecha, indica la familia a la que la aleación pertenece, el segundo y tercer dígito son números consecutivos que designa la institución para las aleaciones registradas, y el cuarto dígito, el que se encuentra después del punto, designa si se trata de aluminio primario, aluminio de segunda fusión o de aluminio reciclado, con la siguiente codificación: xxx.0; xxx.1 y xxx.2 respectivamente.

Las aleaciones son usualmente separadas en familias en las cuales, las características de la aleación son consideradas como una función o requerimiento del proceso en el cual o para el cual van a ser utilizadas. La tabla A en el apéndice muestra la clasificación de las aleaciones para fundición.

El sistema de codificación de la Asociación del Aluminio en el que pretende reconocer las familias de aleaciones, tiene el siguiente esquema:

- 1xx.x : Aluminio puro o sin alear de composición controlada, 99% mínimo de aluminio.
- 2xx.x : Aleaciones de aluminio, que contienen cobre como el elemento aleante en mayor porcentaje.
- 3xx.x : Aleaciones aluminio-silicio, que también con--

tienen magnesio y/o cobre.

- 4xx.x : Aleaciones binarias aluminio-silicio.
- 5xx.x : Aleaciones de aluminio que contienen magnesio, como el elemento aleante en mayor porcentaje.
- 6xx.x : Aleaciones especiales que contienen magnesio y silicio combinados, como partícula aleante.
- 7xx.x : Aleaciones de aluminio que contienen zinc, como el elemento aleante en mayor porcentaje, -- usualmente tambien contienen adiciones de cobre, magnesio, cromo, manganeso o combinaciones de estos elementos.
- 8xx.x : Aleaciones de aluminio que contienen estaño como el elemento aleante en mayor porcentaje.
- 9xx.x : Serie sin designación.

Para las variaciones en los límites de las composiciones específicas de una aleación, son utilizadas letras como prefijos de la codificación, de la aleación original, para diferenciarla de esta, con la que es idéntica en cuanto a elementos aleantes se refiere. Por ejemplo: una de las aleaciones más comunes para fundición por gravedad, es la aleación: 356.x, - de la que existen las siguientes variaciones: A356.x, B356.x y C356.x, cada una de estas aleaciones, es idéntica a la original en el contenido y tipo de elementos aleantes, pero en cada caso, se reducen los límites en las especificaciones --- aplicables a impurezas o elementos aleantes, en este caso, es especialmente el contenido de hierro.

Las codificaciones con sus límites de composición, para las aleaciones, para fundición, registradas por la Asociación del Aluminio, se muestran en la tabla A del apéndice.

Aun cuando la codificación para varias aleaciones, para -

fundición, están normalizadas en Estados Unidos, muchas de -- estas han sido desarrolladas para manejarse a nivel mundial, y dado que para la mayor parte de estas mismas aleaciones, -- cada nación (y en muchos casos firmas y/o compañías indivi-- duales), han desarrollado su propia nomenclatura, se a hecho necesario tener excelentes referencias para correlacionar, -- por referencias cruzadas u otros caminos, la composición de - estas aleaciones, para su uso internacional. Dichas correla-- ciones existen, y han sido desarrolladas por instituciones y asociaciones como: ASTM, SAE, AMM, AA y otras.

Existe en el país un solo productor de aluminio primario ALUMSA, que elabora a partir de alúmina de importación toda - su producción, esta empresa se encuentra ubicada en el Estado de Veracruz y su capacidad instalada, hasta 1988 era de 66000 toneladas anuales, y ya en ese año trabajaba al 100% de su -- capacidad.

En cuanto respecto a productores de aleaciones, existían en 1988 alrededor de 25 empresas, los datos no son precisos - dado que no se cuenta con un registro de las mismas. De estas 25 empresas, 10 de ellas estaban integradas como empresas fi-- liales o funcionando como centros reductores de costos de em-- presas transformadoras del aluminio, como extrusoras y lamina-- doras, y que por tanto, no daban servicio al resto de las in-- dustrias de transformación. Estas 10 empresas contaban con -- equipo y tecnología entre regular y buena, y sus productos -- cumplían satisfactoriamente con las normas internacionales.

En cuanto a las 15 empresas restantes, que propiamente - se dedicaban a la maquila de aleaciones, podemos afirmar que solo el 20% de las mismas, tenían equipos y tecnología regu-- lar, y que el resto eran industrias del tipo artesanal, cuyos

equipos son altamente ineficientes y carecen totalmente de tecnología. Se estima que la capacidad instalada de todo este sector sea de: 120,000 toneladas por año, hasta 1988.

En cuanto a la producción de aluminio y sus aleaciones, la tabla II muestra los resultados obtenidos en el período comprendido de 1979 a 1988.

TABLA II

Producción de aluminio y aleaciones de aluminio en México.  
(cantidades en Ton)

Año	Primario	Aleado +
1979	43467	86416
1980	42149	90390
1981	40749	93670
1982	32263	75512
1983	45403	57085
1984	45547	80286
1985	38215	108401
1986	39319	67309
1987	64873	66931
1988	70380	68481

+Como aluminio aleado se considero: tanto el aluminio de segunda fusión, como el aluminio reciclado, dado que no existe información por separado de los mismos.

Los datos reportados en la tabla II, fueron recopilados de: Encuesta industrial mensual (INEGI) Secretaria de Programación y Presupuesto; Estadística 1988 Instituto Mexicano del Aluminio, A.C. y del reporte anual de Censos Industriales Banco de México.

De la tabla II, podemos apreciar claramente dos tendencias que sin la información complementaria de las empresas productoras, dada anteriormente, nos darían impresiones erróneas. La primera el incremento en la producción de aluminio primario y que no responde de ninguna forma al crecimiento en la demanda específica de este material, sino al consumo necesario del mismo, por parte de la industria transformadora a falta de aleaciones, en la cantidad y calidad necesarias en el mercado nacional y de las dificultades, burocráticas y económicas, para la importación de las mismas del mercado internacional. La segunda, la disminución en la producción de aleaciones y que como en el punto anterior, no refleja de ninguna forma la disminución de la demanda de las mismas, sino lo ya antes expuesto, aunado a una industria caduca con procesos obsoletos e ineficientes para la producción de aleaciones en nuestro país.

## 2.2 Consumo de aluminio y sus aleaciones en México.

Para determinar el consumo de aluminio y sus aleaciones, se hace necesario, revisar y analizar inicialmente, las importaciones y exportaciones que de estos productos se hicieron en los últimos años, en nuestro país.

Primeramente se revisara y analizara la importación de aluminio a México, misma que se divide en tres rubros, a saber: la importación de aluminio primario, la importación de chatarras de aluminio y la importación de aleaciones de aluminio. La tabla III, nos muestra estos tres rubros y el total de las importaciones realizadas en el período comprendido entre 1979 a 1988.

TABLA III

Importación de aluminio a México.  
(cantidades en Ton)

Año	Primario	Chatarra	Aleado	TOTAL
1979	56093	9193	17533	82819
1980	63534	6997	25983	96514
1981	59211	8786	29638	97635
1982	32570	11467	23203	67240
1983	7759	10631	7935	26325
1984	20114	24026	12016	56156
1985	29706	54053	15125	98884
1986	13051	27776	9078	49905
1987	7211	22478	6879	36568
1988	16467	21304	11751	49522

Los datos reportados en la tabla III, fueron recopilados de: Encuesta industrial mensual (INEGI) Secretaria de --

Programación y Presupuesto; Estadística 1988 Instituto Mexicano del Aluminio, A.C. y del reporte anual de Censos Industriales Banco de México.

Si se calculan los factores de correlación de cada una de las columnas de la tabla anterior VS el año, se obtienen:

- Fac. de corr. Año VS Primario =  $-0.82633$  ,
- Fac. de corr. Año VS Chatarra =  $0.58590$  ,
- Fac. de corr. Año VS Aleado =  $-0.71141$  y
- Fac. de corr. Año VS TOTAL =  $-0.57488$

estos resultados muestran, que no sería de ninguna utilidad, generar una proyección de las importaciones para ninguno de estos conceptos.

Pero, de esta tabla se pueden hacer dos observaciones: la primera de ellas, el decremento en la importación de aluminio primario, que podemos afirmar se debe a tres causas -- fundamentalmente, y que a saber son:

- a) La mayor penetración en el mercado por parte de ---- ALUMSA, dado que durante 1987, incremento su capacidad que era de 44,000 toneladas, en un 50%, para alcanzar 66,000 toneladas anuales.
- b) Los problemas burocráticos y económicos que implican la importación de aluminio y/o sus aleaciones, aunado a ciertos acuerdos que ALUMSA a tomado con el gobierno federal.
- c) La tendencia cíclica en la demanda de este mercado.

La segunda, confirmar el comportamiento cíclico del mercado, y que afecta todos los rubros o conceptos de la tabla; pero aun en este comportamiento, se observa que todos los ciclos estan iniciando una etapa de incremento, lo que afirma el -- hecho de que en nuestro país, existe campo para el desarro--

llo de la industria transformadora del aluminio, que no se ha implementado como en el resto del mundo, y que como muestra la tabla podría comenzar a repuntar.

Por otra parte, revisemos y analicemos ahora, la exportación de aluminio y sus aleaciones, la cual se dividirá en dos rubros, a saber: La exportación de aluminio primario y la exportación de chatarras de aluminio. La tabla IV nos muestra, estos rubros y el total de las exportaciones de aluminio por período, en el mismo intervalo de tiempo en que se analizo la importación.

TABLA IV

Exportación de aluminio (cantidades en Ton).

Año	Primario	Chatarra	TOTAL
1979	-----	1	1
1980	18	6	24
1981	24	402	426
1982	215	14	229
1983	550	323	873
1984	521	1421	1942
1985	227	4803	5030
1986	2672	5314	7986
1987	3058	6727	9785
1988	13277	2823	16100

Los datos reportados en la tabla IV, fueron recopilados de: Encuesta industrial mensual (INEGI) Secretaría de Programación y Presupuesto; Estadística 1988 Instituto Mexicano del Aluminio, A.C. y del reporte anual de Censos Industriales Banco de México.

De los datos de la tabla anterior, se puede concluir -- que existe, en todos los rubros una tendencia al crecimiento, y aunque en el caso de la chatarra el comportamiento es cíclico, existe una tendencia al incremento de la exportación, este comportamiento en especial, es más simple entenderlo si consideramos: el comportamiento cíclico natural de la demanda de este material en el mercado internacional y el hecho de que en nuestro país no existe chatarra suficiente, como para tener un excedente para exportación. No obstante -- la tendencia observada es un claro indicador de que existe -- un mercado internacional, que no ha sido totalmente cubierto por los productores internacionales y que dicho mercado tiene un rango más amplio que el mostrado por los datos de la -- tabla IV, ya que esta no muestra concepto por aleaciones.

Ahora se revisaran y analizaran los datos de consumo, -- los cuales se enlistan en la tabla V, que nos muestra cuatro conceptos, que son: consumo de aluminio primario, consumo de chatarras de aluminio, el consumo de aluminio como materia -- prima (M.P.), es decir, la sumatoria de los dos primeros conceptos y el consumo de aleaciones o aluminio aleado, el cual incluye: aluminio aleado de primera y segunda fusión y aluminio aleado de recicló.

Los datos reportados en la tabla V, fueron recopilados de: Encuesta industrial mensual (INEGI) Secretaria de Programación y Presupuesto; Estadística 1988 Instituto Mexicano -- del Aluminio, A.C. y del reporte anual de Censos Industriales Banco de México.

Por otra parte, graficando los datos enlistados en la tabla V, específicamente: año vs total M.P. y año vs aleado, obtenemos la gráfica I y la gráfica II respectivamente.

TABLA V

Consumo de aluminio y sus aleaciones en México.

(cantidades en Ton)

Año	Primario	Chatarra	TOTAL M.P.	Aleado
1979	99560	24113	123673	103949
1980	105665	24120	129785	116373
1981	99936	31902	131838	123308
1982	64618	37233	101851	98715
1983	52612	25430	78042	65020
1984	65140	42161	107301	92302
1985	67694	71555	139249	123526
1986	49698	38894	88592	76387
1987	69026	24516	93542	73810
1988	73570	22955	96525	80232

Nuevamente, como en el caso de la importación, calculando los factores de correlación de las dos últimas columnas - vs el año, se obtiene:

- Fac. de corr. Año VS TOTAL M.P. = -0.50444 y

- Fac. de corr. Año VS Aleado = -0.55497

debido a estos resultados, sería poco útil elaborar una proyección de consumos.

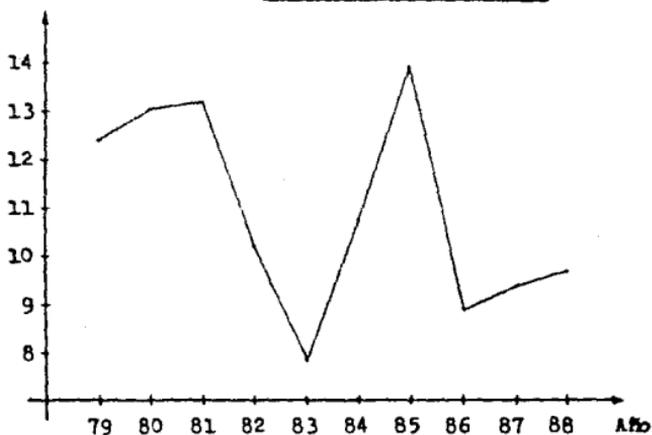
Como se puede observar de las gráficas I y II, el comportamiento de ambas es similar, esto resulta comprensible, si recordamos lo que hemos comentado en subcapítulos anteriores, que esto se debe principalmente a que el único productor de aluminio primario (ALUMSA), y productor también de aleaciones de aluminio, está cubriendo gran parte de los requerimientos del mercado de aluminio aleado con aluminio sin alear de primera fusión.

Consumo Al M.P.

$\times 10^4$  Ton

GRAFICA I

Año VS Consumo Al M.P.

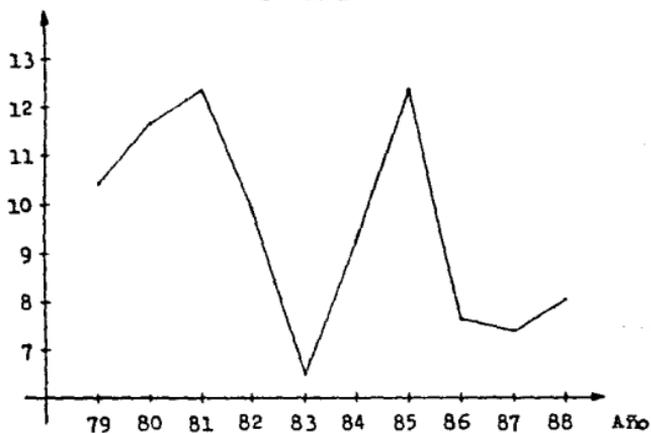


Consumo Al aleado

$\times 10^4$  Ton

GRAFICA II

Año VS Consumo Al aleado



Por otra parte, en las dos gráficas se observan desplomes en los consumos, mismos que coinciden con los años, en que nuestro país a sufrido las devaluaciones más fuertes, es decir, el primero en 1982 y el segundo en 1986, estos desplomes no tienen sus puntos más bajos o críticos, precisamente en estos años, especialmente en el caso de las aleaciones y eso de alguna manera es lógico, si consideramos que una de las industrias que más se afectan en estos períodos, es la industria de la construcción, y que para el período de años que analizamos, específicamente 1979 a 1988, los consumos más importantes de las aleaciones de aluminio, en nuestro país, eran utilizados precisamente para fabricar productos para esta industria.

Ahora, ya analizado el consumo de aluminio y sus aleaciones, como materia prima para la industria de transformación, se analizara el consumo nacional aparente de la industria de transformación del aluminio por sector, mismo que se presenta en la tabla VI.

Los datos reportados en la tabla VI, fueron recopilados de: Encuesta industrial mensual (INEGI) Secretaria de Programación y Presupuesto; Estadística 1988 Instituto Mexicano del Aluminio, A.C. y del reporte anual de Censos Industriales Banco de México.

En la tabla VI, se muestran los consumos de los siguientes sectores:

- a) Lamina y chapa,
- b) Papel (foil),
- c) Extrusión,
- d) Polvo y pasta,
- e) Barras para conductores eléctricos, y
- f) Fundición y otros productos.

TABLA VI

CONSUMO NACIONAL APARENTE DE LA INDUSTRIA TRANSFORMADORA DEL ALUMINIO POR SECTOR (cantidades en Ton).

<u>CONCEPTO/ABO</u>	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981	1980	1979
<u>FACTURACION NACIONAL</u>										
Lamina y chapa	15145	15462	15694	19755	16615	14961	19336	22941	25140	23713
Papel	8062	8478	8626	9945	6473	7724	8369	8214	8547	7763
Extrusión	18341	20029	22629	27237	19989	17984	32093	36284	34413	31111
Polvo y pasta	1077	1180	833	935	879	576	583	1285	1088	586
Barras para conductores eléctricos	11711	14733	13000	23230	19500	7800	6250	12400	12742	12900
Fundición (1)	28500	28000	26742	60242	46304	28616	34995	50690	47837	47600
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>82836</b>	<b>87882</b>	<b>87524</b>	<b>141344</b>	<b>109760</b>	<b>77661</b>	<b>101626</b>	<b>131814</b>	<b>129767</b>	<b>123673</b>
<b>MEJOS EXPORTACIONES (2)</b>	<b>16741</b>	<b>18190</b>	<b>9402</b>	<b>16893</b>	<b>7632</b>	<b>1656</b>	<b>1122</b>	<b>3129</b>	<b>3380</b>	<b>3046</b>
<b>TOTAL CONSUMO NACIONAL</b>	<b>66095</b>	<b>69692</b>	<b>78122</b>	<b>124451</b>	<b>102128</b>	<b>76005</b>	<b>100504</b>	<b>128685</b>	<b>126387</b>	<b>120627</b>
<u>IMPORTACIONES</u>										
Lamina	20506	19120	15540	15556	11774	2239	24803	18072	13588	13992
Papel	2504	1255	1236	976	741	606	2679	3015	3151	2446
Extrusión (3)	2280	1057	1327	1871	1073	669	2387	6328	2642	1486
Polvo y pasta	682	356	324	326	357	211	299	428	264	232
Barras para conductores eléctricos	235	111	95	5043	175	1903	15610	31704	13064	6572
Otros productos de aluminio (4)	3555	13320	2091	1945	1180	584	4962	14561	9733	2436
<b>TOTAL IMPORTACIONES</b>	<b>29762</b>	<b>35219</b>	<b>20613</b>	<b>25717</b>	<b>15300</b>	<b>6212</b>	<b>50740</b>	<b>74108</b>	<b>42442</b>	<b>27164</b>
<u>RESUMEN</u>										
Total facturación nacional	66095	69692	78122	124451	102128	76005	100504	128685	126387	120627
Total importaciones	29762	35219	20613	25717	15300	6212	50740	74108	42442	27164
<b>CONSUMO NACIONAL APARENTE</b>	<b>95857</b>	<b>104911</b>	<b>98735</b>	<b>150168</b>	<b>117428</b>	<b>82217</b>	<b>151244</b>	<b>202793</b>	<b>168829</b>	<b>147791</b>

(1) Dentro de este renglon se comprende una enorme variedad de productos fundidos siendo imposible agruparlos, se incluye lo correspondiente a la industria automotriz pero no se tiene información exacta.

(2) Excepto lingote primario.

(3) Comprende barras extruidas, perfiles, tubos y elementos de construcción.

(4) Excepto lingote y chatarra.

Por otra parte, se puede decir que la demanda de productos de aluminio en México, tuvo un importante crecimiento durante los años del auge petrolero. Gran parte de esa demanda creciente se cubrió con importaciones y otra parte con ampliaciones a la capacidad productiva existente y con la instalación de nuevas empresas, casi siempre en una forma desordenada y dispersa, que suponía el mantenimiento de una demanda -- siempre en ascenso.

El colapso de los precios del petróleo y sus efectos en la economía nacional, redujeron abruptamente la demanda a un nivel de consumo per cápita de 1.15 Kg, en 1988, y que resulta extremadamente bajo en atención al tamaño y grado de desarrollo de la economía mexicana.

Debido a que por lo general el crecimiento desorganizado de las inversiones, tuvo el agravante de ignorar el mercado de exportación, y falló en lo relativo a las perspectivas de la demanda interna, es evidente que la capacidad instalada -- actual está excedida, no solamente en relación con los bajos aprovechamientos registrados en los últimos años, sino incluso tomando como referencia los años récord de producción.

Como característica especial de algunos sectores, se da el caso de que los nuevos productores, que se entiende son o deben ser más eficientes, no sustituyeron a los productores marginales u obsoletos, pero con baja inversión de capital o con activos totalmente depreciados, que paradójicamente podrían eliminar hasta a empresas mejor equipadas.

La caída de la demanda y el crecimiento de la capacidad, han fragmentado aún más el consumo, haciendo que no se aproveche adecuadamente los beneficios de la producción a escala y en cambio se tengan altos costos fijos por unidad, lo que per

mite la coexistencia de empresas obsoletas con empresas eficientes.

En la mayoría de los sectores, y en la industria en su conjunto, hacen falta programas coordinados de investigación y desarrollo de nuevos productos, así como campañas permanentes de promoción y difusión, que permitan fortalecer e incrementar la demanda de productos de aluminio.

Lo anterior es particularmente importante porque el alto costo de producción, hace más vulnerable a los productos de aluminio ante la competencia de productos elaborados con otros materiales, principalmente plásticos, vidrio y acero.

La demanda nacional ha tenido y tiene una importante participación de importaciones. La alúmina y la chatarra, son indispensables de importar, aunque en el caso de la chatarra, se debe evitar el contrabando y reglamentar las magnitudes y modalidades de la importación. También las cuantiosas importaciones para bote abre-fácil son inevitables en el corto plazo, así como las de otros productos que no se fabrican aún en nuestro país.

Otro problema grave del mercado, es la competencia de productos de importación, que ante las perspectivas de liberación comercial derivadas de acuerdos federales, regionales, o en el marco del libre comercio internacional, crearían crisis que pudieran ser fatales para muchas empresas mexicanas, si los empresarios de dichas empresas y las autoridades, no sensibilizan las características que en los momentos actuales, les impiden ser competitivas.

Por los problemas de costos que tiene la industria alumínica nacional, algunos derivados de la contracción de la demanda, ya mencionada, la generalidad de las empresas no está

en posibilidades de competir con importaciones y tampoco de reorientar su producción para exportar masivamente, que es sin duda una alternativa importante para sortear la crisis.

Pero si se considera que la producción de lingote recibe el impacto negativo de altos costos en sus principales insumos: por un lado, en la producción de lingote primario, la elevada tarifa eléctrica; y por otro, en aluminio reciclado, las limitaciones para la importación de chatarra. Además que la oferta nacional de chatarra es limitada, se han otorgado exenciones y se han asignado cuotas, con un criterio sistemático e inequitativo.

Por ende, la producción de lingotes a costos necesariamente elevados, obliga a los sectores de transformación a recibir su materia prima principal a un elevado precio, lo cual conjuntamente con los altos costos de conversión que por lo general se tienen, impide en la mayoría de los casos acudir al mercado de exportación, sobre todo el de Estados Unidos, que ha tenido un acelerado crecimiento en sus importaciones de aluminio.

Además de los altos costos fijos derivados de una baja utilización de la capacidad instalada, imputable a un bajo nivel de demanda interna, se registran sobre todo en los sectores de extrusión, laminación y fundición, costos extras por lotes sumamente pequeños, que obligan a constantes cambios de producción y bajos rendimientos de materiales, insumos y mano de obra.

Esta situación obedece no sólo a las dimensiones de nuestro mercado sino a una falta de estandarización, que permite una excesiva gama de productos; además, por falta de organización entre los fabricantes, se tiene una gran dispersión de -

la oferta, en la que cada productor pretende abarcar todos -- los segmentos de su mercado, sin enfocarse a una especialización que haga más racional la producción y la demanda.

La materia prima cara y los costos de conversión afectados por los factores antes señalados, se ven agravados sobre todo en los sectores que requieren elevados inventarios para operar, así como en las empresas que deben liquidar de inmediato sus adquisiciones, y en cambio necesitan dar facilidades de pago a sus clientes, lo que conlleva a una generación de efectivo insuficiente.

En la mayoría de los sectores se registran apalancamientos financieros excesivos, derivados tanto de los requerimientos para capital de trabajo, como por empréstitos tomados interna o externamente para inversiones en activo fijo, cuyas amortizaciones y una operación deficitaria, han conducido a la mayor parte de las empresas de la industria aluminera, a una marcada y generalizada descapitalización.

En cuanto al sector de aleaciones secundarias, es decir, aleaciones de segunda fusión, este había venido trabajando en forma sana para la economía nacional, hasta la implantación de aranceles a la importación de su materia prima (chatarra).

Los ínfimos niveles de ocupación de la capacidad instalada obedecen, primero, a un bajísimo nivel de 1.15 Kg por habitante, cifra de las más bajas en el mundo; en segundo lugar -- por la protección al productor de aluminio primario que es al mismo tiempo proveedor y competidor; tercero, por obstáculos y falta de incentivos gubernamentales para realizar programas integrales orientados a la exportación; y cuarto, dada la obsolescencia en equipos y procesos de este sector.

