

0954

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA DEL  
ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTA SEMI-INTEGRADA  
PARA LA PRODUCCION DE ACEROS PLANOS  
EN COLOMBIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

ALBERTO ORTIZ CERTUCHA

MEXICO, D. F.

1966



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
Dirección  
Núm. 73-  
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

Al Pasante señor Alberto ORTIZ CERTUCHA  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Carlos Alonso de Florida, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero MECANICO ELECTRICISTA.

JUSTIFICACION TECNICA Y ECONOMICA DEL ESTABLECIMIENTO DE  
UNA PLANTA SEMI-INTEGRADA PARA LA PRODUCCION DE ACEROS  
PLANOS EN COLOMBIA

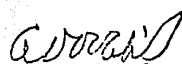
DESARROLLO:


- 1.- INTRODUCCION
- 2.- ESTUDIO DEL MERCADO
- 3.- PROGRAMA DE PRODUCCION
- 4.- VENTAJAS ECONOMICAS
- 5.- DESCRIPCION DEL EQUIPO
- 6.- COSTOS DE CONSTRUCCION
- 7.- COSTOS DE PRODUCCION Y PRECIOS DE VENTA
- 8.- ANALISIS FINANCIEROS
- 9.- SUMARIO."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F. 11 de Enero de 1965.  
EL DIRECTOR

  
Ing. Antonio Dovalí J.

  
ADJ'WHO'eag.

111795

## I N T R O D U C C I O N .

El objeto de esta tesis profesional es el de determinar la necesidad de crear una Empresa Siderúrgica Colombiana elaboradora de productos planos de acero, y de encontrar su justificación dentro del marco económico nacional de Colombia.

Una vez realizados estos objetivos, efectuaremos la selección y descripción del equipo necesario así como el balance de la predicable operación económica.

Existe una razón por la cual el autor de esta tesis ha localizado este estudio en Colombia. Mi decisión de buscar una especialización dentro de la Industria de Acero, ha hecho conectarme con una organización cuyo campo de acción abarca la elaboración de proyectos sobre plantas de acero.

Mis actividades dentro de esta firma han hecho familiarizarme con los métodos actuales mas aceptados para la fabricación de productos planos de acero, así como con los problemas económicos, potencialidades y deficiencias del mercado Colombiano en este renglón.

La pregunta que el lector de este trabajo podrá hacer a continuación sería: Por que entonces no se dirigieron esos esfuerzos y se aplicaron los conocimientos mencionados al panorama nacional?

Para lograr la expansión de la Industria Siderúrgica Nacional, pueden sugerirse dos alternativas:

- 1.- Instalar una nueva planta integrada con capacidad suficiente para cubrir el aumento de demanda estimado para los próximos 5 o 10 años. -- Proyectos de este tipo tales como el de Las Truchas y Manzanillo ya se han realizado y dado a conocer en publicaciones extensas.
- 2.- Ampliar las instalaciones existentes. Esta optativa requiere un estudio-

complejo que trae como resultado expansiones localizadas y no a lo largo de la línea completa de fabricación tal y como nosotros deseáramos con el fin de poder discutir cada uno de los equipos integrantes de una planta de acero.

Por otro lado, cualquiera de las dos alternativas mencionadas nos llevaría a la discusión de una planta totalmente integrada. Si entramos en la confrontación de los varios medios que existen en la actualidad para producir arrabio o fierro esponja, es decir la materia prima de los hornos de aceración, forzosamente dada la gran cantidad de posibilidades debatibles deberíamos conformarnos con un análisis superficial de cada método y -- probablemente relegar a un segundo término cuestiones tan interesantes como el estudio económico de la planta.

Por esta razón preferimos ser modestos en nuestras pretensiones y considerar como un tema marginal aquello que se relaciona con las etapas superiores de la planta integrada. Sin profundizar en el tema, esperando que la selección resulte obvia, ocasionalmente indicaremos la razón por la cual, para la producción requerida nuestra mejor solución es una planta semi-integrada, es decir una instalación en donde la materia prima para la obtención de acero líquido es exclusivamente la chatarra.

Una peculiaridad de nuestro estudio, según se demostrará en el capítulo correspondiente a estudio del mercado es la relativamente pequeña capacidad de la planta a instalarse.