Existen márgenes de manobra para reducir ineficiencias

en costos y gastos de producción, por lo que una competencia más sana, eliminaría a productores ineficientes, obsoletos, - faltos de calidad y que vegetan en el sector debido al desorden, y sobre todo por los elevados precios del lingote primario, que presiona hacia arriba los precios del aluminio secundario o de segunda fusión, y por lo tanto fijan los precios - al nivel del productor más ineficiente, perjudicando con ello al resto de la industria de transformación del aluminio.

### 2.3 Estructura de la demanda.

Como ya se ha dicho son múltiples los usos y aplicaciones del aluminio y sus aleaciones, y que por tal motivo - existen un gran número de aleaciones, y por tanto, sería imposible pensar que la planta, tema de este trabajo, produjera todos los tipos. Para definir que tipo de aleaciones serían las más rentables, analicemos el desglose del consumo de aluminio primario (facturación nacional), que se muestra en la tabla VII, que a continuación se presenta y que tiene como todas las tablas anteriores el mismo período de tiempo:

TABLA VII

Desglose del consumo nacional de aluminio primario.  
(exclusivamente facturación nacional, datos en toneladas)

AÑO	Extrusión	Laminación	Fundición	TOTAL
1979	17011	13240	13216	43467
1980	15629	12245	14275	42149
1981	14651	12997	13101	40749
1982	10206	8177	13880	32263
1983	13779	10396	21234	45403
1984	13209	10694	21644	45547
1985	12512	10620	15083	38215
1986	8970	7791	22558	39319
1987	14555	17429	32889	64873
1988	15388	13504	41488	70380

Los datos reportados en la tabla VII, fueron recopilados de: Encuesta industrial mensual (INEGI) Secretaria de Programación y Presupuesto; Estadística 1988 Instituto Mexicano del Aluminio, A.C. y del reporte anual de Censos Indus-

triales Banco de México.

Dado que no se cuenta con información de aluminio aleado, como la que muestra la tabla anterior de aluminio primario, pero dado que, como hemos venido diciendo, el aluminio primario a sustituido al aleado por las razones ya enumeradas, se puede considerar como semejante al comportamiento -- del aluminio aleado, y no solo esto, sino que dadas las aplicaciones para las aleaciones, es todavía más probable que un porcentaje mayor sea aplicado al área de fundición que a -- cualquiera de las otras dos, que como se puede observar, en la tabla VII, es el rubro que muestra un incremento en su demanda de manera más constante, al menos en el período analizado, lo cual se puede constatar, calculando los factores de correlación para cada uno de los tres rubros vs el año, obteniendo los siguientes resultados:

- Fac. de corr. Año VS Extrusión =  $-0.32709$  ,
- Fac. de corr. Año VS Laminación =  $0.13145$  y
- Fac. de corr. Año VS Fundición =  $0.83933$

estos resultados, muestran la gran variación que existe en -- el mercado, pero del mismo modo muestran que el sector más -- estable, al menos en el período analizado, es el sector de -- fundición y que además muestra una tendencia al crecimiento. Por tales razones, se deduce que el aluminio aleado que tendría más posibilidades de ser rentable, es aquel que consumen las industrias fundidoras.

Por tal motivo se decidió realizar una investigación -- más detallada en industrias del área de fundición, encontrándose, que en casi todas ellas, o cuando menos las de mayor -- demanda y mejor constituidas, existe importación de esta materia prima (empresas como: ALUMEX, NISSAN, CHRYSLER, KEN --

WORTH, VOLKSWAGEN, OLIMPIA, BUENAP, etc.) y que el orden de su importación respecto de su consumo total, es de: 20 a 25% (promedio). De todas las empresas visitadas, la que mostro mayor interes y proporciono información más concreta sobre sus consumos, fué: Volkswagen de México. Dicha empresa informó: El consumo promedio mensual de aluminio primario y aleaciones de aluminio, para su planta fundidora, es del orden de: 770 toneladas, que son abastecidas por los siguientes — proveedores y en las cantidades que se muestran en la tabla VIII.

TABLA VIII

Proveedor	Porcentaje	Cantidad (Ton)
ALUMSA	45	346.5
Estafios y sus derivados S.A.	30	231.0
Wabash (importación)	15 - 20	115.5 - 154.0
Metales y aleaciones especiales SA	10 - 05	77.0 - 38.5

Dado que las aleaciones que consume Volkswagen de México, específicamente dos, son del tipo más utilizado en fundiciones que inyectan piezas de aluminio, para la industria — automotriz, y que este mercado, comienza a tomar forma en — nuestro país, como se observo en la tabla VII, se considera — como adecuado, que la planta objeto de este proyecto, elabore aleaciones específicamente de este tipo.

#### 2.4 Capacidad de la planta.

Por todo lo ya antes expuesto, con referencia al mercado del aluminio y sus aleaciones, se considera pertinente - establecer el mercado específico que se pretende cubrir, para con ello definir la capacidad de la planta.

Dada la apertura e interes mostrados por Volkswagen de México, la versatilidad de las aleaciones que consume, que fácilmente se colocarían con otros clientes, y el hecho de que las principales armadoras en nuestro país, importan y consumen este tipo de aleaciones, además de otras industrias. Se propone establecer como mercado potencial la eliminación de las importaciones de las aleaciones de aluminio que hasta la fecha realiza dicha compañía, y cuyo consumo máximo anual sería:  $154 \times 12 = 1848 \text{ Ton/año}$ .

Por otra parte, es importante recordar, que aún con equipo y procedimientos obsoletos, en un gran porcentaje de las empresas de este sector, la capacidad instalada esta por encima de la demanda actual, por lo que no sería recomendable, ni sano, financieramente hablando, proponer una capacidad de planta que por su magnitud resulte una inversión demasiado alta.

Si ha todo lo anterior, aunamos el interes de no tener como unico cliente a Volkswagen de México, y lo estrategico de capturar un cliente en el extranjero, es decir, exportar aleaciones de aluminio, para lo que se recomienda un margen del 35% sobre el consumo anual de Volkswagen.

Por tanto, se tendra que, la capacidad de la planta deberá ser:  $1848 \times 1.35 = 2495$ , de donde se obtiene:

CAPACIDAD DE PLANTA = 2500 Ton/año.

## CAPITULO III

### ANALISIS TECNICO

#### 3.1 Procesos existentes.

En gran cantidad de industrias productoras de materias primas, se observa una recuperación de estas materias a partir de objetos fuera de uso. Se conocen los ejemplos de - las industrias del cobre, acero, papel, termoplásticos, estaño, etc. El aluminio sigue esta regla general y, así, en algunos países con escasez de minerales, la industria de la recuperación ha sido siempre floreciente.

En el caso de la recuperación de los metales pesados, - se puede obtener fácilmente un metal puro por oxidación de - las impurezas o por refinado electrolítico por vía acuosa, estas operaciones pueden efectuarse en el ciclo de tratamiento de los minerales. En la recuperación del aluminio, a causa - de sus propiedades químicas intrínsecas, se emplean métodos de recuperación particulares que se realizan en fábricas especializadas de refinado.

Se podría obtener el aluminio puro, a partir de las chatarras, por la utilización de alguno de los siguientes procedimientos:

- Refinado electrolítico por vía líquida,
- Solidificación fraccionada con filtración de cristales metálicos,
- Amalgama con mercurio y destilación, y
- Fusión al vacío, con destilación del zinc y del magnesio--

sio. Sin embargo, es más económico elaborar aleaciones de aluminio, que aluminio puro, ya que el proceso se simplifica al no requerirse la separación de todos los elementos que contienen las chatarras, y no solo eso, sino que estas, las aleaciones, son la materia prima que demanda la mayor parte de la industria transformadora del aluminio, principalmente el sector de fundición.

Durante los primeros años de la industria de la recuperación, para distinguir su producción de la obtenida por electrolisis ígnea de la alúmina, se adoptó la denominación de lingotes de segunda fusión. Sin embargo, desde hace veinte años, la evolución de las técnicas ha progresado de tal manera que la calidad de las aleaciones de "segunda fusión", es idéntica a la de las aleaciones de "primera fusión".

En los Estados Unidos, se ha dado una definición precisa del afino por una ordenanza promulgada por la: Business and Defence Services Administration (B.D.S.A.). Esta ordenanza describe al refinador como: "toda persona que refunde metal bruto o chatarra con vistas a producir lingotes, tochos o tabletas, con composición química fija, correctamente aleados, afinados y analizados químicamente; y que posee el equipo y los conocimientos técnicos indispensables para realizar la operación sin que exista una baja en la calidad de los productos o una merma ...".

Paralelamente al afinador, los americanos distinguen igualmente al "relingoteador", cuyo papel es el de recuperar el aluminio de las chatarras contaminadas y "relingotearlas" sin producir un metal que responda a una norma de composición dada. Al afinador corresponde realizar esta última operación.

Es de sobra sabido que la composición química y las pro-

propiedades mecánicas son criterios suficientes para la identificación de la aleación y que la historia de las materias primas empleadas en la elaboración de las mismas, no tiene importancia.

Sin embargo, se ha demostrado que las refusiones sucesivas del aluminio degradan las cualidades tecnológicas del metal, por un aumento en la tendencia a la formación de grietas y una disminución de las características mecánicas, siempre y cuando el metal haya sido simplemente "relingoteado" cada vez, sin un proceso de afino.

La mejora constante del valor tecnológico del metal de segunda fusión, paralelamente a la racionalización y mecanización de los procedimientos de cribadura, y de la preparación de las materias primas, explican el gran crecimiento de esta rama de la industria a partir de la segunda guerra mundial. Desde esa fecha, 1939, hasta nuestros tiempos se han desarrollado diferentes métodos para la obtención de lingotes de segunda fusión, y algunos otros o partes de los mismos, se han ido mecanizando y automatizando.

La realidad es que solo existe un proceso de obtención, y lo que ha sufrido modificaciones son los métodos y equipos que se han mejorado tecnológicamente para un mayor aprovechamiento y reducción de los costos de fabricación. Es por ello, que lo que realmente evaluaremos en este capítulo serán los diferentes métodos y/o equipos utilizados directa o indirectamente en el proceso.

Es importante destacar las etapas del proceso, y para ello, primeramente lo describiremos. Para comenzar diremos que las materias primas de las plantas productoras de aleaciones de aluminio de segunda fusión, están constituidas princi-

palmente por chatarras, y aunque el término chatarras sea peyorativo, es preciso señalar que engloban, en la metalurgia - del afino, materias muy apropiadas, tales como: virutas del - torneado y fresado, recortes de todos los productos laminados y troquelados, alimentadores de colada y mazarotas, envases - de todos tipos, y el resto se compone de objetos domésticos o mecánicos fuera de uso en aluminio o aleaciones de aluminio. La categoría de las chatarras se clasifican para la utilización en las plantas, según su estado, forma y análisis. Puede decirse que los rendimientos de estas materias durante la -- transformación van de acuerdo con su presentación y su grado de oxidación.

El trabajo del afinador se simplificaría si todas las materias primas (chatarras), le fueran entregadas totalmente separadas y clasificadas por los suministradores. Además, las - virutas de torno están más o menos cargadas con aceites de -- corte y con partículas de hierro procedentes de las herramientas de acero; las piezas pueden igualmente llevar casquillos y remaches de acero o tener casquillos de bronce y materias - extrañas de cualquier clase y las escorias pueden estar dema- siado cargadas de materias inertes, etc.:

En consecuencia, la elaboración de aleaciones con compo- sición fija supone una cuidadosa separación y preparación pravia de las materias primas (chatarras).

Esta separación y preparación consiste en eliminar cuer- pos inertes, aceites de corte, partículas de hierro, metales pesados y reunir, por lotes, las chatarras de las aleaciones de la misma naturaleza, con vistas a la fusión, análisis, afino y a la colada de aleaciones de composición fija correspon- diente a la norma seleccionada. A estas operaciones las consi-

deraremos como la primera etapa del proceso. Después de la se lección y acondicionamiento de la chatarra, pasamos al proce so de fusión de la misma, donde el metal pasa de su estado só lido a su estado líquido y a una temperatura determinada. --- Cuando el metal llega a dicha temperatura, se considera con--- cluida la segunda etapa del proceso. Con el metal en su esta- do líquido se procede a tomar una muestra para su análisis y con los resultados de este, se determinan los materiales y -- cantidades de los mismos, que se añadiran para lograr el afino del metal, e inmediatamente después tomar otra muestra pa- ra checar que el afino sea correcto, es decir, que la alea--- ción cumpla con la especificación química deseada, y de no -- ser así, repetir el procedimiento antes descrito. Cuando la - segunda muestra tomada indica que el afino es correcto, pode- mos considerar como concluida la tercera etapa del proceso. - Finalmente se procedera a la colada, término por el que se en tendera, el depositar en un molde prefabricado (lingotera), - el metal líquido para que nuevamente sufra un cambio de esta- do, es decir, retorne al estado sólido. Forma parte de esta - etapa el desmoldeo y manejo del lingote, esta será la última o cuarta etapa de nuestro proceso.

Ya descritas las etapas que constituyen el proceso, eva- luemos el impacto o prioridad de estas en el proceso y revise mos las alternativas que cada una de ellas puede tener, para que posteriormente se analicen las que se consideren críti--- cas.

Conforme se han definido las etapas, dos son las más im- portantes, a saber: la fusión y el afino, ya que ellas en si son el objetivo del proceso, y por ello, el éxito o fracaso - del proyecto. Las otras dos etapas no menos importantes, no -

se consideraran críticas, dado que son etapas auxiliares, pero necesarias para obtener el objetivo del proceso.

Ahora revisemos las alternativas en cada una de las etapas, que estarán dadas según el objetivo o función de la misma y que a saber son:

#### Primera etapa; SELECCION Y ACONDICIONAMIENTO CHATARRAS

Para esta etapa las alternativas se definen en función de la calidad y condición de la materia prima, dado que existen diferentes clases y tipos de chatarras, y además, personas o empresas dedicadas a la selección y acondicionamiento, por lo que tendremos:

- a) Chatarra en general,
- b) Chatarra preseleccionada, y
- c) Lingote chatarra (relingoteadores).

#### Segunda etapa; FUSION

En esta etapa las alternativas están dadas en función del equipo a utilizar, para alcanzar el objetivo de esta etapa en el proceso, a saber:

- a) Hornos de crisol,
- b) Hornos de reverbero, y
- c) Hornos de inducción.

#### Tercera etapa; AFINO

Para la etapa de afino, donde el punto central es el análisis químico de muestras, para la consecución indirecta y confirmación del objetivo de esta etapa, las alternativas se dan en función de la técnica (equipos y procedimientos para el análisis químico), y que a saber son:

- a) Técnica química,
- b) Técnica fisicoquímica, y
- c) Técnica física.

Cuarta etapa: COIADA

Ya que como se ha definido esta es una etapa auxiliar, - donde las mejoras tecnológicas se han dado en los equipos o - herramientas a utilizar, las alternativas serán función de la mecanización y automatización de estos equipos y herramientas requeridas por el proceso para alcanzar el objetivo de esta - etapa, y que son:

- a) Manual,
- b) Semiautomática, y
- c) Automática.

Ya enlistadas las alternativas para cada etapa, pasemos al análisis de las mismas, en especial de las dos críticas y en forma general para las dos auxiliares.

### 3.2 Análisis y selección de las alternativas del proceso.

Definidas las alternativas en cada una de las etapas se pasara a realizar un análisis de las mismas, con el objeto de decidir cual de ellas resultaría la más adecuada para cada una de las etapas del proceso.

Se comenzara con las etapas críticas, dada su importancia relativa, y se concluire con las etapas auxiliares.

#### - FUSION -

Todos los metales y aleaciones exigen, para su fusión, procesos y materiales que respondan a ciertas características intrínsecas de sus propiedades específicas: - el aluminio y sus aleaciones, aunque tienen temperaturas de fusión y de colada inferiores a las de los metales con base hierro o con base cobre, no están fuera de esta regla.

Un metal fundido de calidad debe de tener una composición química comprendida entre unas tolerancias bien definidas y no debe ser alterado físicamente por las condiciones mismas de la fusión.

Siendo las principales propiedades físicas del aluminio y sus aleaciones en estado líquido: la facilidad de oxidación, la absorción de gas y la acción sobre el hierro, los principios generales de la fusión, deberan conducir a lograr:

- una composición química correcta;
- ausencia de óxido en el metal;
- un bajo costo de operación; y
- un máximo de rendimiento en el proceso.

A estos puntos que son los más importantes podemos añadir:

- un contenido suficientemente bajo de gas; y
- obtención de un grano homogéneo en el metal colado.

Como ya se menciona y teniendo en cuenta el calor especí

fico del aluminio y su calor latente de fusión, es fácil calcular que, a igual volumen, la cantidad de calor necesaria para fundir el aluminio es aproximadamente la mitad de la necesaria para la fusión de cobre y casi la tercera parte de la exigida para los metales ferrosos. Son necesarios 40 KWh para que 100 Kg de aluminio pasen de 0° a 800°C.

Esta consideración y los principios generales de la fusión enunciados anteriormente, van a permitir establecer las condiciones que deben cumplir los hornos de fusión para aluminio y sus aleaciones. Los hornos y su capacidad deberán responder no obstante lo anterior, a ciertas condiciones para asegurar un metal fundido de calidad. Estas condiciones serán de dos ordenes diferentes, a saber: orden técnico y orden económico.

#### ORDEN TECNICO.

- Fusión en un tiempo mínimo (rendimiento elevado);
- precisión en la temperatura (control);
- uniformidad en la temperatura;
- mínima contaminación del metal (debida al modo de calentamiento o al tipo mismo del horno).

#### ORDEN ECONOMICO.

- Precio de adquisición;
- mínimos gastos de operación y mantenimiento;
- mínima pérdida por fuego;
- mínimo consumo de energía;
- mínima mano de obra para operación y de supervisión.

Después de conocer las condiciones y características que deberán normar nuestro criterio para la selección del equipo de fusión, se pasara a clasificar los diferentes tipos de hornos y a analizar cada uno de estos tipos, que coinciden con -

las alternativas presentadas para la etapa de fusión:

- a) Hornos de crisol
  - de coke,
  - de diesel,
  - de gas.
- b) Hornos de reverbero
  - de diesel,
  - de gas,
  - de resistencias eléctricas.
- c) Hornos de inducción
  - de canales,
  - de crisol fijo.

#### HORNOS DE CRISOL.

En esta categoría nos encontraremos --  
los tipos siguientes:

- con crisol móvil (capacidad hasta 100 Kg),
- con crisol fijo (basculantes o no).

Hornos de coke. Cualquiera que sea el tipo de horno, se puede obtener con el coke seco, metal de muy buena calidad a pesar de los siguientes inconvenientes:

- dificultad de funcionamiento (regulación de la temperatura y continua supervisión);
- gasto de combustible del orden de 60 a 80 Kg por 100 Kg de metal;
- delicado manejo de los crisoles.

Se utiliza un coke perfectamente seco, de un espesor con  
veniente, generalmente 40-60 ó 60-90 mm según la capacidad --  
del horno.

Para asegurar una fusión rápida, se sopla al hogar por -

medio de un ventilador; se evitan los puntos calientes localizados y los "golpes de viento" sobre el crisol, vigilando el descenso del coque en el espacio crisol-refractario. Se utiliza además:

- Hornos fijos con crisol, llamados "de fosa" de construcción simple y poco costosa; su capacidad está limitada a unos 40-50 Kg para manejo fácil del crisol (Fig 5);
- Hornos basculantes con crisol, con los cuales hay que trasladar el metal a las cucharas de colada.

Se escoge un horno que bascule alrededor del pico de colada, con preferencia a uno basculante por su centro de gravedad. - De construcción simple y mejor adaptado que el horno fijo, es conveniente para crisoles de hasta 200 Kg de metal.

- Hornos de mantenimiento, que como su nombre lo indica se utilizan para mantener el metal líquido a una temperatura conveniente, ya sea para corregir la aleación o para acumular cierta cantidad de metal para la colada.

Siempre están alimentados por un horno de fusión auxiliar. Pueden ser un horno de fosa, pero están dispuestos a una altura conveniente para el trabajo. La regulación de la temperatura es bastante delicada; a menudo se regula añadiendo lingotes. Estos hornos están provistos, de un pequeño motoventilador para el encendido (Fig. 6).

Hornos de aiesel. Se distinguen los hornos de crisol fijo o móvil, los hornos basculantes con crisol, y los hornos de mantenimiento. Tienen una capacidad límite de 500 Kg. Para capacidades superiores, se utilizan hornos de solera o de lecho poco profundo.

Estos hornos de crisol presentan ciertas ventajas:

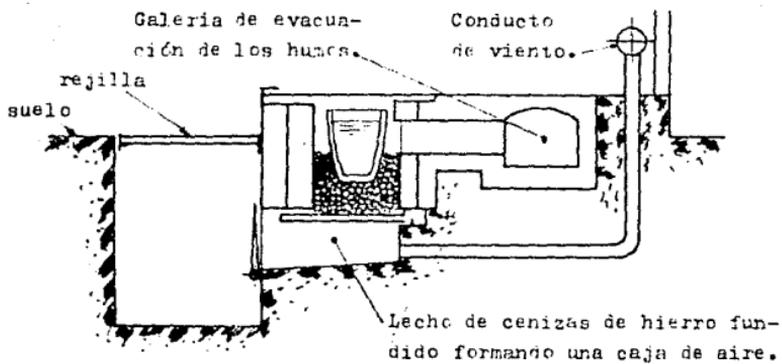


Fig. 5 Horno de fosa de aire soplado.

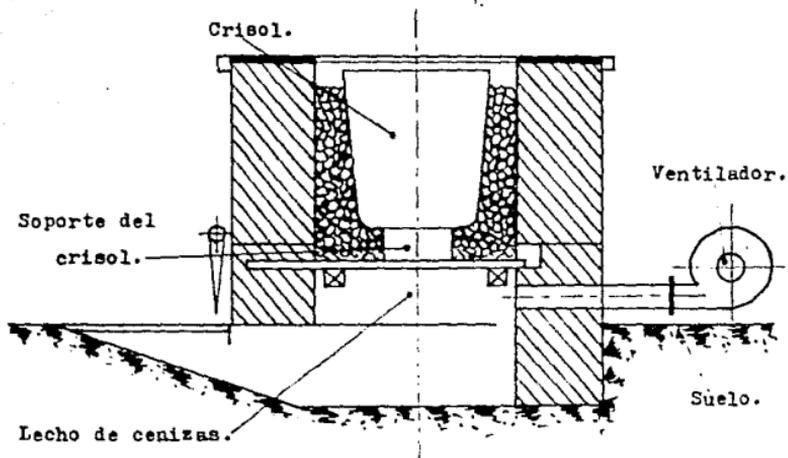


Fig. 6 Horno de mantenimiento con coque.

- instalación poco costosa;
- ocupan poco espacio;
- limpias;
- la alimentación con combustible se realiza fácilmente;
- escasos gastos de mano de obra para el funcionamiento del -  
horno;
- rapidez de fusión;
- regularidad en los tiempos de fusión.

También se emplean en fundiciones de aleaciones de alumi-  
nio. No obstante, la calidad del metal obtenido depende de la  
concepción del horno y de su funcionamiento.

Un buen horno de diesel debe cumplir ciertas condicio---  
nes:

- la llama no debe golpear el crisol, pero debe ser dirigida  
tangencialmente hacia éste para evitar los puntos calien---  
tes;
- el quemador se dispondrá preferentemente en una cámara de -  
precombustión situada por encima del fondo del crisol;
- las llamas y los gases no quemados, no deben estar en con-  
tacto con el metal; se evita el agujereado y levantamiento  
de la película protectora;
- el quemador está elegido para una buena pulverización y una  
fácil regulación y el ventilador será lo suficientemente po-  
tente.

Se utiliza diesel que se precalienta, y se regula el que  
mador para obtener una llama ligeramente oxidante.

Nos encontramos, como con los hornos de coque, con:

- el horno fijo con crisol móvil con una capacidad máxima de  
90 Kg de metal, que permiten la colada sin trasiego y puede  
servir de horno de mantenimiento;

- el horno que bascula con crisol (Fig. 7). Su capacidad varía de 130 a 500 Kg de metal. Se escoge preferentemente un horno basculante alrededor del pico de colada.

Los hornos modernos están equipados, en general, para capacidades importantes y con sistema de basculado automático.

Hornos de gas. Estos hornos pueden ser alimentados por:

- gas de ciudad (subproducto de la destilación de la hulla),
- gas de gasógeno (producido por la acción del aire, gas de aire, o del vapor de agua, gas de agua, o por la mezcla de ambos sobre combustibles sólidos),
- gas comprimido L.P. (butano; low pressure),
- gas natural (compuesto principalmente por metano).

Estos hornos tienen la ventaja de ser de fácil regulación y algunos incluso pueden ser equipados con un dispositivo de regulación automática de temperatura, lo que es una gran ventaja, ya que los hace limpios y no presenta obstáculos para su operación. Existen, entre los hornos de gas, hornos de fusión con crisol fijo o móvil, hornos basculantes y hornos de mantenimiento.

De los cuatro combustibles, ya enumerados, se prefiere el gas comprimido L.P., ya que es el de más fácil adquisición y no requiere de instalaciones costosas o sofisticadas para su almacenamiento, se requieren de 40 a 60 m<sup>3</sup> de gas para fundir 100 Kg de aluminio.

Existen algunos hornos basculantes del tipo Rousseau, Morgan o similares, en las fundiciones de las pequeñas fábricas de transformación en E.E.U.U. Estos hornos están equipados generalmente de un crisol de carborundo o de arrabio, con una capacidad que va desde los 50 a los 250 Kg.

El calentamiento se efectúa con gas y la llama del mechero

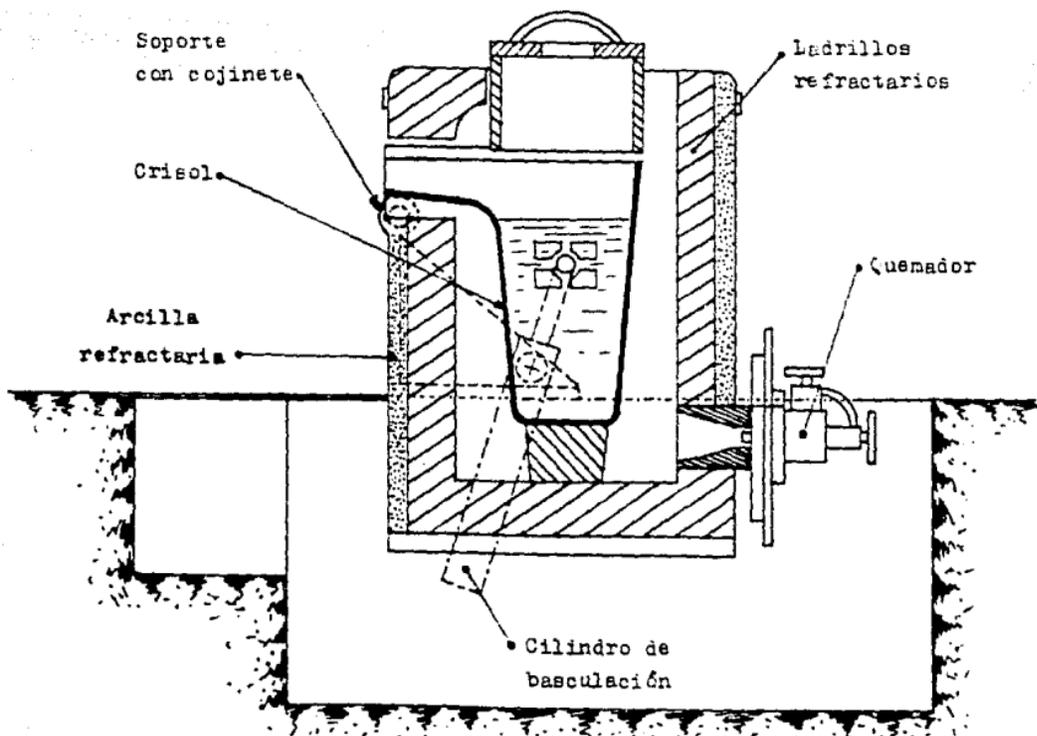


Fig. 7 Horno basculante de diesel.

ro ataca tangencialmente la base del crisol, a fin de que los gases de la combustión giren alrededor de él, según un movimiento ascensional helicoidal.

Esta disposición favorece los intercambios térmicos. Los modelos más recientes de estos hornos basculan alrededor del pico de colada, de manera que se logre una altura constante de caída de metal mientras dura el movimiento de báscula.

La transmisión de la energía al metal que se debe de fundir, al realizarse indirectamente a través de la pared del crisol, causa un escaso rendimiento térmico en estos hornos y un consumo de combustible importante. Por otra parte, la necesidad de remplazar periódicamente los crisoles eleva de una forma pesada el costo de la fusión.

#### HORNOS DE REVERBERO.

En esta categoría las diferencias que se tendrán entre los hornos a diesel y los hornos a gas será únicamente función de los combustibles como tales, por lo que los englobaremos en lo que llamaremos hornos calentados por combustibles.

En estos hornos, la energía necesaria para la fusión se produce por uno o varios quemadores, alimentados por combustibles líquidos o gaseosos, cuyas llamas inciden directamente sobre la carga metálica (Fig. 3). Los gases de combustión provocan, en la atmósfera del horno, movimientos intensos de convección que mejoran los cambios térmicos con el metal que se funde. Por estas razones, la velocidad de fusión es mayor y el consumo de combustible menor que en el caso de los hornos de crisol.

Los combustibles empleados son: el diesel y el gas tanto

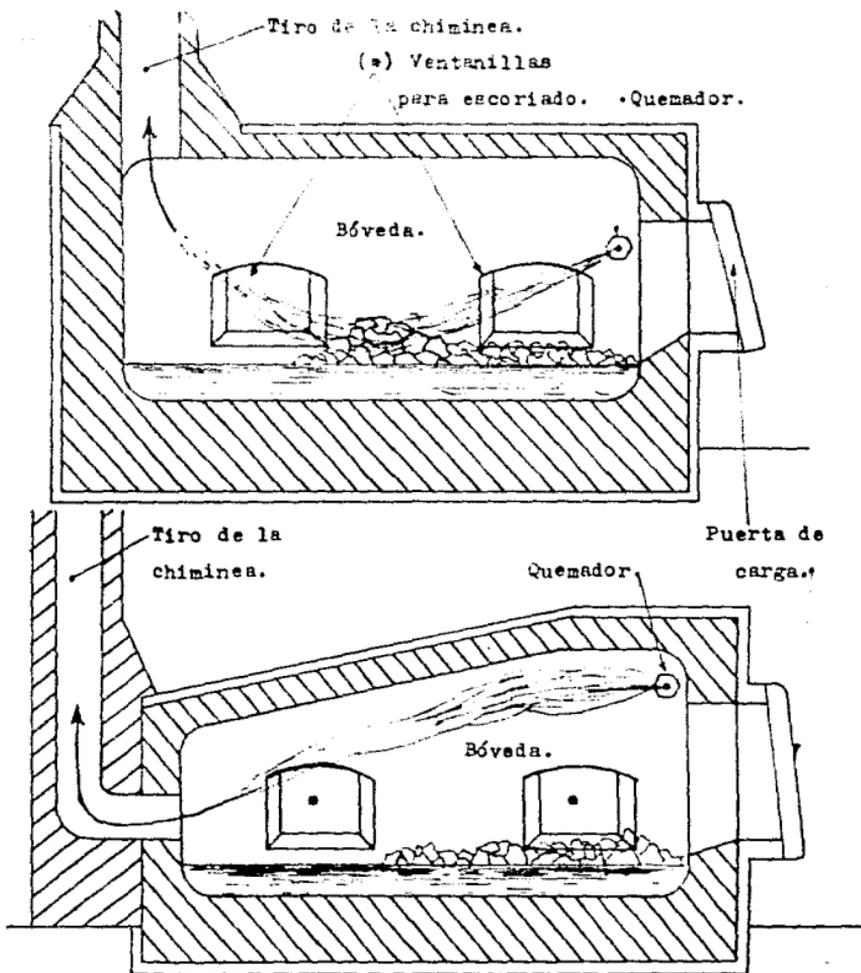
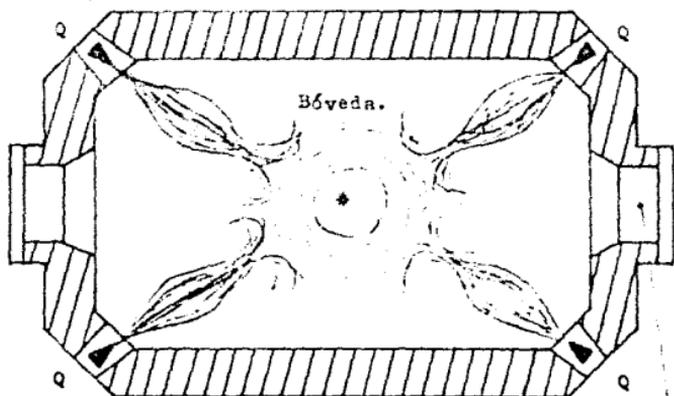


Fig. 8 Hornos de fusión de reverbero.

- arriba: bóveda inadecuada y quemadores mal situados;
- abajo: bóveda adecuada y quemadores bien situados.



(\*) Tiro de chimenea.

Puerta de carga.

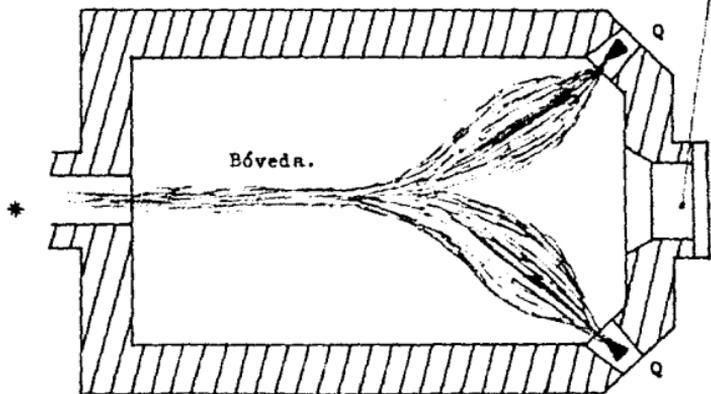


Fig. 9 Horno de reverbero; disposición de los quemadores (Q)

- Arriba: disposición inadecuada.
- Abajo: disposición correcta.

cos, inclinando la bóveda ante los quemadores. Esta técnica - permite aumentar la energía irradiada por la bóveda y aproximar los gases de combustión a la carga, antes de su evacuación por la chimenea; de esta manera, pueden ceder de manera útil una parte más importante de su calor sensible.

Los quemadores empleados son del tipo de inducción de -- aire y en los hornos más modernos, del tipo mezcla prelimi-- nar, si se trata de gas, o del tipo proporcional o aire to-- tal, si se trata de diesel. En este último caso, hay un con-- trol preciso del caudal de aire primario, del aire secundario y del combustible.

Existen hornos de reverbero, de combustible, con una capacidad de hasta 33 toneladas. Tales hornos resultan relativamente poco costosos y sus gastos de mantenimiento reducidos. El revestimiento refractario puede durar de uno a tres años, en marcha continua, según la naturaleza de la carga metálica y la manera de efectuarla.

El rendimiento térmico raras veces sobrepasa el 25% y, - no obstante, estos hornos son relativamente económicos. El -- consumo de combustible, en marcha continua, es del orden de - 80 a 130 l/ton, en el caso del diesel, y de 110 a 130 m<sup>3</sup>/ton en el caso del gas natural.

Estos hornos presentan ciertos inconvenientes:

- La aportación de calor es irregular. Pueden originarse - "golpes de fuego" que den lugar a sobrecalentamientos locales (sobre todo en el caso de quemadores de diesel). Este inconveniente se remedia en parte, alejando la llama de los quemadores, de la superficie del baño e instalando una regulación pirométrica en los quemadores.

- Los productos de la combustión, al estar en contacto con

la carga que se va a fundir y con el baño, provocan cierta oxidación del metal (pérdidas por fuego) y absorción de los gases de combustión por el metal líquido.

Es posible reducir bastante estos inconvenientes, situando los quemadores en el fondo de la cámara de combustión y evitando dirigir la llama contra la carga metálica.

Se pueden disminuir, de manera igualmente eficaz, las "pérdidas por fuego" protegiendo la carga durante la fusión con fundentes o flujos especiales y dejando un "pie de horno" líquido, después de cada fusión, de modo que se pueda sumergir rápidamente el metal sólido desde el comienzo de la carga. Este "pie de horno" tiene, entre otras, la ventaja de desempeñar un papel de acumulador térmico y de acelerar de esta forma la fusión.

Se utilizan corrientemente hornos de reverbero calentados por diesel, que tienen "pie de horno" que representan del 25 al 50% de la capacidad del horno.

La evacuación de los humos fuera de la fundición necesita una instalación de aspiración bastante costosa, por lo menos en el caso de calentamiento con diesel, ya que pueden contener productos sulfurados.

Se emplean en las fundiciones hornos de reverbero fijos o basculantes. En los Estados Unidos, se utilizan preferentemente hornos fijos, menos costosos, mientras que en Europa se prefieren generalmente los basculantes, por cuestión de una mayor facilidad de colada.

Los primeros hornos basculantes lo hacían sobre rodillos alrededor de un gran eje. Esta disposición tenía la ventaja de ser mecánicamente muy sencilla, pero presentaba el gran inconveniente de llevar consigo, durante el movimiento, un can-

tio de la posición del pico de colada con relación del suelo; es decir, de la altura de caída del metal.

Los modernos hornos basculantes lo hacen alrededor de un eje que pasa por el extremo del pico de colada, lo que asegura una altura invariable de caída de metal, durante la colada. La basculación se realiza por medio de cilindros hidráulicos o neumáticos.

Dentro de esta misma categoría, encontramos los hornos de reverbero de resistencias eléctricas, en estos, la energía necesaria para la fusión se obtiene por efecto Joule de resistencias dispuestas en la bóveda del horno. La energía es irradiada directamente sobre el metal. Contrariamente a lo que sucede en los hornos con llama, hornos de combustible, la convección no tiene la misma importancia en la transmisión de energía.

Las resistencias están constituidas por bandas o alambres en espiral formados por aleaciones refractarias; tales como: aleaciones níquel-cromo; níquel-cromo-hierro; y cromo-aluminio-hierro-cobalto.

Se emplean, sobre todo, las aleaciones Ni-Cr (80% Ni + 20% Cr) como el KNO3 de Imphy, que aunque menos refractarias y menos resistentes a la corrosión ( $SO_2$  y  $NH_3$ ) que algunas aleaciones de Cr-Al-Fe-Co (Kanthal) tienen la ventaja de debilitarse con menor rapidez por el uso.

Las resistencias se instalan en la bóveda, bien sea parcialmente, enbebidas en ladrillos de forma, montaje practicado sobre todo en el caso de alambre en espiral (Horno Gautschi, Fig. 10), o bien de resistencias suspendidas.

El primer montaje tiene la ventaja de asegurar cierta protección de las resistencias contra las proyecciones de me-

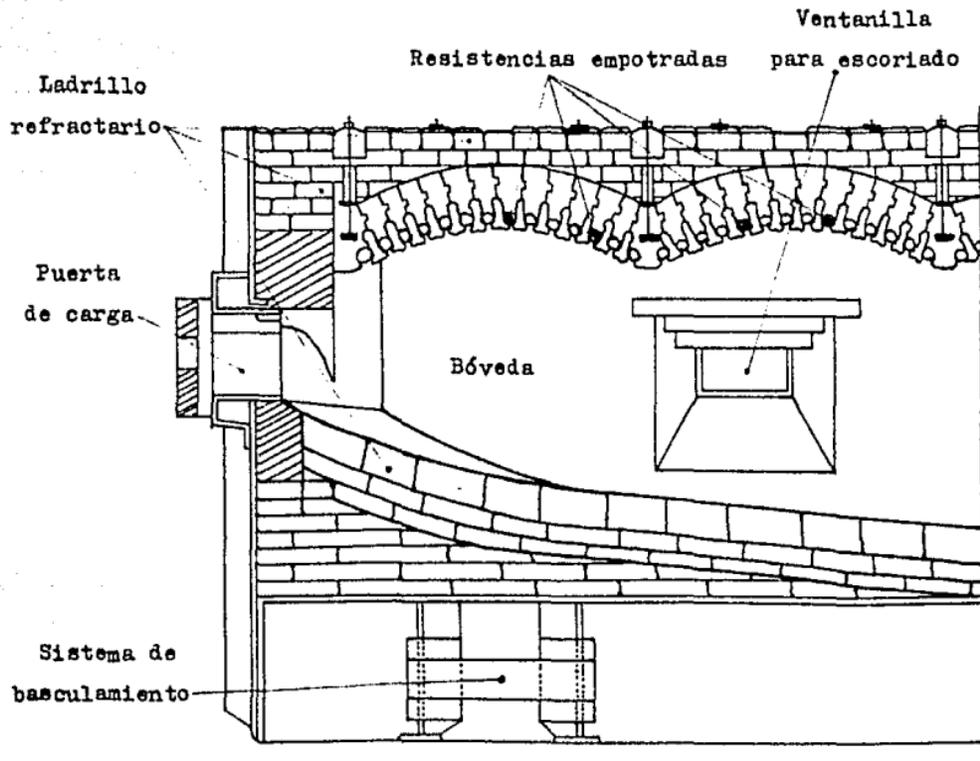


Fig. 10 Esquema de un horno eléctrico Gaultschy de resistencias eléctricas embebidas.

tal líquido, pero conduce a una disminución apreciable del --  
rendimiento energético.

Se han empleado, en determinados hornos de resistencias, dispositivos de protección de chapa de acero inoxidable, para aislar las resistencias de la atmósfera del horno y detener -- las proyecciones metálicas. Estas chapas de protección han si-  
do abandonadas poco después, ya que son caras, se deforman rá-  
pidamente y reducen sensiblemente el rendimiento energético.

Estos hornos se emplean, bien sea como hornos de fusión, como hornos de fusión y colada (llevan entonces una solera de fusión) o bien como hornos de colada, sobre todo. Tienen gene-  
ralmente forma rectangular. Los modelos más recientes están --  
equipados con bóveda desmontable que permite la conservación y sustitución rápida de las resistencias.

Existen hornos eléctricos de resistencias con capacida--  
des que alcanzan las 25 toneladas.

Como consecuencia de su principio, estos hornos presen--  
tan, con relación a los hornos de combustible, las siguientes ventajas e inconvenientes:

- Permiten obtener en el horno una temperatura uniforme y pre-  
cisa.
- La atmósfera del horno no está impurificada por productos --  
susceptibles de introducir gases en el baño.
- No hay concentraciones locales de calor.
- Su rendimiento energético es elevado, puesto que no hay ca-  
lor perdido por radiación de los gases quemados que se eva-  
cúan por la chimenea. El rendimiento térmico de un horno de  
resistencias varía entre 50 y un 70% (contra un 20 a un 25%  
para un horno de llama), según el calor fugado por la fre--  
cuencia de apertura de las puertas de carga y escoriado.

- Emplean una forma de energía relativamente costosa, su consumo alcanza, según el tipo y capacidad, en servicio continuo:

a) 500 a 600 KWh/Ton cuando se utilizan como hornos de fusión y colada, y

b) 45 a 100 KWh/Ton cuando se emplean como hornos de previsión y colada.

- Son lentos en "subir" la temperatura, ya que la potencia radiada por metro cuadrado está limitada por la temperatura máxima que puede alcanzar las resistencias (1000 a 1200°C).
- Las resistencias eléctricas son bastante vulnerables a los productos de la descomposición de los fundentes utilizados en la fabricación del metal (cloruros y fluoruros) y, sobre todo, a las proyecciones de metal líquido, su reposición es costosa.

La mayor parte de los hornos de este tipo empleados en la industria son basculantes.

### HORNOS DE INDUCCION.

En los hornos de inducción, el calor para la fusión se produce directamente en el seno del metal - por la inducción de corrientes de Foucault.

Nosotros hablaremos únicamente de hornos de inducción de frecuencia industrial, con y sin canales, ya que los hornos de media y alta frecuencia no se emplean prácticamente en la fusión de aleaciones de aluminio.

Estos hornos presentan la mayor parte de las ventajas técnicas exigidas a un equipo de fusión para obtener un metal de calidad:

- perfecta regulación de la temperatura,

- reducida pérdida por fuego, y
- escaso contenido de gas oculto.

Hornos de inducción con canales. Este tipo de hornos es, de hecho, un transformador vulgar, cuyo secundario se compone de una o varias espiras formadas por un canal refractario e - incombustible, lleno de metal líquido.

Las espiras rodean de una manera más o menos concéntrica el núcleo del arrollamiento primario del transformador y desembocan en el interior del crisol de fusión; el arrollamiento primario está refrigerado por un ventilador.

El cierre del circuito secundario está asegurado por un remanente de metal líquido que permanece forzosamente en el fondo del crisol después de cada colada; esta reserva representa en general del 25 al 30% de la capacidad total del horno.

Los fenómenos electrodinámicos que se producen en el secundario y las diferencias de temperatura existentes entre el metal de los canales y el metal del crisol, provocan una agitación del baño, más o menos importante según la potencia --- aplicada. Un transformador de múltiples tomas permite la regulación de la potencia y, por consiguiente, de la temperatura del conjunto.

Los principios del horno de inducción fueron establecidos entre 1890 y 1900 por el italiano Ferranti y el sueco --- Kjellin. En 1903, el francés Saladin propuso y experimentó -- para la fusión, un horno con canal cerrado de pequeña sección con metal en carga. En 1916, el horno americano Ajax-Wyatt se aplicó con éxito en la fusión del latón; era la primera realización que funcionó de manera realmente industrial.

No fue hasta 1934, cuando se vieron aparecer en Europa -

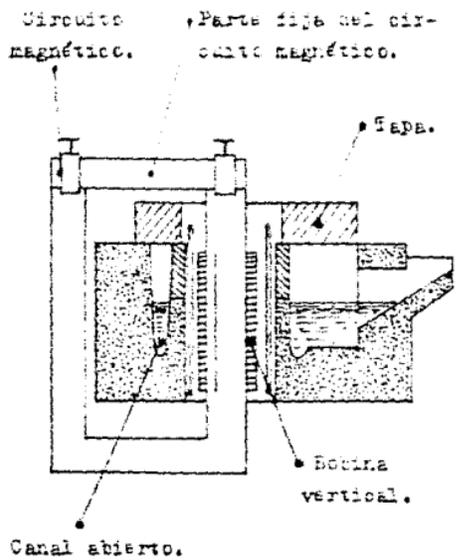


Fig. 11 Esquema de un cuerno de inducción de baja frecuencia de canal abierto, sistema Kjellin.

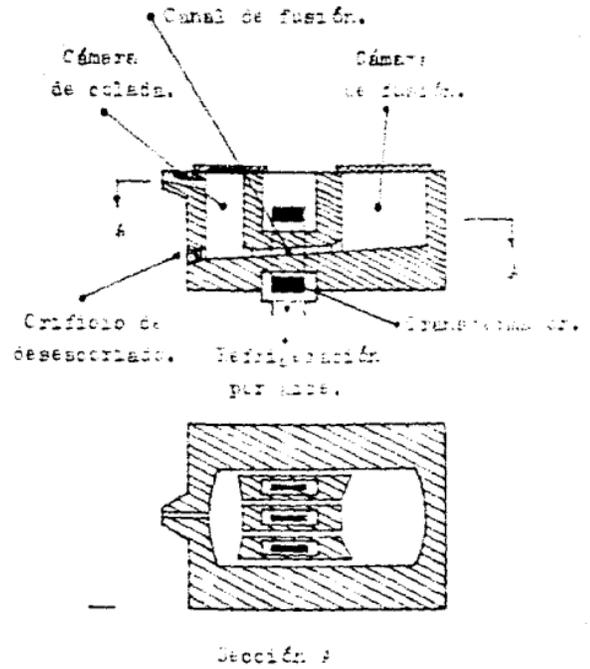


Fig. 12 Esquema de un cuerno de inducción de baja frecuencia trifásico, de canales, de doble canal, sistema Siemens y Halske.

Los hornos de inducción de baja frecuencia con ánodos magnéticos, adecuados para la fusión de aluminio y sus aleaciones.

Este tipo de horno se desarrolló entre 1934 y 1940, sobre todo en Alemania (Horn Russ en Colonia (Dir. 13)). En Francia hubo algunas aplicaciones limitadas en los años que precedieron a la II Guerra Mundial, siendo, sobre todo, después de ese período, cuando se emplearon en la fusión de las aleaciones ligeras de aluminio.

Si se les compara con los hornos descritos anteriormente, presentan las siguientes ventajas y desventajas:

- Al producir el calor en el interior del metal, el rendimiento energético es excelente.
- La superficie del baño del crisol puede reducirse al mínimo valor, lo que es importante desde el punto de vista de "las pérdidas por fuego".
- El hecho de que la energía térmica se transmita a la carga -añadida desde la parte inferior, permite su calentamiento y -secado progresivo, factor favorable desde el punto de vista de las pérdidas por fuego y absorción de hidrógeno.
- La excitación electrodinámica permite obtener una homogeneidad muy buena en las aleaciones.
- La carga y los tratamientos metalúrgicos del metal (fundente o flujo de lavado y degasificado) son muy cómodos, dada la excelente accesibilidad del baño.
- Su rendimiento es elevado pero consume una forma de energía costosa. El consumo varía según el tipo de horno y la capacidad en marcha continua, entre 405 y 505 KWh/Ton.
- Son caros y representan de hecho, una inversión inicial importante, puesto que necesitan una instalación eléctrica compleja. La dificultad de apertar lo suficiente los arrollos -

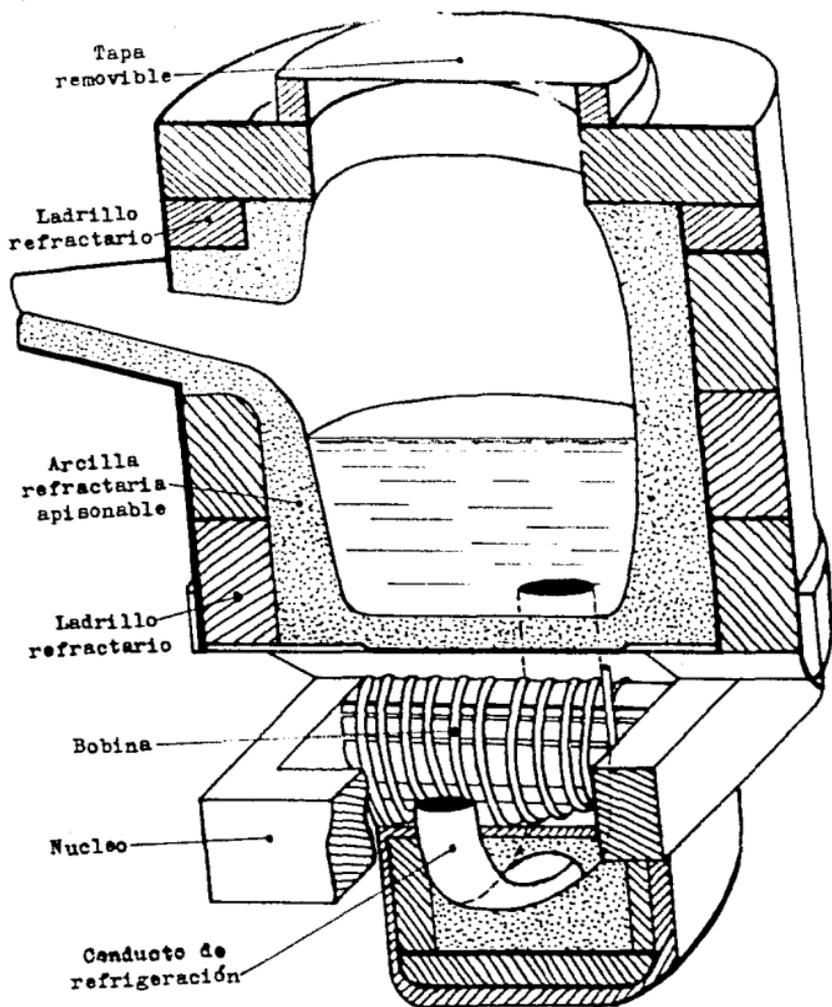


Fig. 13 Esquema de un horno de baja frecuencia, Sistema Ruso.

- mientos primario y secundario, lleva sobre todo, un factor de potencia ( $\cos \phi$ ) relativamente pequeño, que hace falta corregir por medio de baterías de condensadores, para llevarlo a un valor aceptable.
- Los canales tienden a ensuciarse, más o menos rápidamente, según el tipo de aleación (sobre todo con las de Al-Mg), lo que obliga a efectuar desecorizados periódicos. Diversas disposiciones se han recomendado para facilitar esta operación de limpieza, que resulta particularmente cómoda en los hornos de doble cuba sistema Siemens.
  - La reparación del revestimiento de arcilla refractaria es delicada.
  - La velocidad de fusión, a igualdad de capacidad, es inferior a la de los hornos de llama. De esta manera, es posible en ciertos hornos de reverbero calentados con diesel, de 3 ton, de capacidad útil, alcanzar velocidades de fusión de 2 a 2.5 toneladas por hora, mientras que en los hornos de inducción de canales de la misma capacidad no sobrepasa la cifra de 1 a 1.2 Ton/h, para un precio de compra de casi el doble.
  - Necesitan una cierta cantidad de metal líquido para el cebado. Por lo mismo, durante las paradas, se ha llegado a dejar como retén un baño de metal líquido. Esta sujeción representa un gasto de energía apreciable. Existen en el mundo hornos de inducción de canales de baja frecuencia con una capacidad total que llega hasta las 10 Ton.

Hornos de inducción de crisol sin canales. Estos hornos, hasta estos últimos años, eran empleados en media o alta frecuencia, lo que hacía necesario la utilización de un convertidor de frecuencia muy costoso y de bajo rendimiento.

Recientemente ha sido posible la puesta a punto de hornos

de inducción de baja frecuencia, sin cables, capaz de funcionar de manera realmente eficiente a nivel industrial. La sociedad Otto Junker de Aquisgrán, que ha construido, a partir de 1950, hornos según este principio, ha desempeñado un papel decisivo en esta puesta a punto.

Este tipo de horno (Fig. 14) está constituido por un crisol de arcilla apisonada, de 90 x 100 mm de espesor, rodeado a determinada altura, por un bobinado primario de tubo de cobre refrigerado por circulación de agua.

Este bobinado primario desarrolla, en el metal contenido en el crisol, corrientes inducidas que producen los efectos -- térmicos y electrodinámicos necesarios en la fusión y agitación.

Las corrientes inducidas desarrollan, radialmente en el metal, esfuerzos de presión que tienden a alejar el metal de la pared del crisol y a provocar, de esta manera, una deformación de la superficie del baño en forma de cúpula. Esta deformación puede ser perjudicial, puesto que hace crecer de forma anormal el movimiento del metal y lleva consigo la rotura de la película que lo protege del contacto con el aire. Para reducir este inconveniente, se enrolla la bobina alrededor de la parte inferior del crisol, de manera que una determinada altura de metal líquido, poco influida por el campo eléctrico, equilibra los efectos dinámicos que se desarrollan en el resto del baño.

Esta técnica aumenta desgraciadamente la potencia específica; es decir, la potencia eléctrica referida a la superficie cilíndrica, lo que entraña un aumento de las pérdidas energéticas. Continúamos enlistando las ventajas y desventajas de este tipo de hornos:

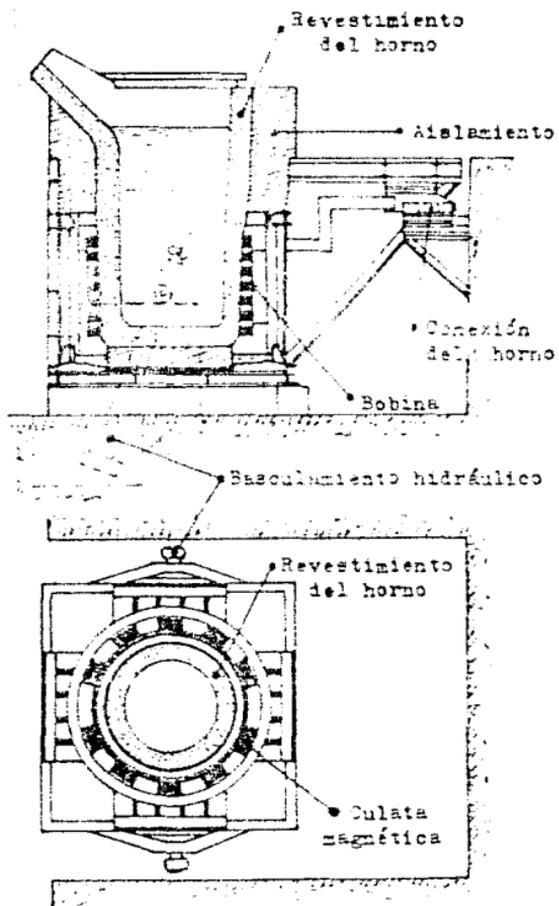


Fig. 14 Esquema de un horno de inducción de baja frecuencia sin canales, Sistema Juker.

- Por ser más simple su forma, su montaje resulta más rápido y menos costoso.
- Puede arrancar partiendo de una carga sólida. Debido a esto, los cambios de aleación no ofrecen ninguna dificultad y el horno se adapta más fácilmente a un régimen intermitente. Durante las paradas de trabajo u otras interrupciones, basta una potencia pequeña para evitar el enfriamiento del crisol que podría originar deterioros.
- La cámara de fusión (crisol) se puede limpiar de manera fácil y rápida.
- El consumo de energía es en general más bajo y el cos  $\phi$  mejor.
- El rendimiento y el consumo energético dependen, en gran parte, del tipo de acoplamiento empleado. El rendimiento eléctrico es del 92% en monofásica, un 85% solamente con un acoplamiento Scott y del 81% en trifásica.
- Los consumos en marcha continua, varían de 380 a 450 KWh/Ton para el acoplamiento monofásico; y de 425 a 535 KWh/Ton para el acoplamiento trifásico.
- Este tipo de hornos representa una inversión más importante que la de cualquier otro tipo de hornos.
- El crisol de arcilla exige una mano de obra calificada.

#### Elección de la alternativa para la etapa de fusión.

Ninguno de los tipos de hornos descritos anteriormente -- permite reunir simultáneamente las condiciones técnicas y económicas más favorables, ya que las primeras están, a veces, en contradicción con las segundas. Así pues, el fundidor debe elegir para su caso particular y en función de condiciones locales, el equipo que tenga el mejor acuerdo en un plano técnico.

co y económico a la vez.

Dado que es necesario, transmitir económica y rápidamente el calor a la carga con un mínimo de pérdidas por fuego y poder efectuar cómodamente la carga y los tratamientos de fabricación; por lo que conviene particularmente, dadas estas condiciones y los principios generales enunciados al inicio de este subcapítulo, el horno de inducción sin canales. Ya que este horno está indicado, sobre todo en la refusión de cargas compuestas de una gran proporción de chatarras, o para la preparación de aleaciones que contengan elementos poco miscibles: es decir, en todos los casos donde los factores pérdidas por fuego y homogeneidad de la composición son primordiales.

#### - AFINO -

Como se definió en el subcapítulo anterior, cuando se describió el proceso, la etapa de afino que en nuestro caso, comprende la eliminación de impurezas, tales como: óxido del metal, tierras y materiales extraños (no metálicos) y la corrección de la composición química del metal, tiene como punto medular "el análisis químico de la muestra", dado que será el principio para los ajustes requeridos, y la gran importancia que reviste la precisión y rapidez con que se hagan, dada la naturaleza del producto a fabricar y del mismo proceso. Por ello, se manejará esta etapa desde este punto, considerando -- los métodos existentes para realizarlos, los cuales se encuadrarán dentro de las técnicas que se propusieron como alternativas para la etapa. No trataremos de dar una descripción completa de los procedimientos de análisis con el detalle necesario para su aplicación; no sólo porque se sale de la extensión del trabajo, sino porque se trata de un tema sujeto a una evolu---

ción continúa. Además, las Normas Internacionales, se hallan sujetas también a revisiones periódicas, en función de los progresos realizados en las diversas técnicas. Entre los antiguos métodos gravimétricos, de volumetría y colorimetría, y los procedimientos más modernos de análisis, basados en la formación de isótopos bajo radiación nuclear, disponemos de una importante colección de medios de medida que permiten satisfacer tanto las necesidades industriales como científicas.

#### TECNICA QUIMICA.

La técnica química comprende los métodos llamados "por vía húmeda" y contiene esencialmente cuatro subgrupos: la gravimetría, la electrogravimetría, la volumetría y la colorimetría. En relación con el estado anterior, para practicar la técnica química, los laboratorios modernos deben de estar equipados, además de el utillaje clásico bien conocido, de equipos como: pH-metros, milivoltímetros y miliamperímetros, de fotómetros, de polarógrafos, de aparatos de electrolisis provistos de agitadores, etc.

#### Gravimetría.

El análisis gravimétrico agrupa los métodos más antiguos de dosificación. Su principio es separar el elemento a analizar mediante precipitación cuantitativa, bajo forma insoluble en el medio que se crea el precipitado: este precipitado, recogido por filtración, se lava a continuación (a veces se vuelve a disolver y a precipitar con objeto de purificarlo), se seca, y se pesa antes o después de la calcinación, etc. La gravimetría está muy generalizada y las puestas a punto modernas se ingenian para conservar su carácter tradicional de "testigo de referencia" gracias a una definición del método operatorio, a unas reacciones mejor especificadas, a unas mejoras en los pro

ductos y en los materiales, etc. Es cierto, también, que la reproducibilidad y la precisión de la gravimetría han mejorado considerablemente después de algunos años, a pesar de la inevitable aportación del factor "humano" que suele originar la mayor parte de las divergencias.

En las aleaciones de aluminio, el proceso corriente de dosificación gravimétrica se hace de la siguiente manera:

- Silicio - en estado de  $\text{SiO}_2$  después del residuo que queda volatilizado con HF, de la sílice calcinada.
- Níquel - en forma de dimetilglioxima de Ni a  $110^\circ\text{C}$ .
- Zinc - en forma de oxima, secada a  $120^\circ\text{C}$  ó en estado de mercuritocianato de Zn seco a  $120^\circ\text{C}$ .
- Magnesio - en estado de pirofosfato de Mg calcinado.
- Cobre - en forma de salcilaaloxima.

El empleo de la gravimetría conduce generalmente a un precio relativamente elevado con relación a la duración de las operaciones (mano de obra) y al coste de medios y productos diversos; sin embargo, la filtración bajo vacío sobre crisoles de pasta de vidrio fritado, y la facilidad con que la gravimetría se acomoda al trabajo "en serie" pueden reducir de manera sensible los gastos.

#### Electrogravimetría.

El principio se basa en la separación electrolítica en un medio conveniente del elemento a analizar. Cuando se agita el medio (ánodo rotativo, burbujas de aire comprimido, agitación magnética), se puede depositar rápidamente el cobre en el cátodo y el plomo en el ánodo inmediatamente después de la disolución, seguida o no de filtración y reglaje de acidez. Además, controlando el potencial de los electrodos con ayuda de potenciómetros manuales o automáticos se pueden conseguir

sucesivamente los porcentajes de otros cationes metálicos (como: Cu, Bi, Pb, Sn, etc.).

La precisión de los métodos electrogravimétricos no es buena más que para los porcentajes relativamente elevados. Los porcentajes se determinan por una pesada del depósito del ánodo o del cátodo y, con los métodos actuales, se hallan aquéllos en 30 a 35 minutos de forma corriente:

- el cobre, por encima del 1%, en todos los duraluminios, las aleaciones madres y otras aleaciones;
- el plomo, en estado de óxido (coeficiente empírico).

La presencia de silicio en cantidades importantes, la de bismuto y manganeso, en cantidades notables, obliga a correcciones del electrolito y a modificaciones del proceso operativo, destinados a evitar la interferencia de estos elementos.

#### Volumetría.

La volumetría, tiene por objeto analizar los elementos por medio de reacciones que se llevan a cabo de una manera visible (cambio de coloración, aparición o cese de un precipitado, etc.), con la ayuda de soluciones cuya concentración en reactivo es perfectamente determinada; del volumen de solución o licor analizado que se utiliza para producir la reacción cuantitativa, se deduce, con ayuda, de la ecuación de esta reacción, el peso de la substancia que se analiza. En los métodos volumétricos, muchas veces no es necesaria la separación previa del elemento analizado y esta simplificación abrevia la duración y aumenta la precisión del análisis.

Ya sea practicando la neutralización, oxidación-reducción, o precipitación, la volumetría reúne métodos de aplicación muy amplios; ha progresado de manera muy sensible, más aún que la gravimetría, debido por una parte al descubrimien-

to de nuevas reacciones o de nuevos medios de evitar las interferencias y, por otra parte, a la introducción de instrumentos que indican el fin de las reacciones independientemente del juicio del operador (buretas automáticas, equipadas -- con detectores de cambio adecuados; electrométricos ó espectrométricos, por ejemplo), otros dispositivos permiten seguir el proceso de las reacciones y trazar las curvas en forma manual o automáticamente; los recientes métodos conocidos con los nombres de: potenciometría, coulombmetría, voltametria, -- etc., no son a la postre, más que volumetrías "instrumentales" practicadas por medio de aparatos, a veces complicados y costosos, pero con los que se logra fidelidad y precisión, -- por medio de la fisicoquímica y la electrónica. Este instrumental, no siempre es indispensable; en estos últimos años se han aportado progresos considerables a la volumetría clásica, por medio de los indicadores de color más sensibles que dan virajes más claros, por empleo de reactivos más concretos, o utilizando nuevos métodos como la complejometría.

Entre las aplicaciones de la volumetría al análisis de las aleaciones de aluminio, se pueden citar las siguientes:

- Hierro. por medio de tricloruro de titanio o por el permanganato de potasio.
- Magnesio, por titulación de cambio ácido-base o por complejometría.
- Manganeso, por medio del arsenito de sodio o el ácido arsenioso.
- Cromo, en estado crómico, por medio del sulfato ferroso.
- Cobre, por medio del sulfocianuro de potasio.
- Zinc, por potenciometría o por complejometría.
- Plomo, en estado de cromato, por medio del hiposulfito de -

sodio.

### Colorimetría.

La forma clásica de la colorimetría, basada en la comparación visual de la intensidad de coloración, ha desaparecido casi por completo. La forma actual remplacea el ojo humano por células fotosensibles, pero el distinto número de designaciones hace necesaria una "normalización" que evitaría algunas - confusiones; Hallamos en efecto: la fotolorimetría o fotometría-colorimétrica, espectro-absorbiometría, espectro-fotometría, etc., para designar el mismo principio de métodos y de realización de aparatos. Estos últimos son los que permiten - la evaluación precisa de las absorbencias sea por desviación o compensación eléctrica sea por compensación óptica.

El grupo de métodos colorimétricos ha llegado a ser uno de los más importantes en el análisis químico de los metales ligeros, debido a que son de un empleo muy general por su selectividad, por el gran número de reacciones coloridas que se conocen actualmente, por la precisión de que son capaces tanto para los porcentajes elevados como bajos. Por otra parte, en nuestro caso, las soluciones de ataque son incoloras muy a menudo y permiten, por consiguiente, la medida directa sin se paraciones iniciales. El principio de estos métodos es el siguiente: Si se hace pasar un haz de luz monocromática (longitud de onda determinada) de una intensidad  $I_0$ , a través de un espesor  $l$ , de una solución colorida de concentración  $c$ , la -- ley Bouguer-Lambert-Beer, formulada por Bunsen (1877), nos di ce que la luz transmitida  $I$ , al final del recorrido, está ligada a la absorbencia  $A$  por la expresión:  $A = \log I_0/I = \epsilon lc$ , donde  $\epsilon$  (coeficiente de proporcionalidad o coeficiente de absorbividad molar), es constante para la longitud de onda ele-

gida.

Siendo fija la intensidad de la fuente luminosa, las medidas de la absorbancia se resumen, corrientemente, a la comparación de dos intensidades luminosas, después de la absorción de la radiación por una misma longitud de recorrido, una antes y otra después de la coloración. La precisión de la medida comparativa depende entonces, sobre todo, tomadas todas las demás precauciones (estabilidad térmica, luces parásitas, etc.), de las características del instrumento (sensibilidad de las células, coeficiente de amplificación de la corriente de la célula, sensibilidad del galvanómetro, etc.).

El frecuente descubrimiento de nuevos reactivos (sobre todo de origen orgánico) y el estudio de las condiciones óptimas de formación y estabilidad de coloraciones, han permitido una gran extensión de estos métodos, tanto más cuanto que puede medirse la absorción de la luz en precipitados o líquidos turbios "en suspensión", con la condición de que la suspensión sea homogénea y permanezca estable durante bastante tiempo; entonces, este procedimiento toma indiferentemente los nombres de: nefelometría, opacimetría o turbidimetría.

Sea con la ayuda de aparatos equipados de fotopilas (células de selenio, llamadas "de capa barrera"), sea, con preferencia, con ayuda de aparatos con dos fototubos, uno de antimonio (del ultra violeta (U.V.) al amarillo-naranja) y otro de cesio (del naranja al infra rojo (I.R.)), la mayor parte de los metales pueden analizarse por colorimetría. Entre los componentes más comunes de las aleaciones se puede citar:

- Hierro, en estado de tiocianato rojo.
- Manganeso, en estado de permanganato violeta.
- Cobre, en estado de complejo amoniacal azul o de dietildi-

tiocarburo de pardo.

- Titanio, en estado de peróxido amarillo.
- Vanadio, en estado de peróxido amarillo-pardo.
- Silicio, en estado de silicio-molibdato amarillo o azul.

#### TECNICA FISICOQUIMICA.

No hablaremos más que de la polarografía, método ya clásico, pero que recibe un nuevo impulso - debido, en gran parte, a la construcción de polarógrafos cada vez más prácticos, precisos y robustos, que utilizan la ampli-ficación por medio de tubos electrónicos y la inscripción au-tomática de los polarogramas, lo que asegura un conocimiento mejor de los fenómenos.

Es un método que conviene especialmente en los análisis de pequeñas cantidades o de residuos, pero cuya generaliza-ción es reducida; necesitamos operar con electrólitos purifi-cados por vía química y en condiciones aniónicas bien determi-nadas, para evitar interferencias.

Si se hace pasar una corriente a través de una solución que contiene los iones a analizar, y se aplica una tensión re-gularmente creciente, no se produce cambio alguno hasta que - se alcanza el potencial de descomposición del ion en solu-ción; pero, cuando se alcanza este potencial, la intensidad - para un pequeño aumento de tensión, crece súbitamente y rápi-damente. Si la diferencia de potencial continúa creciendo, la intensidad vuelve a ser casi constante hasta que se alcanza - la tensión de descomposición de otro ion. Las ondulaciones -- trazadas de esta manera son curvas de intensidad de la forma:  $i = F(v)$  y la altura de la semiondulación es función del por-centaje de cada ion. Según el orden de potenciales de descom-posición, teóricamente es posible analizar de manera correla-

tiva los iones: cobre, plomo, cadmio, zinc, manganeso, etc.

El polarógrafo está constituido esencialmente por el conjunto de electrodos y del recipiente de electrólisis; es decir; por un lado, un electrodo en el que gotea, por un tubo capilar, mercurio químicamente puro a velocidad constante (20 gotas/min, por ejemplo); este electrodo polarizable funciona generalmente como polo negativo; por otra parte, en el vaso de electrólisis, otro electrodo no polarizable que puede estar constituido, bien por un amplia superficie de mercurio conectada al polo positivo, bien por un electrodo de referencia, del tipo electrodo calomel. La fuente de corriente continua debe ser estable y está constituida generalmente por acumuladores. El registro de las curvas se puede hacer por fotografía de "mancha" de un galvanómetro con espejo o, como en los polarógrafos más modernos, por simple lectura sobre una pantalla de rayos catódicos, o por el trazo de una plumilla.

Los procesos operatorios utilizados para las aleaciones de aluminio comienzan generalmente por un ataque alcalino. Se acidula después por medio de ácido nítrico y se purifica por vía química. Las soluciones patrón y la determinación inicial de las constantes de corriente residual y de corriente de difusión, se establecen a partir del aluminio puro. Por polarografía se pueden analizar, bajo corriente de nitrógeno o al aire: hierro y cobre sin separarlos, el cobre en presencia de una gran cantidad de hierro, el plomo en presencia de mucho cobre y hierro, níquel y zinc (en 10 minutos) y trazas de cobre, cadmio, níquel, zinc y plomo (del orden de 0.3 ppm) en el aluminio puro o muy puro.

#### TECNICA FISICA.

#### Espectografía de emisión.

De los métodos de análisis, en los que juegan papel principal los "medios físicos", el más utilizado actualmente es la espectrografía de emisión por chispa; la gran aceptación de que goza este método lo debe a que es absolutamente específico, ya que cada elemento se caracteriza por líneas espectrales cuyas longitudes de onda son fijas, así como por su gran sensibilidad, por la simplicidad de la preparación de las probetas metálicas, y por su rapidez, puesto que un solo operador puede obtener varios cientos de análisis en una jornada de trabajo.

Sin detenernos en el aspecto teórico de los fenómenos, - muy interesante por otra parte ya que su estudio ha aportado a la física moderna fórmulas de una precisión extraordinaria, podemos decir que el principio de la espectrografía está basado en el hecho de que cuando se excita un átomo mediante el calor (más de  $10,000^{\circ}\text{C}$  con la chispa), los electrones que lo constituyen alcanzan el estado "ionizado"; si la luz blanca producida de esta manera se "descompone" por medio de un prisma o de una "red", se obtiene un espectro de radiaciones monocromáticas en las que el número y la intensidad de las líneas varían con la "potencia de excitación", pero las de un mismo cuerpo simple ocupan siempre el mismo lugar en el espectro.

Por otra parte, si hacemos saltar una sucesión de chispas entre dos electrodos constituidos por el metal a analizar, y se fijan todas las condiciones operatorias comprendidos el grado higrométrico y la temperatura de la atmósfera ambiente, observaremos que, después de dos o cuatro minutos, necesarios para que se establezca la emisión (tensiones de vapor, tensiones de disociación, etc.), la densidad óptica de las líneas llega a ser proporcional al porcentaje del elemen-

to analizado; por lo tanto, estamos en posesión de un medio de apreciación cuantitativo, si analizamos, en las mismas condiciones, un metal parecido cuya composición es conocida.

Se puede fotografiar el espectro y medir la densidad de las líneas características con relación a las del metal base, por una parte, y por otra, comparándolas con las del espectro patrón fotografiado paralelamente, con el mismo tiempo de exposición. En este caso el equipo espectrográfico comprende: - un generador de chispas, el espectrográfico con su sistema óptico que comprende un chasis fotográfico, el proyector de espectros y el fotómetro o densitómetro de líneas espectrales, pudiendo estos dos últimos estar combinados en uno solo. Además, hay que fijar las condiciones de revelado, habiéndose desarrollado aparatos que dan una placa revelada y seca en 20 minutos. Para ello, es necesario que el espectrógrafo funcione al abrigo de cualquier vibración en un local climatizado automáticamente.

#### Espectrógrafo de lectura directa.

Cuando el número de análisis a efectuar es importante se emplean cada vez más los espectrógrafos de lectura directa, - con los cuales el operador, aparte de la vigilancia y aprovisionamiento del espectrógrafo de probetas preparadas, no debe efectuar más operaciones que las de apretar botones y leer -- los resultados registrados. Algunos aparatos pueden dar asimismo una ficha impresa del análisis después del paso a través de una computadora.

A pesar del elevado costo del equipo y de las instalaciones del mismo, su éxito en la industria es grande y los progresos técnicos han logrado dar, equipos más compactos y precisos, además de más económicos.

En los espectrógrafos de lectura directa, el análisis de la luz dada por la rendija de entrada puede realizarse con ayuda de una red o de un prisma. En el primer caso, una red cóncava cuyo radio de curvatura puede llegar y pasar de los tres metros, dispersa la luz llevando todas las imágenes sobre el "círculo Rowlands", en la posición determinada por las longitudes de onda de las líneas. Las rendijas de salida dispuestas convenientemente, permiten que las líneas del análisis puedan ser "vistas" por las celdas fotoeléctricas, después de haber atravesado las lentes convergentes, mientras, al mismo tiempo, las líneas de la probeta de referencia se proyectan sobre otra celda. Después, las corrientes emitidas por las celdas "lectoras" cargan los condensadores, en función de la intensidad de las líneas correspondientes; las resistencias y un sistema amplificador de corriente continua, cuyo potencial de rejilla es constante e igual al potencial de los condensadores, mandan a los relevadores, situados en el circuito la señal. Cuando el potencial de rejilla llega a ser inferior a un cierto valor pequeño (1 volt, por ejemplo), funcionan los relevadores; por otra parte, se dispone para que el potencial inicial de los condensadores esté defasado de manera que uno de ellos alcance el valor de 1 volt(V) antes que el otro; el circuito director de la plumilla que escribe se cierra cuando el potencial llega a 1 V por primera vez y se abre de nuevo cuando el condensador siguiente llega a su vez a 1 V. Finalmente una banda de papel con un movimiento uniforme, registra una recta cuya longitud es proporcional a la diferencia que mide la intensidad relativa de las dos líneas correspondientes y puede, de esta forma, servir para medir directamente el porcentaje de un elemento presente en la

probeta a analizar.

Para 10 elementos hay 20 canales de salida, de los cuales 10 son para las líneas de referencia; es fácilmente imaginable la complejidad de los circuitos de estos aparatos. La red se debe mantener en un chasis hermético, cuya temperatura esta controlada por un termostato y determinada con  $1^{\circ}\text{C}$  de precisión. La región utilizable del espectro se extiende desde 5500 a 2000  $\text{\AA}$  y la dispersión alcanza fácilmente 0.125 mm por  $\text{\AA}$ , lo cual es muy favorable.

Los espectrógrafos automáticos de prisma son mucho menos dispersivos, pero al mismo tiempo más baratos, dando lugar a fabricaciones muy específicas, tanto en Francia como en otros países. Entre las últimas se destaca un grupo construido por la casa francesa Cameca, bajo licencia Pechiney. Este utiliza dos celdas fotoeléctricas cesio-antimonio, fotomultiplicadores, proyectados y establecidos por el profesor Lallemand, del Observatorio de París; una de estas celdas registra la intensidad de las líneas del metal base, mientras que la otra, móvil a lo largo del plano focal, recoge las líneas del elemento analizado una tras otra. Este equipo permite analizar los cinco constituyentes principales de un duraluminio en menos de 30 segundos, con una precisión relativa de 0.15%; además, puede pasar, en algunos minutos, de la espectrografía automática a la fotográfica, adaptandose así lo mismo al análisis rápido industrial que a una exploración completa del espectro fotografiado (investigación y análisis de impurezas).

Cuando se utilizan estos métodos, no hay que olvidar que el análisis espectrográfico es un método comparativo, puesto que se refiere a "patrones" cuya composición se ha determinado con la ayuda de técnicas de las que hemos hablado anterior

mente: asimismo, su precisión depende de diversos factores -- que necesitamos "mantener bajo control" de manera constante. Sin hablar de los fenómenos de "deriva" debidos al aparellaje, los resultados serán tanto mejores cuanto más parecidas -- sean las masas y estructuras cristalinas de las muestras a -- analizar, así como sean comparables los porcentajes de los -- elementos presentes en los patrones y las muestras a anali-- zar, etc. En los demás casos, como los errores, aunque gene-- ralmente poco importantes, son sistemáticos, es necesario es-- tablecer empíricamente los coeficientes de corrección.

Se puede reprochar también a la espectrografía de emi--- sión de ser demasiado "puntual", es decir, de no utilizar du-- rante el análisis más que una pequeña zona superficial de la probeta; este reproche sólo es válido si no se realizan sufi-- cientes exploraciones, y la rapidez del método permite esta - multiplicación de puntos explorados. Es necesario conocer tam-- bién los fenómenos de debilitamiento, de reforzamiento o de - inversión de los espectros que producen ciertos elementos. -- Por ello, la gran sensibilidad de la espectrografía de emi--- sión hace que, mientras su aplicación es favorable a los pe-- queños y medianos porcentajes, para algunos porcentajes supe-- riores, el error puede llegar a ser importante.

#### Espectrometría de fluorescencia.

La espectrometría de fluorescencia, bajo distintas deno-- minaciones, se aplica al análisis desde hace una decena de -- años solamente, y es considerada cada vez más como un comple-- mento de la espectrografía de emisión, para el análisis quími-- co metalúrgico de aleaciones no ferrosas con porcentajes ele-- vados. Aunque puede ser utilizada en absorción con fines ana-- líticos, la espectrografía de fluorescencia no ha sido aborda

da más que desde el punto de vista de la emisión directa o de la fluorescencia, utilizando el fenómeno siguiente: cuando un haz de rayos X penetra la materia, la radiación sufre un debilitamiento que depende de su reparto espectral y del número atómico del absorbente; una parte de la energía absorbida reaparece bajo la forma de una radiación secundaria de longitud de onda diferente, llamada "de fluorescencia" y, como consecuencia del espectro fotoeléctrico, los átomos, ionizados más o menos profundamente, son base de desplazamientos o cambios electrónicos, que dan lugar a un espectro muy puro de líneas características, o espectro de fluorescencia atómica.

Los espectrógrafos de fluorescencia construidos actualmente y en funcionamiento, difieren poco de las disposiciones adoptadas para la radiocristalografía. En resumen, la probeta se sitúa lo más cerca posible del tubo emisor de rayos X, en posición horizontal; sobre ella incide una radiación de longitud de onda corta y el espectro secundario de fluorescencia es canalizado por un colimador sobre un cristal analizador. Este último actúa como una red de difracción, separando las radiaciones componentes, reflejadas en el curso de la rotación según los ángulos privilegiados de Bragg. La radiación es entonces detectada por un contador Geiger, que transmite los impulsos recibidos a una unidad electrónica de cálculo. El método más corriente de medida es la totalización de los impulsos durante un período determinado, y la evaluación del porcentaje buscado de los elementos constituyentes, se hace por comparación con los datos por una probeta que sirve de patrón.

El rendimiento del método es diferente para los elementos de número atómico pequeño, pero se aplica a los sólidos -

(polvos, etc.) o a líquidos (disoluciones de metales y aleaciones) y conviene especialmente para los análisis de elevados porcentajes, para los que la espectrografía de emisión -- por chispa es poco indicada o inexacta.

#### Análisis por activación neutrónica.

Ciertos elementos, bombardeados con neutrones, pueden -- dar lugar a la formación de isótopos radioactivos, cuyos núcleos, se descomponen según una ley de decrecimiento exponencial que les es propia. Cada isótopo radioactivo se caracteriza por su período, tiempo necesario para que su radioactividad baje a la mitad. El isótopo de aluminio tiene un período de 2.4 minutos, mientras que el de manganeso lo tiene de 2.6 horas, el del silicio de 2.8 horas, el del cobre de 12.8 horas y el del sodio de 15 horas. Al ser tan corto el período -- del aluminio no crea dificultades y se han puesto en práctica métodos de análisis de impurezas en trazas, que han resultado también de una gran importancia para el estudio metalúrgico -- de las migraciones y segregaciones en los estadios macro, micro y submicroscópicos. De esta manera se puede analizar 0.01 ppm de cobre, 0.01 ppm de sodio, 0.01 ppm de manganeso, etc., según irradiación de algunos días mediante influjo de neutrones térmicos de  $10^{12}$  neutrones/cm<sup>2</sup>/seg.

Puede parecer atrevido o peligroso analizar el sodio por medio del isótopo, ya que el  $\text{Na}_{10}^{24}$  es un producto de transmutación del aluminio, pero esta transmutación no puede producirse de manera notable más que bajo un haz de neutrones suficientemente enérgicos (neutrones rápidos). Por otra parte, se elimina la influencia de los fenómenos parásitos, irradiando paralelamente dos zonas de la misma probeta, una bajo una pantalla de cadmio, que detiene los neutrones térmicos, así como

un patrón de sodio colocado con ellas; además se elimina la interferencia del galio en el absorbente, tras la disolución de las muestras en una columna de resina cambiadora que la re tiene cuantitativamente.

#### Elección de la alternativa para la etapa de afino.

La cualidad esencial que se exige a un método de análisis es el de dar resultados similares sobre una misma probeta, cualquiera que sea el laboratorio que lo utilice. Es la mejora constante de esta reproductibilidad o fidelidad, lo que justifica las discusiones y cambios de trabajos entre diversos grupos de especialistas, tanto en el plano nacional como a nivel internacional.

La reproductibilidad depende, ante todo, de lo específico de la reacción o de la técnica elegida, designando lo específico como la aptitud de un método para evitar "la interferencia" de los demás elementos presentes simultáneamente. Pero como lo específico puede ser influido por la variación de las proporciones relativas, se deben establecer los procesos operatorios, fijando los límites superiores de los elementos que pueden interferir (se limita por ejemplo: al 4% el contenido de níquel en el método de análisis fotométrico del hierro en la o-fenantrolina). Estos fenómenos de interferencia no son exclusivos de las técnicas química y fisicoquímica; existen también en la técnica física (espectrografía, por ejemplo).

La sensibilidad, es decir, el porcentaje por debajo del cual resulta posible el análisis, es otro factor que debe intervenir en la elección. Una sensibilidad demasiado grande, puede limitar el empleo de una técnica disminuyendo la precisión para los grandes porcentajes de algunos elementos, así

como una sensibilidad débil puede impedir el empleo de un método para los porcentajes bajos o muy bajos.

En fin, la rapidez, factor de productividad, puede imponer una técnica, sobre todo cuando es posible, sin otro prejuicio que el consentir algún sacrificio de la precisión.

Por lo tanto, generalmente estamos obligados a adoptar métodos diferentes para los contenidos fuertes y para los débiles, así como debemos preferir los métodos rápidos, al menos para el control corriente.

Hemos de tener en cuenta también el número de análisis a ejecutar en un tiempo determinado.

Considerando todos los factores antes mencionados y dado que se trata de un proceso de producción de aleaciones, donde la cantidad y calidad de los elementos presentes, es sumamente importante, se justifica plenamente la técnica física, específicamente la espectrografía por chispa de lectura directa ya que es el método más próximo al óptimo y en el que es suficiente mantener el equipo "bajo control", mientras que las de más técnicas quedan como accesorias o auxiliares.

#### - SELECCION Y ACONDICIONAMIENTO DE CHATARRAS -

La cantidad de chatarra disponible en un país es evidentemente función de su consumo de aluminio, por tanto, dado que nuestro país tiene uno de los consumos más bajos a nivel mundial, entenderemos por consiguiente, que no se tenga disponibilidad de chatarras nacionales.

Existen diferentes clases y tipos de chatarras, así como métodos para seleccionarla y acondicionarla, procesos que normalmente realizan las personas o empresas dedicadas a la ven-

ta y manejo de chatarras, y cuyos procesos van desde la selección manual, hasta la selección y acondicionamiento con equipo altamente tecnificado y especializado.

Dado que definimos esta etapa, como una etapa auxiliar, y por ello tiene una importancia relativamente menor que las dos anteriores, y que adicionalmente, existen personas y/o -- empresas dedicadas a esta actividad, lo que se vuelve importante de evaluar, en la etapa, es la condición de adquisición de la chatarra, para lo que se hace necesario contar con una clasificación de la misma, la que a continuación se presenta:

#### CLASIFICACION DE CHATARRA DE ALUMINIO.

##### I Aluminio puro

##### Aluminio puro primera clase

##### Recortes y cables de aluminio puro:

- recortes, desperdicios, derrames, puntas de barra,
- puntas de perfiles,
- cables sin alma de acero o cables con alma de sintéticos.

Recortes de aluminio delgados, coloreados o no. Espesor comprendido entre 0.1 y 0.4 mm.

- recortes, desperdicios o derrames no coloreados,
- recortes, desperdicios o derrames coloreados,
- cápsulas nuevas sin tapón.

Papeles de aluminio nuevos blancos o coloreados. Espesor inferior a 0.1 mm.

- papeles nuevos blancos,
- papeles nuevos coloreados.

Virutas del torneado o fresado de aluminio puro.

Alambres de aluminio recubiertos.

- cables o alambres recubiertos papel, algodón, vidrio.

### Papel de aluminio anodado.

Aluminio puro segunda clase

- cápsulas nuevas con tapón,
- cables de aluminio quemados,
- planchas viejas de aluminio,
- cacerolas de aluminio sin hierro,
- papeles de aluminio viejos en buen estado.

Aluminio sin hierro.

- recortes de aluminio pintados (pinturas de zinc),
- virutas de corte de planchas con forma (recipientes, etc.).

Aluminio con hierro.

- aluminio puro, nuevo o viejo, con hierro,
- cacerolas de aluminio con hierro,
- cables con alma de acero, sin posibilidad de quitar el hierro mecánicamente.

### II Aleaciones de composición fija

Aleaciones de aluminio de composición fija sin cobre. Laminados, extruidos o recortes de perfiles de aleaciones de composición fija.

- recortes mezclados o no de aleaciones de aluminio,
- recortes, chatarras, puntas de barras o desperdicios de perfiles en aleaciones específicas,
- recortes de aluminio mezclados con cobre o aleaciones de co  
bre,
- virutas de fresado de aluminio mezcladas con cobre o aleación de cobre,
- planchas viejas de aleaciones de composición fija laminadas

### III Carters

- carters o pistones en buen estado,
- carters o pistones con hierro,

- carters de aleación con composición fija,
- motores de aviones.

#### IV Virutas de torno

- virutas de aleaciones de aluminio al silicio,
- virutas de aleaciones de aluminio ordinarias con impurezas normales.

#### V Virutas de sierra o muela

#### VI Escorias

- escorias de aluminio puro,
  - escorias de aleación de aluminio-magnesio,
  - escorias de aleación aluminio-silicio.
- (nota: las escorias deben ser ricas en metal)

#### VII Lingotes de refusión

- lingotes que provienen de "relingoteadores",
- lingotes de aleaciones madres fuera de especificación.

Esta clasificación fué tomada de la Enciclopedia del Aluminio, y no es la única que existe, ya que cada productor de aleaciones o piezas de aluminio, y cada chatarrero tiene la propia. Sirva pues, esta clasificación, únicamente como ejemplo de las mismas. Ahora, pasemos a evaluar las alternativas de esta etapa:

#### ADQUISICION DE CHATARRA EN GENERAL.

Si se adquiere la chatarra a granel, implicaría el seleccionar la chatarra en planta, para lo cual se tendría que considerar: los tipos de chatarras que se podrían utilizar, la cantidad a seleccionar sin desperdiciar y la cantidad de materiales no aprovechables contenidos en las chatarras adquiridas. Teniendo en cuenta la diversidad de aleaciones de aluminio existentes, no se puede en

perar que se constituyan tantos lotes de chatarra como aleaciones existen. En la práctica, se realizan agrupaciones por familias de aleaciones, si el espesor de los trozos justifica una manipulación, para lo cual, el conocimiento de las aplicaciones industriales de las diferentes aleaciones ayuda enormemente en dicha selección manual, o en el caso de trozos muy pequeños, sin ser rebaba o viruta, se refunden todas las chatarras diferentes, para homogeneizarlas en una carga, cuyo peso justifique el costo de un análisis. En el caso de rebaba o viruta, existen procedimientos y equipos muy específicos y especializados para su selección y acondicionamiento. El precio promedio de la chatarra a granel es de: 0.80 DLS US, (DLS - US = dolares estadounidenses), puesta en frontera, específicamente LAB Laredo (información publicada en la circular NF-89, del National Association of Recycling Industry, NARI, julio - de 1989).

Por lo anterior, es ovio que esta alternativa, obligaría a una inversión adicional, para la adquisición de equipo y terreno para esta operación adicional, además de la contratación de personal altamente calificado para la misma.

Además es importante resaltar el hecho de que las mermas por materiales no aprovechables, contenidos en la chatarra, fluctúan entre un 20 a un 30% en peso, del total del lote, para este tipo de chatarras.

#### ADQUISICION DE CHATARRA PRESELECCIONADA.

La diferencia básica con la alternativa anterior, es un sobreprecio en el material adquirido, el cual es función de la preselección y calidad del material solicitado. Pero en este tipo de material se tiene la enorme ventaja de recibir materia prima, que pue-

de ser utilizada directamente en el proceso, es decir, no requiere acondicionamiento alguno, además dada su preselección, su composición esta mucho más controlada y los contenidos de materiales no aprovechables se minimizan, reduciéndose por -- ello las mermas debidas a los mismos a un rango del 5 al 10% en peso.

El precio promedio de la chatarra preseleccionada es de: 1.00 DLLS US, puesta en frontera, específicamente LAB Laredo (información publicada en la circular NF-89, del NARI, julio de 1989). Por lo que la diferencia en precio, es de solo: --- 0.20 DLLS US, con respecto a la primera alternativa.

Por tanto, con esta alternativa no se requeriria inver-- tir en equipo de selección y acondicionamiento, ni en perso-- nal tan calificado para esta actividad, además se debe tomar en cuenta la reducción en las mermas del material.

#### ADQUISICION DE LINGOTE CHATARRA (RELINGOTEADORES).

La di-- ferencia más importante con las alternativas anteriores, nue-- vamente vuelve a ser un sobreprecio, y que en este caso, es -- de consideración, ya que el precio promedio del lingote chatarras es de: 1.56 DLLS US, puesto en frontera, específicamente LAB Laredo (información publicada en la circular NF-89, del -- NARI, julio de 1989).

Por otra parte, las unicas ventajas reales, respecto a -- la segunda alternativa son: su presentación física (lingote) y el hecho de que se reducen casi en su totalidad, el conteni-- do de materiales no aprovechables, lo que reduce las mermas a un 3% en peso, máximo.

En contra posición, este material no tiene control quími-- co sobre la composición de los lingotes, y por ello, de lingos

te a lingote puede existir un amplia diferencia en composición, ya que las chatarras son unicamente refundidas, y esto repercute, como ya se menciona anteriormente, en un deterioro de las cualidades tecnológicas del material, y si consideramos que la diferencia en precio, es de: 0.56 DLS US, que por lo anteriormente expuesto no se justifica.

Elección de la alternativa para la etapa de selección y acondicionamiento de chatarras.

Por todo lo antes expuesto, y considerando que el objetivo de la empresa es producir lingote aleado de segunda fusión y no el de selección y acondicionamiento de chatarras, y tomando en cuenta los diferentes precios de cada una de las alternativas y las mermas que presentan los materiales de cada una de ellas, se considera que la mejor alternativa para el proceso es: La adquisición de chatarra preseleccionada.

- COLADA -

Por este concepto, deberá de entenderse el proceso físico de manejar el metal líquido que se encuentra en el horno, ya afinado, y depositarlo en un molde prefabricado (lingotera), permitir que en este se efectue un cambio de estado (solidificación), retirarlo del molde y manejarlo para su almacenamiento.

Como se indico al comenzar este capítulo, esta etapa, como la anterior, se considera una etapa auxiliar, dado que el producto a fabricar, no tiene problemas complejos en la misma, y sus alternativas estan en función de la mecanización y automatización que se deseen del proceso. A continuación se describen brevemente cada una de las alternativas propuestas para esta etapa.

### PROCESO MANUAL.

Como su nombre lo indica, en esta alternativa todas las operaciones enumeradas, al definir el concepto de colada, se efectúan con herramientas manuales y cuadrillas de obreros generales. Por ello, esta alternativa es la que -- presentaría el menor costo inicial (inversión), dado que requiere únicamente de herramientas como: manuales para cucharas de vaciado, cucharas de vaciado de aproximadamente 30 a 35 Kg de capacidad (en metal líquido), lingoteras de hierro colado, bancos de lingoteras y carretillas, cuyo precio puede considerarse, comparado con los equipos de las siguientes alternativas, relativamente barato, pero su duración o período de vida útil, comparado con los mismos equipos, es muy corto, por lo que su costo de mantenimiento será elevado, al igual que su costo de operación, dado que se requiera mucha mano de obra directa e indirecta y por ende mayores espacios en la planta para operación y servicios.

### PROCESO SEMIAUTOMATICO.

Para esta alternativa, parte del proceso se efectúa manual, con herramientas como las descritas en la alternativa anterior, y parte del mismo se mecaniza, a saber: el vaciado se realizaría con la ayuda de una grúa puente, de uso general, a lingoteras fijas ubicadas en bancos y de las cuales, se desmoldearía el lingote manualmente y se depositaría sobre bandas transportadoras que lo llevarían a la zona de estiba e inspección. Obviamente el costo inicial de esta alternativa es mayor y su costo de mantenimiento no se modifica sustancialmente, el que si se reduce de manera importante es el costo de operación, dado que se requiera de mucho menos mano de obra directa y por ende indirecta

para supervisión. Por otra parte, la eficiencia mejorara, --- puesto que con menor personal y en un menor tiempo se maneja- ra el mismo tonelaje de lingotes. Es importante y cabe señ- lar que las plantas dedicadas a esta actividad en nuestro --- país, y que podemos considerar como mejor equipadas en esta - etapa del proceso, cuentan con equipo, como el que esta alter- nativa ofrece.

#### PROCESO AUTOMATICO.

Esta alternativa, que presenta el más alto costo inicial, dado que implica la mecanización total de esta etapa del proceso, es también la que tendra los costos - de operación y mantenimiento más bajos, y además la que pre- sentara la más alta eficiencia productiva. En esta alternati- va se pretende contar con el siguiente equipo: tren de vacia- do mecánico, carrusel de lingoteras motorizado (velocidad va- riable) y desmoldeo del lingote mecánico automático, por lo - que la mano de obra general se reduce al mínimo.

#### Elección de la alternativa para la etapa de colada.

Con estas alternativas presentadas en forma general, po- dría pensarse que la primera alternativa, resultaría la mejor dado que en nuestro país la mano de obra, se puede considerar barata, pero dada la rama industrial a la que pertenece este tipo de industrias, se tiene el antecedente de que en ellas - existe un alto índice de rotación de personal, sobre todo a - nivel de obreros generales (no calificados), que serian los - requeridos para esta primer alternativa, mientras que la mano de obra calificada, tiende a ser mucho más estable y a su vez más eficiente. Por tanto, aún cuando en inversión inicial la tercer alternativa es la más alta, se recomienda por presen- tar multiples ventajas sobre las dos primeras, incluyendo la

de personal, además que representaría la primera planta instalada en nuestro país con este nivel tecnológico, por lo que se considera como la mejor alternativa al: Proceso automático.

Ya seleccionada la alternativa para cada una de las etapas del proceso, pasemos a revisar el diagrama del proceso.

### 3.3 Diagrama del proceso.

Con las alternativas ya seleccionadas para cada etapa del proceso, se puede describir como resultara el proceso productivo. Ya descrito el proceso y utilizando esta descripción se elaborara primeramente un diagrama de bloques, para representar el diagrama de flujo del proceso y posteriormente se presentara un diagrama de localización de equipo y cuantificación de personal productivo directo e indirecto en el proceso.

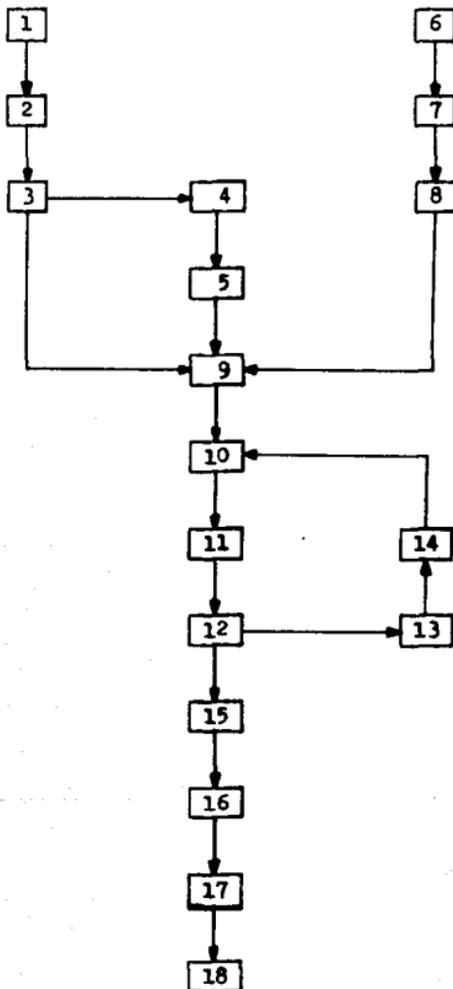
Como ya se menciona, el proceso comienza al recibir las materias primas, principalmente la chatarra, la cual tendra que ser inspeccionada en el patio de chatarras visualmente, por una persona capacitada para constatar que se trate de chatarra de la familia de aleación requerida y que no contenga un alto porcentaje de materiales no aprovechables. Ya aprobada la chatarra, se colocara en un espacio predestinado para ese lote, para esperar ser checada por el laboratorio y definir concretamente sus contenidos químicos.

El área de fusión recibira ordenes de carga para los hornos, elaboradas con la información que el laboratorio proporcione de los lotes de chatarra, en las que se listaran las cantidades, orden de adición y tipos de materiales a fundir, los cuales seran colocados en los hornos para iniciar el proceso de fusión de los mismos, vigilando de cerca esta operación, ya que la carga este fundida y homogenizada, el departamento de fusión enviara una muestra al laboratorio para solicitar la aprobación para colada, que el mismo laboratorio le extendiera si la muestra se encontrase dentro de especificaciones pero de no ser así, el laboratorio enviara una orden de recarga para corregir las desviaciones encontradas, adicio

nada y fundida esta, se requerira nuevamente la aprobacion de colada al laboratorio y asi cuantas veces sea necesario se repetira esta operacion, hasta que la carga se encuentre dentro de especificacion. Ya con la carga dentro de especificacion - se procedera a la colada, para la cual se utilizara el tren de vaciado, es decir, del horno se transvasara el metal liquido a una cuchara y con esta se llenan las lingoteras del carrusel, las cuales despues de recibir el metal, tienen un recorrido para solidificacion y enfriamiento del mismo, para posteriormente proceder a desmoldear el lingote, lo cual se hara automaticamente por el equipo para ello dispuesto, y que entregara los lingotes para su inspeccion y estiba. En cada lote de lingotes por colada, se tomara muestras para su analisis y con ello generar un certificado de aleacion por lote.

Finalmente las tarimas con lingotes marcados y con su certificado correspondiente, pasaran al almacen de producto terminado, donde permanecera hasta completar un embarque para ser enviado al cliente.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



Relación de operaciones del diagrama de flujo del proceso.

- 1 : Recibo de chatarras.
- 2 : Inspección de chatarras.
- 3 : Colocación de la chatarra en el patio.
- 4 : Toma de muestra y análisis de los lotes de chatarra.
- 5 : Generación de orden de carga para hornos.
- 6 : Recibo de materiales auxiliares.
- 7 : Inspección de materiales auxiliares.
- 8 : Colocación de materiales auxiliares en almacén.
- 9 : Carga de horno de acuerdo a orden de carga.
- 10 : Proceso de fusión.
- 11 : Toma de muestra para análisis y aprobación de carga.
- 12 : Envío de muestra a laboratorio.
- 13 : Generación orden de recarga.
- 14 : Recarga de horno.
- 15 : Colada del metal.
- 16 : Desmoldeo, estiba e identificación del lote.
- 17 : Generación certificado por lote.
- 18 : Traslado de lotes a almacén de producto terminado.

La Figura No. 15, muestra el diagrama de localización de equipo y cuantificación de personal productivo, en el cual se muestra la disposición de los siguientes equipos:

- A.- Generador de emergencia.
- B.- Columnas para desmineralizar el agua del circuito de enfriamiento de hornos.
- C.- Torre de enfriamiento.
- D.- Cisterna.
- E.- Hornos de inducción (Conexión mariposa).
- F.- Monocarril de vaciado.
- G.- Tanque de almacenamiento de gas.
- H.- Instalación para curado y precalentamiento de cucharas para vaciado.
- I.- Carrusel de lingoteras.
- J.- Grua viajera.
- K.- Montacargas.
- L.- Equipo para desmoldeo automático.

En el mismo diagrama, se muestra localizado y cuantificado el personal productivo, mano de obra directa y supervisión requeridos para la operación, que a saber son:

Mano de obra directa

- 9 obreros de diferentes categorías.
- 1 personal para mantenimiento.

Supervisión

- 1 supervisor de producción.
- 1 inspector/laboratorista de control de calidad.

Todo este personal se requiere por cada turno de trabajo.

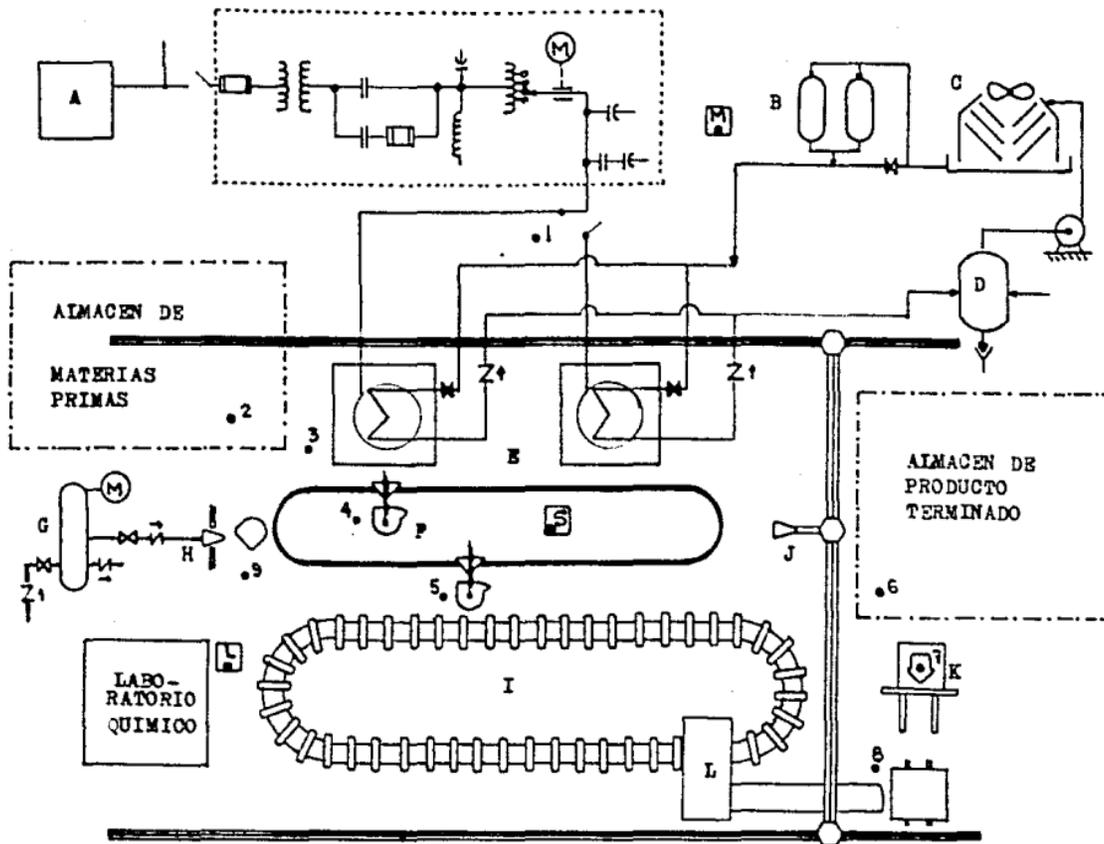


Figura No. 15

## CAPITULO IV

### EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

#### 4.1 Localización de la planta.

Dado que la elección del lugar, donde se localizará la planta, es tan importante para su buen desarrollo y éxito, como la elección del mismo proceso, realizaremos un pequeño análisis de los factores determinantes para ello.

Son factores determinantes para la localización de la planta, aquellos que pueden impactar importantemente en el costo de producción, en el proceso de fabricación o en la venta y comercialización de los productos, como: las materias primas, los combustibles y energeticos, el mercado, los transportes o vias de comunicación y los estímulos, apoyos e infraestructura de la región.

#### Materia prima.

Tal como se decidió en el capítulo anterior la materia prima básica, para el proceso será: chatarra de aluminio preseleccionada y dada la capacidad de la planta, ya determinada, se tendrá un alto consumo de esta materia prima. La falta de la misma en nuestro país, en cantidad y precio, hace lógico pensar, que dicho material se tendrá que adquirir de importación, lo que determinaría como lugar adecuado para localizar la planta, un Estado fronterizo con los Estados Unidos de Norteamérica. Pero debemos considerar, del mismo modo, las materias primas secundarias, como el lingote de aluminio puro, cuyo unico productor en el país, ALUMSA, se encuentra -

localizado en el Estado de Veracruz, ubicación que también deberá considerarse.

#### Combustibles y energía.

Dado el proceso seleccionado, la energía primaria necesaria, es la energía eléctrica, por lo que se deberá ubicar la planta, en una zona con alta generación de la misma, y por ende con tarifas económicas para ella uno de los Estados de nuestro país, con estas características, es el Estado de Veracruz, en el que se localiza la única planta nucleoelectrica del país (Laguna Verde). Pero como en el factor anterior, es también importante considerar, la energía o combustible secundario, que para la planta en cuestión, sería el gas natural, los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche serían adecuados, dados los yacimientos petroleros y de gas natural, que en ellos existen y no tanto -- por el precio del combustible, sino por la existencia de infraestructura y facilidad de su distribución y adquisición.

#### Mercado.

Se definió como objetivo secundario, en el capítulo II, la eliminación de importaciones de aleaciones de aluminio en Volkswagen de México, por lo que resulta obvio, que -- por este factor, la ubicación de la planta deberá ser la misma que la de la planta de Volkswagen, que sería su mercado -- primario, es decir, el Estado de Puebla o un Estado colindante con él, como: Tlaxcala o Veracruz. Pero también en el mismo capítulo, se estableció la importancia de generar más -- clientes y no depender de uno sólo y de preferencia, que el cliente fuese para exportar producto, por lo que este factor dará una ubicación preferentemente fronteriza o con vías de -- comunicación, adecuadas para el comercio exterior.

### Transporte o vías de comunicación.

En nuestro país el ---- transporte o vía de comunicación, que más se utiliza, es el terrestre, vía carretera, ya que los ferrocarriles tienen un gran atraso, tecnológico y organizacional, y por ello son altamente ineficientes, pero dado lo definido en el factor anterior, el punto de localización deberá contar con alguna otra vía de comunicación, además de la terrestre, como la marítima o la aérea, cuyos precios, de esta última, la hacen la más -- inadecuada o de uso exclusivo para las emergencias, lo que de ja como vía alterna de comunicación, la marítima, y por lo -- tanto, el lugar de ubicación deberá contar con puerto de preferencia o estar cerca de uno.

### Estímulos, apoyos e infraestructura.

En cuanto a lo que es te factor o factores respecta, y considerando el decreto por el que se establecen las tres zonas geográficas para la des-- centralización industrial y el otorgamiento de estímulos fiscales, publicado en el diario oficial de febrero de 1986, para él que se pondrá principal atención en la zona I de máxima prioridad nacional, dado que los artículos 4<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> y 6<sup>o</sup> del -- mismo decreto establecen:

Art. 4o. Los estímulos fiscales, apoyos crediticios, --- obras de infraestructura y de equipamiento urbano y demás incentivos que provea el Ejecutivo Federal para promover y consolidar las ciudades de tamaño medio definidas como centros -- motrices de desarrollo industrial, se canalizarán en forma -- preferente al fomento industrial en los Municipios de la zona I y, por lo que hace a la zona II, se aplicarán en una propor ción menor respecto de los otorgados en la zona I.

Art. 5o. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, de conformidad con las reglas de operación de los fondos de fomento, destinará recursos crediticios en condiciones preferenciales al apoyo de actividades industriales, prioritarias, en los términos del Artículo anterior. En el caso de los apoyos que se otorgan a la exportación, al desarrollo tecnológico y al control de la contaminación ambiental, se aplicarán los regímenes específicos de fomento que les corresponda.

Art. 6o. Las Secretarías de Desarrollo Urbano y Ecología y de Comunicaciones y Transportes atenderán prioritariamente las necesidades de ampliación y complementación de infraestructura y equipamiento que exija el desarrollo urbano industrial de la zona I, en los términos del Artículo 4º de este Decreto.

En la zona I, se encuentran los siguientes Estados: --- Aguascalientes, Baja California Norte y Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatan y Zacatecas. De los cuales, él que cuenta con mayor número de Municipios es el Estado de Veracruz e incluso considerado dentro de estos Municipios, se encuentra el mismo puerto, en el cual se estan otorgando amplios apoyos por parte del Gobierno Estatal, a las industrias que se instalen en los parques industriales, que el Gobierno del Estado a generado para este efecto, y que cuentan con toda la infraestructura necesaria, para la instalación de una planta con las características de la que en este trabajo tratamos, además de que la misma, esta considerada como una actividad prioritaria, con la categoría 2.2.1.1, según

el Acuerdo que establece las actividades industriales prioritarias, emitido en el diario oficial de febrero de 1986, y -- que en su artículo 4º marca:

Art. 4o. Los proyectos de reconversión, racionalización o modernización industrial que se determinen como estratégicos en el marco de los Programas Integrales de Desarrollo Industrial y que contribuyan al cambio estructural del sector -- en el que se desarrollen, podrán ser considerados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial como actividades industriales prioritarias de Categoría 1 independientemente de la clasificación que corresponda a la actividad específica de fabricación.

Por todo lo antes expuesto se considera como punto adecuado para la ubicación de la planta: el Estado de Veracruz, proponiendo como primera opción, el Municipio de Veracruz --- (puerto), y como opción alterna, cualquier otro municipio del mismo Estado que se encuentre considerado en la zona de máxima prioridad nacional y que a saber, podría ser: Amatlán de -- los Reyes, Boca del Rio, Coatzacoalcos, Córdova, Cosoleaca--- que, Ixhuatlán del Sureste, Ixtaczoquitlán, Jaltipan, Minatitlán, Moloacán, Orizaba, Pánuco, Poza Rica de Hidalgo, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Tuxpan y Zaragoza.

#### 4.2 Cálculo de la inversión fija.

La inversión fija necesaria para la instalación de una planta productiva, esta definida como: El costo total de los equipos e instalaciones requeridas por el proceso productivo. Este costo esta compuesto por: gastos directos y gastos indirectos.

##### 4.2.1 Gastos directos.

Son los gastos de todos los equipos, materiales y mano de obra que se necesitaran para la construcción e instalación de la planta, incluyendo el costo del terreno y la contratación de servicios.

Para este proyecto, este concepto está formado por un conjunto de partidas, cuyos datos fueron obtenidos: unos de cotizaciones específicas de proveedores de equipo, (proveedores como: INDUCTOTHERM INTERNATIONAL CORP.; BROWN BOVERI MEXICANA, S.A. de C.V.; SHAMROCK ENGINEERING Co.; INDUSTRIAS Y ASESORIAS HEGEWISCH, S.A.; NAVARRO MIGNOT DE MEXICO S.A. de C.V.; PRECISIONES METALICAS CASTILLO, S.A. de C.V.; BAIRD ANIMO DELAVAL Co.; THERMO JARREL ASH CORP.; ALLIED ANALYTICAL SYSTEMS; LABTEST EQUIPMENT Co.; AEROTECNICA, S.A. de C.V.; HUMICLIMA MEXICO S.A. de C.V.; CLIMATECNICA S.A.; TECNOELECTRICA INDUSTRIAL, S.A. de C.V.; CIA. MANUFACTURERA DE ARTEFACTOS ELECTRICOS, S. de R.L. de C.V.; PROYECTOS ELECTRICOS INDUSTRIALES S.A. de C.V.; INGENIERIA Y DISTRIBUCIONES ELECTRICAS, S.A. de C.V.; TRAMEX; EQUIPOS Y MATERIALES ELECTRICOS S.A. de C.V.; y CONSTRUCTORA MEXICANA DE QUEMADORES S.A.), otros de cotizaciones informales contenidas en diferentes publicaciones, elaboradas con este fin, (como: RIM, Reportero Industrial Mexicano; NMI, Noticias de Maquinaria Industrial; Revista de la American Foundry Society; boletin mensual AAA;

etc.), y las restantes de índices y costos consignados en literatura especializada, tanto las cotizaciones formales, como las informales, se obtuvieron en el período comprendido entre febrero - abril de 1990 y la mayor parte de estos datos, se encontraron reportados en dolares estadounidenses (DLS US), por lo que se tomo una paridad de 2800 pesos mexicanos por -- DLS US, solo como referencia, dado el deslizamiento diario -- que el peso mantiene frente a esta moneda, para obtener todos los datos en moneda nacional. Los valores enlistados estan -- expresados en millones de pesos (M\$):

<u>PARTIDA</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>VALOR M\$</u>
A.-	Equipo de fusión INDUCTOTHERM, con todos sus equipos accesorios (paquete).	400.00
B.-	Torre de enfriamiento.	8.00
C.-	Transformador de acometida.	30.00
D.-	Equipo auxiliar de energía eléctrica.	20.00
E.-	Carrusel móvil de lingoteras con desmoldeo - automático.	80.00
F.-	Tren para vaciado y grua viajera con puente para toda la nave de fundición (Cap. 10 Ton)	40.00
G.-	Espectrómetro BAIRD (paquete).	190.00
H.-	Equipo accesorio para laboratorio.	5.00
I.-	Equipo para acondicionamiento del ambiente del laboratorio.	5.00
J.-	Material para instalación eléctrica general, incluyendo alumbrado.	20.00
K.-	Material para la instalación de la acometida de gas natural y distribución en planta.	10.00
L.-	Estanteria general y herramienta.	10.00
M.-	Muebles para oficina y equipo de computación.	20.00

<u>PARTIDA</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>VALOR M\$</u>
N.-	Vehiculos productivos y administrativos.	130.00
O.-	Terreno 2500 m <sup>2</sup> .	125.00
P.-	Construcción (aprox. 2600 m <sup>2</sup> ).	650.00
Q.-	Contratación de servicios (telefono, energía eléctrica, agua, gas natural y permisos de construcción).	20.00
<u>SUBTOTAL 4.2.1</u>		1763.00

Nota: Todas las cotizaciones de equipos, hechas por compañías extranjeras, como: INDUCTOTHERM INTERNACIONAL CORP., -- BAIRD AN IMO DELAVAL Co., SHAMROCK ENGINEERING Co., --- etc., incluyen en su precio: impuestos de importación, gastos aduanales, seguros, fletes, puesta en marcha y - capacitación de operadores.

#### 4.2.2 Gastos indirectos.

Son los gastos por concepto de - ingeniería, impuestos, seguros y honorarios de contratistas - que no se pueden cargar directamente a los centros de costos de trabajo, y que para el proyecto, los conforman las siguientes partidas:

<u>PARTIDA</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>VALOR M\$</u>
R.-	Ingeniería y supervisión.	70.00
S.-	Gastos de construcción y montaje.	80.00
T.-	Contingencias (10% gastos directos).	176.30
<u>SUBTOTAL 4.2.2</u>		326.30

Por tanto, la inversión fija será:

$$\begin{aligned}
 & \text{Gastos directos} = 1763.00 \text{ M\$} \\
 + & \text{Gastos indirectos} = \underline{326.30 \text{ M\$}} \\
 \text{INVERSION FIJA DE LA PLANTA} & = 2089.30 \text{ M\$}
 \end{aligned}$$

#### 4.3 Cálculo del capital de trabajo.

Antes de poder evaluar el capital de trabajo, requerido para la iniciación de operaciones de la planta productiva, debemos analizar los siguientes aspectos:

- i) Estimar y/o definir los requerimientos de personal,
- ii) Calcular el costo de producción, y
- iii) Definir un precio de venta para el producto.

##### 4.3.1 Requerimientos de personal.

Para poder cuantificar - la necesidad de personal, sobre todo, la mano de obra directa y la de supervisión para la misma, analicemos el diagrama del proceso productivo (Fig. 15), de este diagrama y considerando los requerimientos de producción, obtenemos el siguiente lista de personal:

##### Mano de obra directa:

- 9 obreros de diferentes categorías por turno.
- 1 personal para mantenimiento por turno.

##### Supervisión:

- 1 supervisión de producción por turno.
- 1 inspector calidad/laboratorista por turno.
- 1 jefe de compras, almacén y tráfico (un solo turno).

En cuanto al área administrativa, los requerimientos de - personal, serían los siguientes:

##### Mano de obra indirecta:

- 1 director de planta.
- 1 gerente de planta.
- 1 gerente de operaciones.
- 1 superintendente de producción.

- 1 contralor general.
- 1 auxiliar de contabilidad.
- 2 secretarias.
- 1 chofer.
- 4 vigilantes.
- 1 personal intendencia.

ya con estos datos pasemos a calcular el costo de producción.

#### 4.3.11 Costo de producción.

El costo de producción esta -- formado por la sumatoria de: A) gastos directos, B) gastos fijos y C) gastos generales.

##### A.- Gastos directos.

##### A.1 Materia prima.

De información obtenida (abril de 1990) con chatarreros en los E.E.U.U., se recabo la siguiente información: el precio promedio de la chatarra preseleccionada de aluminio, puesta en la ciudad de Veracruz es: 1.1278 DLS - US/Kg, y por otra parte, tenemos que el precio del lingote de aluminio primario puro, puesto en la ciudad de Veracruz es: -- 2.2374 DLS US/Kg (cotización ALUMSA, abril/1990), y tomando - la paridad de: 2800.00 pesos mexicanos por DLS US, tendremos que los precios son:

- Chatarra de aluminio preseleccionada = 3.1578 M\$/Ton

- Lingote de aluminio primario puro = 6.2647 M\$/Ton

donde: M\$ significa millones de pesos.

De la información técnica, proporcionada por el posible - proveedor del equipo de fusión, INDUCTOTHERM, sabemos que cuen tan con un equipo, entre otros, que tiene una capacidad especi ficada de: 430 Kg de aluminio aleado por hora, con el cual se

obtendrían aproximadamente: 212.85 Ton/mes, bajo las siguientes premisas productivas:

- I) Laborar 3 turnos/día con 7.5 hrs productivas c/u,
- II) Laborar 5.5 días por semana, y
- III) Considerar 48 semanas productivas al año.

Esto implica:

$$\text{PRODUCCION} = \frac{430 \times 7.5 \times 3 \times 5.5 \times 48}{1000} = 2554.2 \text{ Ton/año}$$

que coincide con la capacidad definida para la planta, en el capítulo II y que dividida entre 12 (meses del año), obtendremos la producción mensual promedio, que coincide aproximadamente con la del equipo mencionado.

Además, de la información técnica del proceso, sabemos, - que los metales para alear el aluminio (aleaciones madres), se estiman en un 3% de la carga metálica, y que la mezcla promedio de chatarra y lingote es: 80% chatarra y 20% lingote. De esta misma fuente, se obtuvo que las mermas en el proceso son: 10% máximo para las chatarras y 1% máximo para el lingote.

Entonces, para obtener 212.85 toneladas de aluminio aleado, requerimos:

$$\text{- Chatarra} = 212.85 \times 0.8 \times 1.10 = 187.310 \text{ Ton/mes}$$

$$\text{- Lingote} = 212.85 \times 0.2 \times 1.01 = 42.996 \text{ Ton/mes}$$

que para cuestiones de cálculo se consideraran:

$$\text{- Chatarra} = 188 \text{ Ton/mes}$$

$$\text{- Lingote} = 43 \text{ Ton/mes}$$

de donde, obtenemos:

$$\text{a) Chatarra: } 188 \times 3.1578 = 593.67 \text{ M\$}$$

$$\text{b) Lingote: } 43 \times 6.2647 = 269.38 \text{ M\$}$$

$$\text{c) Metales para alear: } 0.03 \times 863.05 = 25.89 \text{ M\$}$$

$$\text{SUBTOTAL A.1} \quad 888.94 \text{ M\$}$$

A.2 Mano de obra directa.

a) Obreros:  $9 \times 3 \times 0.8 \times 1.7 =$  36.72 M\$

b) Mantenimiento:  $1 \times 3 \times 0.9 \times 1.7 =$  4.59 M\$

SUBTOTAL A.2 41.31 M\$

Nota: Los valores 0.8 y 0.9 son sueldos promedio y el factor 1.7 se utiliza para considerar las prestaciones.

A.3 Supervisión.

a) Supervisor:  $1 \times 3 \times 1.5 \times 1.5 =$  6.75 M\$

b) Inspector calidad:  $1 \times 3 \times 1.2 \times 1.5 =$  5.40 M\$

c) Jefe de compras:  $1 \times 1.4 \times 1.5 =$  2.10 M\$

SUBTOTAL A.3 14.25 M\$

Nota: Los valores 1.5, 1.2 y 1.4 son sueldos promedio y el factor 1.5 se utiliza para considerar las prestaciones.

A.4 Servicios.

a) Energía eléctrica.

Para el cálculo de este servicio, de la información técnica, tenemos: para fundir un kilogramo de aluminio, se requieren: 0.40 Kilewatta-hora (KWhr) y se recomienda un factor de potencia de 0.8. Además, de información obtenida en C.F.E. (Comisión Federal de Electricidad), sabemos que el precio del KWhr, en la ciudad de Veracruz, fluctúa entre: \$95.00 a \$120.00 y si consideramos un 15% adicional para el resto del consumo, incluyendo alumbrado, entonces tendremos:

E. Eléctrica =  $\frac{0.4 \times 212850 \times 110 \times 1.15}{0.8 \times 10^6} =$  13.46 M\$

b) Agua.

En lo que respecta a este rubro, el consumo más importante, está en función del agua para baños y servicios del personal, ya que para el sistema de enfriamiento de los

hornos se tendra un sistema de reciclaje y el consumo promedio reportado en la literatura, para estos procesos es de solo el 5% del volumen del sistema. Por otro lado, el precio promedio del metro cúbico de agua es: \$500.00, dato obtenido de información proporcionada por la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), y el consumo por persona/día se estima en: 4.4 m<sup>3</sup>/mes para estas plantas. El sistema de enfriamiento requiere aproximadamente 20 m<sup>3</sup>, entonces tendremos:

$$\text{Agua} = \left( \frac{4.4 \times 500 \times 55}{1 \times 10^6} + (20 \times 0.05 \times 500) \right) (1.2) = 0.15 \text{ M\$}$$

c) Gas natural.

El consumo importante de este combustible, en el proceso, se localiza en los mecheros de precalentamiento y curado, de las ollas de vaciado, los que se estima tendran - un consumo de 1.6 m<sup>3</sup>/mes. Si se considera un 20% adicional a - este consumo, para los demás servicios, y tenemos que el precio del m<sup>3</sup> de gas natural es de: \$0.15 X 10<sup>6</sup>, precio promedio proporcionado por Petroleos Mexicanos (PEMEX), tendremos:

$$\text{Gas} = (1.6 \times 1.2 \times 0.15)(1.1) = 0.32 \text{ M\$}$$

d) Telefono.

Dado que es muy difícil cuantificar el uso de este servicio y considerando que la chatarra, se estará adquiriendo, muy probablemente, en la frontera o en E.E.U.U., y por ello se tendran frecuentes llamadas de larga distancia, se considerará un gasto de:

Telefono =	1.00 M\$
------------	----------

<u>SUBTOTAL A.4</u>	14.93 M\$
---------------------	-----------

A.5 Mantenimiento y reparaciones.

Se estima como el 3% del costo del equipo/12 =	2.21 M\$
--	----------

<u>SUBTOTAL A.5</u>	2.21 M\$
---------------------	----------

A.6 Suministros de operación.

Según literatura se estima como el 20% de A.5 = 0.44 M\$  
SUBTOTAL A.6 0.44 M\$

A.7 Gastos de laboratorio.

Se estiman como el 2.5% de A.2 = 1.03 M\$  
SUBTOTAL A.7 1.03 M\$

Nota: Los factores utilizados en A.5, A.6 y A.7 son datos recomendados en literatura especializada para este tipo de plantas.

GASTOS DIRECTOS TOTAL "A" 963.11 M\$

B.- Gastos fijos.

B.1 Depreciación y amortización.

Para calcular la depreciación del equipo y la amortización de la construcción y terreno, utilizaremos el método de la línea recta, considerando que el precio de rescate, para este tipo de plantas es del 8% de la inversión fija y tomando 15 años, como el período de vida útil del proyecto, entonces:

$$A_D = \frac{CFC - S}{n}$$

donde:  $A_D$  = depreciación por período

CFC = inversión fija

S = valor de rescate

n = períodos del proyecto

sustituyendo valores tendremos:

$$A_D = \frac{CFC - 0.08CFC}{n} = \frac{CFC(1 - 0.08)}{n} = \frac{0.92 CFC}{n}$$

$$A_D = \frac{(0.92)(2089.30)}{15} = 128.14 \text{ M\$}$$

por otra parte tendremos:

$$S = 0.08 \times 2089.30 = 167.20 \text{ M\$}$$

para determinar el valor en libros de la planta en cualquier -  
período del proyecto, tendremos:

$$P_i = CF_c - i A_D$$

donde:  $P_i$  = valor en libros

$i$  = período del proyecto

y aplicando valores obtenemos la siguiente tabla:

Tabla de depreciación

Año	Depreciación	Acumulado	Valor en libros
1	128.14	128.14	1961.16
2	128.14	256.28	1833.02
3	128.14	384.42	1704.88
4	128.14	512.56	1576.74
5	128.14	640.70	1448.60
6	128.14	768.84	1320.46
7	128.14	896.98	1192.32
8	128.14	1025.12	1064.18
9	128.14	1153.26	936.04
10	128.14	1281.40	807.90
11	128.14	1409.54	679.76
12	128.14	1537.68	551.62
13	128.14	1665.82	423.48
14	128.14	1793.96	295.34
15	128.14	1922.10	167.20

todos los valores reportados, excepto el año, son: M\$

Finalmente, para calcular la depreciación mensual promedio, tendremos:

$$\text{Depreciación mensual promedio} = 128.14/12 = \underline{10.68 \text{ M\$}}$$

SUBTOTAL B.1                      10.68 M\$

### B.2 Seguros.

Para este tipo de plantas se considera, para cobertura de seguros, 20 al millar de la inversión fija/año, por tanto, este gasto será:

$$\text{Seguros} = \frac{2089.3 \times 20}{1000 \times 12} = \underline{3.48 \text{ M\$}}$$

SUBTOTAL B.2 3.48 M\$

### B.3 Contribuciones.

Este punto se refiere a los impuestos estatales y federales de los que puede ser objeto la empresa, pero principalmente del impuesto predial, que se estima como el 2% sobre el valor catastral de la inversión en terreno y construcción, que normalmente, esta muy por debajo del valor comercial, para efectos de cálculo, tomaremos el valor comercial, por tanto:

$$\text{Contribuciones} = \frac{775 \times 0.02}{12} = \underline{1.29 \text{ M\$}}$$

SUBTOTAL B.3 1.29 M\$

### B.4 Gastos financieros.

Este concepto involucra el pago de intereses y capital que fué pedido por la empresa a alguna o algunas instituciones de crédito, bajo ciertas condiciones de pago, que varían de institución a institución, y que para este proyecto se considerará: La obtención de un crédito por 3,000 M\$, bajo las siguientes condiciones: pagaderos a 5 años, con un año de gracia y pagando el 40% de intereses sobre saldos insolutos. Dado que bajo estas condiciones, que son las reales y que se mostraran en la tabla de flujo de efectivo, no es factible obtener un factor, para aplicarse en el costo de producción, para fines de cálculo, consideraremos el pago del

total, capital más intereses, dividido en partes iguales, durante la vida total del proyecto, por tanto, tendremos:

<u>Año</u>	<u>Cargo M\$</u>	<u>Saldo M\$</u>
1	1200	3000
2	1800	2400
3	1560	1800
4	1320	1200
5	1080	600
6	<u>840</u>	0
TOTAL	7800	

Gastos financieros =  $\frac{7800}{15 \times 12} =$  43.33 M\$

SUBTOTAL B.A 43.33 M\$

GASTOS FIJOS TOTAL "B" 58.78 M\$

C.- Gastos generales.

C.1 Mano de obra indirecta.

a) Director planta: 1 X 15 X 1.5 =	22.50 M\$
b) Gerente planta: 1 X 8 X 1.5 =	12.00 M\$
c) Gerente operaciones: 1 X 5 X 1.5 =	7.50 M\$
d) Contralor general: 1 X 3 X 1.5 =	4.50 M\$
e) Superintendente de produc. = 1 X 3 X 1.5 =	4.50 M\$
f) Auxiliar de contabilidad: 1 X 1.5 X 1.5 =	2.25 M\$
g) Secretaria: 2 X 0.9 X 1.5 =	2.70 M\$
h) Chofer: 1 X 0.8 X 1.7 =	1.36 M\$
i) Vigilancia: 4 X 0.8 X 1.7 =	5.44 M\$
j) Intendencia: 1 X 0.5 X 1.7 =	<u>0.85 M\$</u>
<u>SUBTOTAL C.1</u>	63.60 M\$

Nota: todos los segundos valores son salarios promedio y los factores 1.7 y 1.5 se utilizaron para considerar prestaciones.

## C.2 Gastos de administración.

Para este tipo de plantas productivas, este concepto se estima como: el 25% de la suma de los gastos por mano de obra directa, supervisión y mantenimiento, por tanto, tendremos:

$$\text{Gastos admon.} = (41.31 + 14.25 + 2.21)(0.25) = \underline{14.44 \text{ M\$}}$$

SUBTOTAL C.2 14.44 M\$

## C.3 Gastos de venta.

Por el tipo de producto a elaborar y el giro comercial de la empresa, para el cálculo de este gasto se recomienda considerarlo como: el 0.6% de los gastos directos de planta, por tanto, tendremos:

$$\text{Gastos de venta} = 0.006 \times 963.11 = \underline{5.78 \text{ M\$}}$$

SUBTOTAL C.3 5.78 M\$

## C.4 Imprevistos.

Este rubro se estima como el 0.4% de los gastos directos de la planta, según la experiencia reportada en publicaciones especializadas, por tanto, tendremos:

$$\text{Imprevistos} = 0.004 \times 963.11 = \underline{3.85 \text{ M\$}}$$

SUBTOTAL C.4 3.85 M\$

GASTOS GENERALES TOTAL "C" 87.67 M\$

$$\underline{\text{COSTO DE PRODUCCION}} = (A + B + C) = \underline{1109.56 \text{ M\$}}$$

Si el costo de producción obtenido, lo dividimos entre el total de Kilogramos producidos en un mes (212850), obtendremos el costo de producción unitario, por tanto:

$$\text{COSTO UNITARIO} = \frac{1109.56 \times 10^6}{212850} = 5212.87 \text{ \$/Kg Al aleado}$$

y que puesto en DLLS US/Kg es: 1.8617

#### 4.3.iii Definición del precio de venta.

De la investigación realizada en Volkswagen de México, se obtuvieron los siguientes precios de compra, de lingote de primera fusión sin alealear (ALUMSA), y de lingote aleado. Todos los precios son con el producto puesto en la planta de Volkswagen:

PROVEEDOR	PRECIO (DLS US/Kg)
ALUMSA	2.2426
Estafos y sus derivados S.A.	2.3368
Metales y aleaciones especiales S.A.	2.3809
Wabash (importación)	2.4382

Con esta información y teniendo en mente el objetivo secundario del proyecto, es decir, eliminar las importaciones de lingote aleado, se propone como precio de venta, el precio promedio de los anteriormente listados, que sería: 2.3496 DLS -- US/Kg, que resulta el segundo mejor precio del lingote aleado de aluminio para Volkswagen.

Ahora con estas bases y datos, podemos proceder a calcular el capital de trabajo necesario para este proyecto y que esta formado por:

- 4.3.1 Inventario de materia prima,
- 4.3.2 Inventario de producto terminado,
- 4.3.3 Cuentas por cobrar,
- 4.3.4 Cuentas por pagar (corto plazo), y
- 4.3.5 Cajas y bancos.

#### 4.3.1 INVENTARIO DE MATERIA PRIMA.

Para el cálculo de este concepto, los canones recomiendan tener un mes de material nacional y dos meses de material de importación. Pero dado que existe facilidad para adquirir la materia prima de importación, en los E.E.U.U. y que el

costo del inventario se elevaría demasiado, se considera pertinente tener sólo un mes de inventario para toda la materia prima, y por tanto, tendremos:

a) Chatarra: 188 X 3.1578 =	593.67 M\$
b) Lingote primario: 43 X 6.2647 =	269.38 M\$
c) Metales para alear: 0.03 X 863.05 =	<u>25.89 M\$</u>
<b>SUBTOTAL 4.3.1</b>	<b>888.94 M\$</b>

#### 4.3.2 INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO.

En lo que respecta a este punto, no se recomienda tener producto terminado en planta, todo lo contrario, desplazarlo lo más rápido posible, a su destino final, es decir, entregarlo al cliente, por lo cual, se tendrá como inventario máximo una semana, que es el producto que se acumulara para enviarse posteriormente al cliente, por lo que:

Lingote aleado: 0.25 X 212.85 X 5.21024 =	<u>277.25 M\$</u>
<b>SUBTOTAL 4.3.2</b>	<b>277.25 M\$</b>

#### 4.3.3 CUENTAS POR COBRAR.

Dada la situación económica en nuestro país, es muy difícil, sino es que imposible, tener negociaciones de contado que inicialmente sería lo más adecuado, para el sano desarrollo de la empresa. Dada la importancia de este punto, y considerando que la política de pagos en Volkswagen es a 30 días, - se propone este plazo como máximo, de lo que resulta:

Cuentas por cobrar: 212.85 X 6.57888 =	<u>1400.31 M\$</u>
<b>SUBTOTAL 4.3.3</b>	<b>1400.31 M\$</b>

#### 4.3.4 CUENTAS POR PAGAR (CORTO PLAZO).

Las cuentas por pagar representan bienes, servicios etc., que estan disponibles para la utilización mediata en la planta, pero que todavía no se han pagado, tales como: mano de obra directa e indirecta, materiales no considerados en inven-

tarios, y servicios como: energía eléctrica, gas, telefono, — etc., que tendran que liquidarse antes de que la planta, comience a generar capital para mantener su operación. Para el — proyecto en cuestión se considera prudente tener una previsión de los gastos de operación para dos meses, que sería: el costo de producción menos los conceptos por depreciación, gastos financieros e imprevistos y obviamente materia prima ya considerada en inventario de la misma, por lo que tendremos:

$B.1 + B.4 + C.4 + A.1 = 10.68 + 43.33 + 3.85 + 888.94 = 946.80$   
de donde:

Cuentas por pagar:  $(1109.56 - 946.80) \times 2 = \underline{325.52 \text{ M\$}}$   
SUBTOTAL 4.3.4 325.52 M\$

#### 4.3.5 CAJAS Y BANCOS.

Para este rubro los canones marcan se disponga del 1% en efectivo de un mes venta, lo que resulta:

Cajas y bancos:  $0.01 \times 1400.31 = \underline{14.00 \text{ M\$}}$   
SUBTOTAL 4.3.5 14.00 M\$

Por tanto, el capital de trabajo será:

Inventario de materia prima =	888.94 M\$
Inventario de producto terminado =	277.25 M\$
+ Cuentas por cobrar =	1400.31 M\$
Cuentas por pagar =	325.52 M\$
<u>Cajas y bancos =</u>	<u>14.00 M\$</u>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>= 2906.02 M\$</b>

Ya calculados el capital de trabajo y la inversión fija — requeridos para la instalación y arranque de la planta, se pasara a calcular la inversión total y el punto de equilibrio para la misma.

#### 4.4 Inversión total y cálculo del punto de equilibrio.

La inversión total requerida para la instalación de la planta son los gastos necesarios para iniciar la operación de la misma, y la forman: la inversión fija y el capital de trabajo. Por tanto, tendremos:

+	INVERSION FIJA	2089.30 M\$
	<u>CAPITAL DE TRABAJO</u>	<u>2906.02 M\$</u>
	INVERSION TOTAL	4995.32 M\$

y la cual se formara de la siguiente forma:

INVERSION TOTAL	4995.32 M\$
CREDITO BANCARIO	3000.00 M\$
EMPRESARIOS	1995.32 M\$

#### Punto de equilibrio.

El punto de equilibrio se define como el porcentaje de la capacidad de una planta productiva en el que los ingresos de la misma, son iguales a la suma de los gastos fijos y variables, es decir, a sus egresos. Por tanto, es el porcentaje de la capacidad, para el cual la empresa no gana ni pierde.

Para determinar el punto de equilibrio, debemos reagrupar los gastos, ya calculados en los subcapítulos precedentes, a saber, en dos grupos que son:

- 1) Gastos fijos y
- ii) Gastos variables.

y además, obtener los ingresos por operación, todo en una misma base de tiempo. Por tanto, para este fin, tomaremos como base: un mes 100% de capacidad productiva, y con el total de la misma vendida, de lo que obtenemos: (todos los valores reportados son millones de pesos):

GASTOS FIJOS

a) Mano de obra directa:	41.31
b) Supervisión:	14.25
c) Mano de obra indirecta:	63.60
d) Mantenimiento:	2.21
e) Depreciación:	10.68
f) Seguros:	3.48
g) Contribuciones:	1.29
h) Gastos financieros:	43.33
i) 50% Imprevistos:	<u>1.93</u>
<b>TOTAL DE GASTOS FIJOS:</b>	<b>182.08</b>

GASTOS VARIABLES

a) Materia prima:	888.94
b) Servicios:	14.93
c) Gastos de operación: (A.6 + A.7 + C.3)	7.25
d) Gastos de administración:	14.44
e) Impuestos (I.S.R.): (mes venta - costo prod.)	122.12
f) 50% Imprevistos:	<u>1.93</u>
<b>TOTAL DE GASTOS VARIABLES:</b>	<b>1049.61</b>

INGRESOS POR OPERACION

- a) Producción mensual = 212.85 Ton
- b) Precio propuesto = 2349.60 DLLS US/Ton
- c) Paridad: 1 DLLS US = 2800.00 pesos mexicanos

por tanto:

$$\text{INGRESOS OPERACION} = \frac{212.85 \times 2349.60 \times 2800}{1 \times 10^6} = 1400.31 \text{ M\$/mes}$$

Para obtener el porcentaje de la capacidad de producción en el punto de equilibrio, usaremos la ecuación:

$$R = \frac{A_{TFE}}{C_s - C_{TVE}}$$

donde:

R = capacidad en punto de equilibrio

A<sub>TVE</sub> = gastos fijos

C<sub>s</sub> = ingresos por operación

C<sub>TVE</sub> = gastos variables

sustituyendo estos valores:

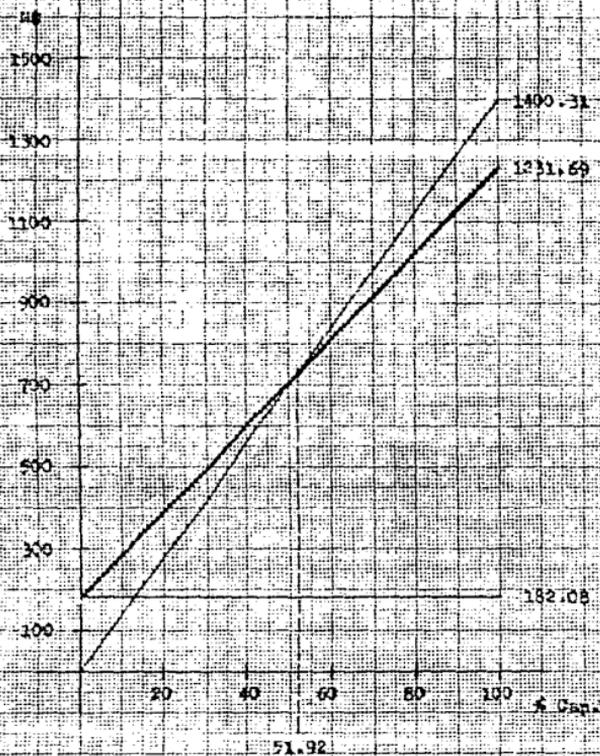
$$R = \frac{182.08}{1400.31 - 1049.61} = 0.5192$$

que expresado como porcentaje sería:

$$\text{Capacidad en punto de equilibrio} = 51.92\%$$

Esto mismo, representado gráficamente, lo podemos observar en la gráfica III.

GRAFICA-III

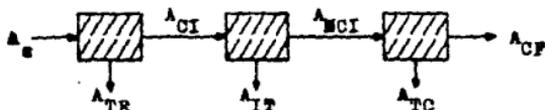


Capacidad en punto de equilibrio = 51.924

GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO

#### 4.5 Cálculo de los indicadores económicos.

Una vez que se han obtenido los valores de la inversión total y el costo unitario de producción, indispensables para el establecimiento de la planta, se estimaran las utilidades que puede generar la misma, porque aunque se dispone de muchas medidas para evaluar el crecimiento rentable de una empresa, la más sana, en principio, parece ser la máxima sación de utilidades en relación con la inversión utilizada. Primeramente se calculará el flujo de efectivo para cada período de la vida útil del proyecto, para ello se analizará el siguiente diagrama del flujo de efectivo:



donde:

$A_s$ : Ventas netas (05 + 09)

$A_{TE}$ : Costos y gastos de producción totales (06 + 07)

$A_{CI}$ : Ingreso efectivo bruto o gravable (10)

$A_{IT}$ : Impuestos (11)

$A_{NCI}$ : Ingreso efectivo neto (12)

$A_{TC}$ : Gastos de capital (Inversión total) (01 + 02 + 03 + 04)

$A_{CF}$ : Flujo de efectivo (13)

Nota: los números entre paréntesis son únicamente referencia a renglones de la tabla de estados de resultados anuales.

de este diagrama se deducen las siguientes ecuaciones:

$$A_{CI} = A_s - A_{TE} \dots\dots\text{ecua. (1)}$$

$$A_{NCI} = A_{CI} - A_{IT} \dots\dots\text{ecua. (2)}$$

$$A_{CF} = A_{NCI} - A_{TC} \dots\dots\text{ecua. (3)}$$

a las ecuaciones anteriores, podemos añadir una más, que no se deduce del diagrama, y que es:

$$A_{IT} = (A_{CI} - A_D) t \dots \text{ecua. (4)}$$

donde:

$A_D$ : Depreciación promedio por período.

t: Tasa tributaria (ISR).

Sustituyendo valores en estas ecuaciones y considerando que, se presupuesta que la construcción e instalación de la planta, se efectuará en los primeros 4 meses del primer período del proyecto, que el primer mes de operación (arranque de planta) se tendrá un aprovechamiento del 30% de la capacidad instalada, que el segundo mes de operación (puesta a punto) la planta lograra un 70% de aprovechamiento de su capacidad y que el resto del primer período, es decir, 6 meses, la planta operará al 100% de su capacidad, y que por lo que toca del segundo período en adelante, de la vida útil del proyecto, se considerará la planta operando al 100% de capacidad, y que todo el producto manufacturado es desplazado al mercado, y finalmente que la tasa tributaria aplicable es -- del 42%, se obtienen los datos presentados en la tabla de -- estado de resultados anuales o de flujo de efectivo del proyecto; que a continuación se presenta (tabla IX).

Ya calculados los flujos de efectivo para cada uno de los períodos, se determina, la utilidad anual promedio, cuya expresión algebraica es:

$$\bar{U}_n = \frac{\sum_{i=0}^n U_i}{n}$$

donde:

$\bar{U}_n$ : Utilidad anual promedio

$U_i$ : Flujo de efectivo por período

**TABLA IX**

**TABLA DE ESTADO DE RESULTADOS ANUALES O DE FLUJO DE EFECTIVO**

(todas las cantidades estan expresadas en millones de pesos)

CONCEPTOS/AÑOS	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997/2004	2005
01 Ingeniería y contingencias	-246.30							
02 Construcción:								
- Terreno	-125.00							
- Construcción	-785.00							
03 Equipo y herramientas:								
- Productivos	-878.00							
- Administrativos	-55.00							
<b><u>INVERSION FIJA</u></b>	<b>(2089.30)</b>							
04 Capital de trabajo	-2906.02							
<b><u>GASTOS DE CAPITAL (INV. TOTAL)</u></b>	<b>(4995.32)</b>							
05 Ventas netas	8401.86	16803.72	16803.72	16803.72	16803.72	16803.72	16803.72	16803.72
06 Costos de operación	-7516.99	-12666.72	-12666.72	-12666.72	-12666.72	-12666.72	-12666.72	-11611.16
07 Gastos financieros	-1200.00	-1800.00	-1560.00	-1320.00	-1080.00	-840.00		
<b><u>COSTOS Y GASTOS DE PRODUCCION</u></b>	<b>(8716.99)</b>	<b>(14466.72)</b>	<b>(14226.72)</b>	<b>(13986.72)</b>	<b>(13746.72)</b>	<b>(13506.72)</b>	<b>(12666.72)</b>	<b>(11611.16)</b>
08 Depreciación	-128.14	-128.14	-128.14	-128.14	-128.14	-128.14	-128.14	-128.14
09 Precio de rescate								167.20
10 Ingreso efectivo bruto	-315.13	2337.00	2577.00	2817.00	3057.00	3297.00	4137.00	5359.76
11 Impuestos (I.S.R. 42%)		-927.72	-1028.52	-1129.32	-1230.12	-1330.92	-1683.72	-2197.28
12 Ingreso efectivo neto	-315.13	1409.28	1548.48	1687.68	1826.88	1966.08	2453.28	3162.48
13 FLUJO DE EFECTIVO	-5310.45	1409.28	1548.48	1687.68	1826.88	1966.08	2453.28	3162.48

n: número de períodos

sustituyendo valores, se tiene:

$$\bar{U}_n = \frac{25916.67}{15} = 1727.78 \text{ M\$}$$

Es evidente que las utilidades son la meta de las inversiones en cualquier empresa y aun cuando hay muchas otras, es la única cuantificable y, por ende, útil para la evaluación económica, como ya se había mencionado. No obstante, no basta con la maximización de las utilidades. El objetivo real consiste en mejorar la "eficiencia" en la producción de utilidades a partir de una unidad de inversión en una empresa o una instalación de producción. La razón que relaciona las utilidades anuales promedio ( $\bar{U}_n$ ) con la inversión total ( $C_{TC}$ ), en alguna forma, se denomina: Tasa de recuperación sobre la inversión original ( $T_r$ ) y que expresada en porciento, tiene la siguiente expresión algebraica:

$$T_r = \frac{\bar{U}_n}{C_{TC}} \times 100$$

sustituyendo valores, se tendrá:

$$T_r = \frac{1727.78}{4995.32} \times 100 = 34.59\%$$

Se determinara ahora, el tiempo de recuperación de la inversión ( $t_r$ ), que se define como: los años necesarios para recuperar la inversión depreciable original a partir de las utilidades anuales promedio, y que expresado algebraicamente, -- tiene la siguiente forma:

$$t_r = \frac{C_{FC}}{\bar{U}_n}$$

donde:

$C_{FC}$ : Inversión fija

y sustituyendo valores, se tiene:

$$t_r = \frac{2389.32}{1727.78} = 1.21 \text{ años}$$

Como es sabido por todo el mundo, el poder adquisitivo - de la moneda (dinero) se ve disminuído conforme transcurre el tiempo, en razón de una serie de factores relacionados por un lado, con la oferta y la demanda de productos o artículos; y por otro lado, con el exceso de circulante en la economía.

Por estas razones, cuando se trata de analizar inversiones que por ser tales permanecen en el tiempo ya sea corto, - mediano o largo plazo, es conveniente "traer" a valor actual las corrientes de flujos de efectivo que se espera correspondan en futuros años a la inversión que está siendo objeto de análisis, para así estar en disposición de comparar valores - actuales con el mismo poder adquisitivo que los relacionados con los recursos a ser destinados en la misma inversión.

Para lograr lo anterior, se hace indispensable utilizar factores de interes compuesto (valor actual), que nos permitan lograr los cometidos antes mencionados.

Estos factores de valor actual son aplicables en los métodos de análisis de la técnica conocida como "flujo de efectivo descontado" (FED), que comprende a la Tasa Interna de Recuperación (TIR) y al Valor Presente Neto (VPN).

De los dos indicadores mencionados, primeramente se estimará la tasa interna de recuperación, que se define como: la tasa de interés que ocasiona una recuperación exacta de la inversión al final de la vida útil del proyecto, más un retorno sobre la inversión no recuperada durante el proyecto, y la - cual requiere una solución por tanteos (existen calculadoras financieras que ya contienen en memoria un programa para su - cálculo). Para el proyecto se utilizo el método de tanteos, -

aplicando para cada período, la siguiente expresión algebraica:

$$P(i) = \sum_{j=0}^n \frac{A_{CF_j}}{(1+i)^j}$$

donde:

$A_{CF_j}$ : Flujo de efectivo en el período "j"

i: Tasa de interés que hace que el valor presente se haga cero (TIR)

j: Período del proyecto

sustituyendo valores y operando la ecuación, obtenemos:

$$TIR = i = 33.346\%$$

De los cálculos realizados para obtener este valor, únicamente, se presenta la tabla solución (método de tanteos), - tabla X, que presenta 7 columnas, que a saber son:

j: Período del proyecto

A: P<sub>j</sub> (valor de P en el período "j")

B:  $\sum P_j$  (acumulación de los valores de P)

C: Inversión no recuperada al principio del período j

D: Interés ganado sobre la inversión no recuperada del período j al j+1

E: Flujo de efectivo al final del período j

F: Inversión no recuperada al principio del período j+1

Todos los valores reportados en la tabla X, que se muestra a continuación, están expresados en millones de pesos, - excepto la primer columna que se refiere a los períodos del - proyecto (años).

TABLA X

TABLA SOLUCION (método tanteos)

J	A	B	C	D	E	F
01	-5310.45	-5310.45	---	---	-5310.45	-5310.45
02	1056.86	-4253.59	-5310.45	-1770.81	1409.28	-5671.98
03	870.85	-3382.74	-5671.98	-1891.36	1548.48	-6014.86
04	711.79	-2670.95	-6014.86	-2005.70	1687.68	-6332.88
05	577.82	-2093.13	-6332.88	-2111.74	1826.88	-6617.74
06	466.34	-1626.79	-6617.74	-2206.73	1966.08	-6858.39
07	436.38	-1190.41	-6858.39	-2286.98	2453.28	-6692.09
08	327.26	-863.15	-6692.09	-2231.52	2453.28	-6470.33
09	245.42	-617.73	-6470.33	-2157.57	2453.28	-6174.62
10	184.05	-433.68	-6174.62	-2058.97	2453.28	-5780.31
11	138.02	-295.66	-5780.31	-1927.48	2453.28	-5254.51
12	103.51	-192.15	-5254.51	-1752.15	2453.28	-4553.38
13	77.62	-114.53	-4553.38	-1518.36	2453.28	-3618.46
14	58.23	-56.30	-3618.46	-1206.60	2453.28	-2371.78
15	56.30	0.00	-2371.78	-790.70	3162.48	0.00

Ahora toca estimar el indicador de rentabilidad que se conoce como valor presente neto, en el que se utilizan factores de interés compuesto, como ya se había mencionado, para acumular o descontar todos los flujos de efectivo a su valor equivalente en el tiempo cero, utilizando el índice mínimo aceptable de beneficio como tasa de interés, que para el proyecto se considera igual a la tasa de inflación promedio anual: 20% (Indicadores económicos Banco de México, junio 1990, Dirección de Investigación Económica).

Para el cálculo de este indicador debe considerarse la ecuación de equivalencia general del valor del dinero en el

tiempo, y que esta expresada como:

$$F = P(1 + i)^n$$

donde:

P: Capital presente

F: Capital futuro equivalente al capital presente

n: Número de períodos de capitalización

i: Tasa de valor del capital

Por tanto, si consideramos la acumulación de flujos de efectivo descontado, tendremos que la ecuación para cálculo del indicador será:

$$P_0 = \sum_{j=0}^n \frac{P_j}{(1+i)^j}$$

donde al sustituir valores se obtiene la tabla de flujos de efectivo descontados, tabla XI, que a continuación se presenta y que contiene cinco columnas, cuyos conceptos son:

- j: Período del proyecto

-  $A_{CF}$ : Flujo de efectivo para el período "j"

-  $\sum A_{CF}$ : Acumulación del flujo de efectivo al período "j"

-  $A_{DCF}$ : Flujo de efectivo descontado para el período "j"

-  $\sum A_{DCF}$ : Acumulación del flujo de efectivo descontado al período "j"

Finalmente, después de establecer un criterio para aceptación o rechazo del proyecto, con los indicadores económicos presentados y aprovechando el resultado, que se obtuvo del valor presente neto, calculemos el "Índice de rentabilidad" que es la resultante obtenida al comparar el valor presente de los flujos de efectivo con el importe de la inversión, este -

TABLA XITabla de flujos de efectivo descontado (i = 20%)

J	$A_{CP}$	$\sum A_{CP}$	$A_{DCP}$	$\sum A_{DCP}$
0	-5310.45	-5310.45	-5310.45	-5310.45
1	1409.28	-3901.17	1174.40	-4136.05
2	1548.48	-2352.69	1075.33	-3060.72
3	1687.68	- 665.01	976.67	-2084.05
4	1826.88	1161.87	881.02	-1203.03
5	1966.08	3127.95	790.12	- 412.91
6	2453.28	5581.23	821.60	408.69
7	2453.28	8034.51	684.67	1093.36
8	2453.28	10487.79	570.55	1663.91
9	2453.28	12941.07	475.46	2139.37
10	2453.28	15394.35	396.22	2535.59
11	2453.28	17847.63	330.18	2865.77
12	2453.28	20300.91	275.15	3140.93
13	2453.28	22754.19	229.29	3370.22
14	3162.48	25916.67	246.31	3616.53

Nota: todos los valores reportados en la tabla, estan dados -  
 en millones de pesos, excepto los de la primera columna  
 que son adimensionales.

parámetro representa el porcentaje de aumento respecto de la  
 suma invertida:

$$IR = \frac{8611.85}{4995.32} = 1.72398$$

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

El aluminio es un material, que por sus características y propiedades siempre estará vigente en diversas aplicaciones industriales y comerciales, y por tanto, sera siempre una materia prima importante para la economía de cualquier país. — Por otra parte, como ya se menciona en este trabajo, nuestro país no cuenta con yacimientos de minerales de los que pueda extraerse, economicamente, aluminio y aunado a esto, el proceso utilizado mundialmente para su obtención, tiene como uno de sus requerimientos básicos: un alto consumo de energía eléctrica, para la cual nuestro país tiene un precio, comparativamente, alto. Por lo cual se hace importante pensar en la recuperación de dicho material, tarea que en muchos países — del orbe ya se realiza.

Por otro lado, y en términos generales, se puede considerar que los procesos de producción de este sector, en nuestro país, cuentan con una tecnología entre regular y obsoleta; y que en la mayoría de los casos, requieren de equipos más modernos y de una eficiente promoción a la reconversión industrial. Obviamente en las empresas con un grado tecnológico casi artesanal, la mayor parte de las existentes, la reconversión es prácticamente imposible. Por ello, el instalar una planta para este sector, con el proceso descrito en este trabajo, sería altamente beneficioso para esta industria y para el país, dado que se obtendría material de calidad interna—

cional y aun más importante, con precio internacional, con lo cual se reduciría la adquisición de importaciones por este -- concepto, con el respectivo ahorro de divisas para el país, -- además de mantener a la vanguardia este sector industrial.

Con las fronteras abiertas al libre comercio, y por ello a la importación de chatarra, es altamente probable que este sector pueda desarrollarse en gran medida, como ya lo ha hecho en los países industrializados. Además como se puede observar en los indicadores económicos calculados, el proyecto tiene una alta factibilidad financiera, aunado al hecho de -- que existe un mercado tanto nacional como internacional, que no ha sido cubierto en su totalidad, por productores nacionales o internacionales.

Por todo lo anteriormente expuesto, y como resultado del propio trabajo y su objetivo primario, se puede considerar -- que una planta recicladora o recuperadora de aluminio, para -- producir lingotes de aleaciones específicas del mismo, es altamente viable, desde cualquier punto, en este momento en --- nuestro país.

Por lo cual, es mi mejor deseo, que este trabajo pueda -- servir, como estudio preeliminar, para que alguna empresa o -- empresario mexicano, se interese en el proyecto, lo complemente y se logre establecer una industria de esta naturaleza en nuestro país.

APENDICE

TABLA A

Clasificación y composición de las aleaciones de aluminio  
registradas por la Asociación del Aluminio.

<u>Aleación</u>	<u>Si</u>	<u>Fe</u>	<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>Mg</u>	<u>Cr</u>	<u>Ni</u>	<u>Zn</u>	<u>Sn</u>	<u>Ti</u>	<u>Otros.</u>
201.1	0.10	0.15	4.0-5.2	0.20-0.50	0.15-0.55	-----	-----	-----	-----	0.15-0.35	(o)
A201.0	0.05	0.10	4.0-5.0	0.20-0.40	0.15-0.35	-----	-----	-----	-----	0.15-0.35	(o)
B201.0	0.05	0.05	4.5-5.0	0.20-0.50	0.25-0.35	-----	-----	-----	-----	0.15-0.35	(d)
202.0	0.10	0.15	4.0-5.2	0.20-0.80	0.15-0.55	0.20-0.60	-----	-----	-----	0.15-0.35	(o)
203.0	0.30	0.50	4.5-5.5	0.20-0.30	0.10	-----	1.30-1.70	0.10	-----	0.15-0.25(e)	(f)
204.0	0.20	0.35	4.2-5.0	0.10	0.15-0.35	-----	0.05	0.10	0.05	0.15-0.30	---
206.0	0.10	0.15	4.2-5.0	0.20-0.50	0.15-0.35	-----	0.05	0.10	0.05	0.15-0.30	---
A206.0	0.05	0.10	4.2-5.0	0.20-0.50	0.15-0.35	-----	0.05	0.10	0.05	0.15-0.30	---
208.0	2.5-3.5	1.20	3.5-4.5	0.50	0.10	-----	0.35	1.00	-----	0.25	---
213.0	1.0-3.0	1.20	6.0-8.0	0.60	0.10	-----	0.35	2.50	-----	0.25	---
222.0	2.0	1.50	9.2-10.7	0.50	0.15-0.35	-----	0.50	0.80	-----	0.25	---
224.0	0.06	0.10	4.5-5.5	0.20-0.50	-----	-----	-----	-----	-----	0.35	(g)
238.0	3.5-4.5	1.50	9.0-11.0	0.60	0.15-0.35	-----	1.00	1.50	-----	0.25	---
240.0	0.50	0.50	7.0-9.0	0.30-0.70	5.50-6.50	-----	0.30-0.70	0.10	-----	0.20	---
242.0	0.70	1.00	3.5-4.5	0.35	1.20-1.80	0.25	1.70-2.30	0.35	-----	0.25	---
A242.0	0.60	0.80	3.7-4.5	0.10	1.20-1.70	0.15-0.25	1.80-2.30	0.10	-----	0.07-0.20	---
243.0	0.35	0.40	3.5-4.5	0.15-0.45	1.80-2.30	0.20-0.40	1.90-2.30	0.05	-----	0.06-0.20	(h)
249.0	0.05	0.10	3.8-4.6	0.25-0.50	0.25-0.50	-----	-----	2.5-3.5	-----	0.02-0.35	---
295.0	0.7-1.5	1.00	4.0-5.0	0.35	0.03	-----	-----	0.35	-----	0.25	---
296.0	2.0-3.0	1.20	4.0-5.0	0.35	0.05	-----	0.35	0.50	-----	0.25	---
305.0	4.5-5.5	0.60	1.0-1.5	0.50	0.10	0.25	-----	0.35	-----	0.25	---
A305.0	4.5-5.5	0.20	1.0-1.5	0.10	0.10	-----	-----	0.10	-----	0.20	---

Alención	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Otros.
308.0	5.0-6.0	1.00	4.0-5.0	0.50	0.10	-----	-----	1.00	----	0.25	---
319.0	5.5-6.5	1.00	3.0-4.0	0.50	0.10	-----	0.35	1.00	----	0.25	---
A319.0	5.5-6.5	1.00	3.0-4.0	0.50	0.10	-----	0.35	3.00	----	0.25	---
B319.0	5.5-6.5	1.20	3.0-4.0	0.80	0.10-0.50	-----	0.50	1.00	----	0.25	---
320.0	5.0-8.0	1.20	2.0-4.0	0.80	0.05-0.60	-----	0.35	3.00	----	0.25	---
324.0	7.0-8.0	1.20	0.4-0.6	0.50	0.40-0.70	-----	0.30	1.00	----	0.20	---
328.0	7.5-8.5	1.00	1.0-2.0	0.20-0.60	0.20-0.60	0.35	0.25	1.50	----	0.25	---
332.0	8.5-10.5	1.20	2.0-4.0	0.50	0.50-1.50	-----	0.50	1.00	----	0.25	---
333.0	8.0-10.0	1.00	3.0-4.0	0.50	0.05-0.50	-----	0.50	1.00	----	0.25	---
A333.0	8.0-10.0	1.00	3.0-4.0	0.50	0.05-0.50	-----	0.50	3.00	----	0.25	---
336.0	11.0-13.0	1.20	0.5-1.5	0.35	0.70-1.30	-----	2.00-3.00	0.35	----	0.25	---
339.0	11.0-13.0	1.20	1.5-3.0	0.50	0.50-1.50	-----	0.50-1.50	1.00	----	0.25	---
343.0	6.7-7.7	1.20	0.5-0.9	0.50	0.10	0.10	-----	1.2-2.0	0.50	----	---
354.0	8.6-9.4	0.20	1.6-2.0	0.10	0.40-0.60	-----	-----	0.10	----	0.20	---
355.0	4.5-5.5	0.60(1)	1.0-1.5	0.50(1)	0.40-0.60	0.25	-----	0.35	----	0.25	---
A355.0	4.5-5.5	0.09	1.0-1.5	0.05	0.45-0.60	-----	-----	0.05	----	0.04-0.20	---
C355.0	4.5-5.5	0.20	1.0-1.5	0.10	0.40-0.60	-----	-----	0.10	----	0.20	---
356.0	6.5-7.5	0.60(1)	0.25	0.35(1)	0.20-0.45	-----	-----	0.35	----	0.25	---
A356.0	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.25-0.45	-----	-----	0.10	----	0.20	---
B356.0	6.5-7.5	0.09	0.05	0.05	0.25-0.45	-----	-----	0.05	----	0.04-0.20	---
C356.0	6.5-7.5	0.07	0.05	0.05	0.25-0.45	-----	-----	0.05	----	0.04-0.20	---
F356.0	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.17-0.25	-----	-----	0.10	----	0.04-0.20	---
357.0	6.5-7.5	0.15	0.05	0.03	0.45-0.60	-----	-----	0.05	----	0.20	---
A357.0	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.40-0.70	-----	-----	0.10	----	0.04-0.20	(j)
B357.0	6.5-7.5	0.09	0.05	0.05	0.40-0.60	-----	-----	0.05	----	0.04-0.20	---
C357.0	6.5-7.5	0.09	0.05	0.05	0.45-0.70	-----	-----	0.05	----	0.04-0.20	(j)
D357.0	6.5-7.5	0.20	-----	0.10	0.55-0.60	-----	-----	-----	----	0.10-0.20	(j)
358.0	7.6-8.6	0.30	0.20	0.20	0.40-0.60	0.20	-----	0.20	----	0.10-0.20	(k)
359.0	8.5-9.5	0.20	0.20	0.10	0.50-0.70	-----	-----	0.10	----	0.20	---

<u>Alenación</u>	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	otros.
360.0	9.0-10.0	2.00	0.60	0.35	0.40-0.60	-----	0.50	0.50	0.15	----	----
A360.0	9.0-10.0	1.30	0.60	0.35	0.40-0.60	-----	0.50	0.50	0.15	----	----
361.0	9.5-10.5	1.10	0.50	0.25	0.40-0.60	0.20-0.30	0.20-0.30	0.50	0.10	0.20	----
363.0	4.5-6.0	1.10	2.5-3.5	(1)	0.15-0.40	(1)	0.25	3.0-4.5	0.25	0.20	(m)
364.0	7.5-9.5	1.50	0.20	0.10	0.20-0.40	0.25-0.50	0.15	0.15	0.15	----	(n)
369.0	11.0-12.0	1.30	0.50	0.35	0.25-0.45	0.30-0.40	0.05	1.00	0.10	----	----
380.0	7.5-9.5	2.00	3.0-4.0	0.50	0.10	-----	0.50	3.00	0.35	----	----
A380.0	7.5-9.5	1.30	3.0-4.0	0.50	0.10	-----	0.50	3.00	0.35	----	----
B380.0	7.5-9.5	1.30	3.0-4.0	0.50	0.10	-----	0.50	3.00	0.35	----	----
383.0	9.5-11.5	1.30	2.0-3.0	0.50	0.10	-----	0.30	3.00	0.15	----	----
384.0	10.5-12.0	1.30	3.0-4.5	0.50	0.10	-----	0.50	3.00	0.35	----	----
A384.0	10.5-12.0	1.30	3.0-4.5	0.50	0.10	-----	0.50	1.00	0.35	----	----
385.0	11.0-13.0	2.00	2.0-4.0	0.50	0.30	-----	0.50	3.00	0.30	----	----
390.0	16.0-18.0	1.30	4.0-5.0	0.10	0.45-0.65	-----	----	0.10	----	0.20	----
A390.0	16.0-18.0	0.50	4.0-5.0	0.10	0.45-0.65	-----	----	0.10	----	0.20	----
B390.0	16.0-18.0	1.30	4.0-5.0	0.50	0.45-0.65	-----	0.10	1.50	----	0.20	----
392.0	18.0-20.0	1.50	0.4-0.8	0.20-0.60	0.80-1.20	-----	0.50	0.50	0.30	0.20	----
393.0	21.0-23.0	1.30	0.7-1.1	0.10	0.70-1.30	-----	2.00-2.50	0.10	----	0.10-0.20	(o)
413.0	11.0-13.0	2.00	1.00	0.35	0.10	-----	0.50	0.50	0.15	----	----
A413.0	11.0-13.0	1.30	1.00	0.35	0.10	-----	0.50	0.50	0.15	----	----
B413.0	11.0-13.0	0.50	0.10	0.35	0.05	-----	0.05	0.10	----	0.25	----
443.0	4.5-6.0	0.80	0.60	0.50	0.05	0.25	----	0.50	----	0.25	----
A443.0	4.5-6.0	0.80	0.30	0.50	0.05	0.25	----	0.50	----	0.25	----
B443.0	4.5-6.0	0.80	0.15	0.35	0.05	-----	----	0.35	----	0.25	----
C443.0	4.5-6.0	2.00	0.60	0.35	0.10	-----	0.50	0.50	0.15	----	----
444.0	6.5-7.5	0.60	0.25	0.35	0.10	-----	----	0.35	----	0.25	----
A444.0	6.5-7.5	0.20	0.10	0.10	0.05	-----	----	0.10	----	0.20	----
511.0	0.3-0.7	0.50	0.15	0.35	3.50-4.50	-----	----	0.15	----	0.25	----
512.0	1.4-2.2	0.60	0.35	0.80	3.50-4.50	0.25	----	0.35	----	0.25	----

## BIBLIOGRAFIA

Aleaciones de aluminio.

Mondolfo L.P.

American Society for Metals (ASM). Structure and properties.

London, Butterworths 1976. (971 p.)

Aluminio - Aleaciones - Manuales.

American Society for Metals (ASM). Publication development - book on selection and fabrication of aluminum alloys.

Park Ohio: ASM 1978.

Aluminum viewed from within: An introduction into the metallurgy of aluminum fabrication.

Altenpohl Dusseldorf.

Aluminum Verlag, 1982. (225 p.)

Aluminum Standards & Data.

2da. Ed. New York, New York.

The Alumin 1969. (196 p.)

El Aluminio en Latinoamérica.

Trabajos, discursos y conclusiones del Ier. Simposio Latinoamericano sobre aluminio.

México, OEA 1983. (443 p.)

Enciclopedia del aluminio.

Pierre Barrand y Robert Gadeau.

Bilbao: Urmo 1967, Vols.: 1, 2 y 3.

Ingeniería de proyectos para plantas de proceso.

H.E. Rase & M.H. Barrow.

C.E.C.S.A. 7a. Ed. México 1981.

Manual del Ingeniero Químico.

Robert H. Perry & Cecil H. Chilton.

5a. Ed. McGraw Hill.

Mechanisation of aluminum reduction plants.

A.S. Belisev, M.L. Bashkatov & O.K. Vostokov.

tr. D.E. Hayler.

Stonehouse, England, Metal Information Service 1972. (111 p.)

Metalurgia Especial.

Herengel Jean. tr. Javier Ma. Elustondo.

Bilbao, Urmo 1969 Vol. 1.

Thermomechanical processing of aluminum alloys.  
Proceeding of a Symposium, St. Louis, Missouri. Oct. 18, 1978  
James G. Morris.  
Warrendale, Pa., The Metallurgical Society of AIME 1979.

Manual del aluminio.  
Aluminio Industrial Mexicano, S.A.  
México, 1979. (264 p.)

A basic guide to design alloys finish casting processes.  
Premium quality casting characteristic. 3er. Ed.  
New York, American Foundrymen's Society 1978. (48 p.)

Aluminum : Past & Future.  
Yvonne Levy; Federal Reserve Bank of Sn Fco.  
Sn Fco. Calif. 1971. (64 p.)

Alumini directory.  
Economics Institute Alumini Directory.  
Boulder Colo. 1984.

Aluminum & aluminum alloys.  
Elwin L. Rooy.  
American Society for Metals publications development 1984.

Acuerdo que establece las actividades industriales prioritarias.  
Diario Oficial, Febrero 1986.

Decreto que establece los estímulos fiscales para fomentar -  
el empleo, la inversión en actividades industriales y el desarrollo regional.  
Diario Oficial, Febrero 1986.

Decreto por el que se establecen las zonas geográficas para  
la descentralización industrial y el otorgamiento de estímulos.  
Diario Oficial, Febrero 1986.

Melting Furnace.  
Induction furnace Ralph Y. Perbul, Asea Brown Boveri, Inc.  
Reverberatory furnace & Crucible furnace Avery Kearney & Co.  
American Society for Metals publication development 1984.

**Melting and casting of nonferrous metals.**

**Foundry melting of aluminum alloys & production of aluminum alloys casting.**

**The ASM Committee on production of aluminum alloys castings.**

**R.W. Dively, T.E. Kramer & Anthony V. Vecchiotti.**

**Metals Handbook, 8th. Ed., Vol. 5 ASM.**

**Foundry Melting of Aluminum Alloys.**

**Section VI: Melting and Casting.**