Aún con concesiones especiales que se traducen en un margen de ganancia suficientemente favorable se veía la necesidad de salirse de líneas ortodoxas con el fin de reducir la inversión inicial lo más posible. En algunos casos una cierta selección tal como la operación de una línea de vaciado continuo nos proporcionaría la eliminación de equi-

po que solamente se justifica en altas producciones, al mismo tiempo que mantenemos o mejoramos la calidad y los costos de transformación obtenidos por medio de los procesos convencionales. En otras ocasiones, como en el caso de un molino caliente tipo Steckel para trabajar como desbastador y terminador de material que posteriormente va a ser transformado en hojalata, hacemos un pequeño sacrificio en la calidad del producto final en favor de la menor inversión inicial. Debemos aclarar sin embargo que el criterio que hemos seguido en la elección del equipo no ha sido solamente el de encontrar la inversión que nos haga el proyecto posible desde el punto de vista económico; dos factores mas se han tomado en consideración: la posibilidad de aumentar sustancialmente la capacidad de esta planta de acero mediante cambios de menor importancia y el poder utilizar el equipo que se planea instalar en la primera etapa de un a futura expansión en la que se involucre un mejoramiento en las características del producto final, lo cual se hará necesario a medida que Colombia comience a hacer mas estrictas sus normas, bien sea producto de una intensa competencia en la fabricación de acero o al curso nacional de progreso.

## C A P Í T U L O I.

### ESTUDIO DEL MERCADO.

GENERALIDADES: Una de las bases principales del presente proyecto ha sido el estudio -- presentado por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina en la conferencia de Representantes de la Industria del Hierro y el Acero Latino Americano de - 1959 en Santiago de Chile, y publicado en el Boletín Económico para América Latina de - Octubre de 1959 (Volúmen IV, No. 2).

Según dicho estudio, en el año 1965 la demanda total colombiana conservadoramente estimada de productos laminados de acero de todos los tipos llegará a 495,000 toneladas métricas de las cuales 310,000 toneladas se clasifican como productos "no planos", los cuales incluyen tubería, y 185,000 toneladas serán productos planos, los cuales incluyen chapa gruesa, chapa fina y hojalata.

Esta demanda se espera que será satisfecha en parte con la producción de - Acerías Paz del Río, que alcanzará la producción de 248,000 toneladas, de las cuales -- 139,000 toneladas serán productos "no planos" y 109,000 toneladas serán productos planos. Por lo tanto el déficit estimado en 1965 sumará 247,000 toneladas, de las cuales 171,000- toneladas serán productos "no planos", y 76,000 toneladas serán productos planos .

Sin embargo, como se ha observado en el párrafo anterior, las cifras indica das para los productos "no planos" incluyen productos tubulares, los cuales ya se están fabricando en Colombia por cuatro compañías que importan chapa laminada que se forma en frío y se solda eléctricamente. La producción de estas cuatro compañías en 1965 se estima que alcanzara 40,000 toneladas anuales de tubería, las cuales requerirán la importación - de una cantidad correspondiente de chapa laminada en rollos cuya producción no está in-- cluída en los programas de Acerías Paz del Río.

Por lo tanto el déficit total de productos planos en Colombia en 1965 será de  $76,000 + 40,000 = 116,000$  toneladas, que tendrán que importarse.

Los programas de Acerías Paz del Río tampoco incluyen la producción de hojalata que es un producto vital para la economía de Colombia cuyas importaciones han estado aumentando constantemente hasta el punto que en el año 1959 se importaron ----- 25,182 toneladas, en 1960, 28,000 toneladas, en 1961 fueron 29,400 toneladas, lo anterior nos permite anticipar una demanda para el año 1965 del orden de 34,000 toneladas.

Indicaciones de continuo crecimiento del mercado para hojalata son corroboradas por los planes de la compañía Americana Can Co., la cual piensa colocar una planta en Barranquilla para la producción de latas. Esta planta tendrá un consumo aproximado de 5,000 toneladas de hojalata, por año.

El actual mercado Colombiano demanda un consumo de 90% de hojalata del tipo de estañado electrolítico y un 10 % del tipo de estañado por inmersión.



## EL MERCADO COLOMBIANO PARA FLEJES EN ROLLOS PARA PRODUCCION DE TUBERIA.

La tabla I muestra las importaciones y la producción colombiana de productos tubulares de acero durante los años 1950 a 1961 y la Gráfica I ilustra estos mismos datos. Puede apreciarse que el consumo de productos tubulares de acero ha ido aumentando constantemente hasta el año 1958 cuando los efectos del programa de austeridad instituido por el gobierno colombiano redujeron a un mínimo las actividades de construcción. La causa principal fué las restricciones de créditos. Al mismo tiempo se redujeron las importaciones tanto de productos tubulares como de chapa para su producción; por las dificultades de financiación de los depósitos de garantía del 130% del valor de estas mercancías. Estas razones hicieron que el consumo total de estos productos se redujera en el año 1959 a un tonelaje inferior al del año 1950.

Sin embargo, el año 1960 ya muestra indicios de mejora que siguieron en 1961, lo que muestra que una vez que la economía colombiana se reajuste, la tendencia creciente del consumo de productos tubulares continuará.

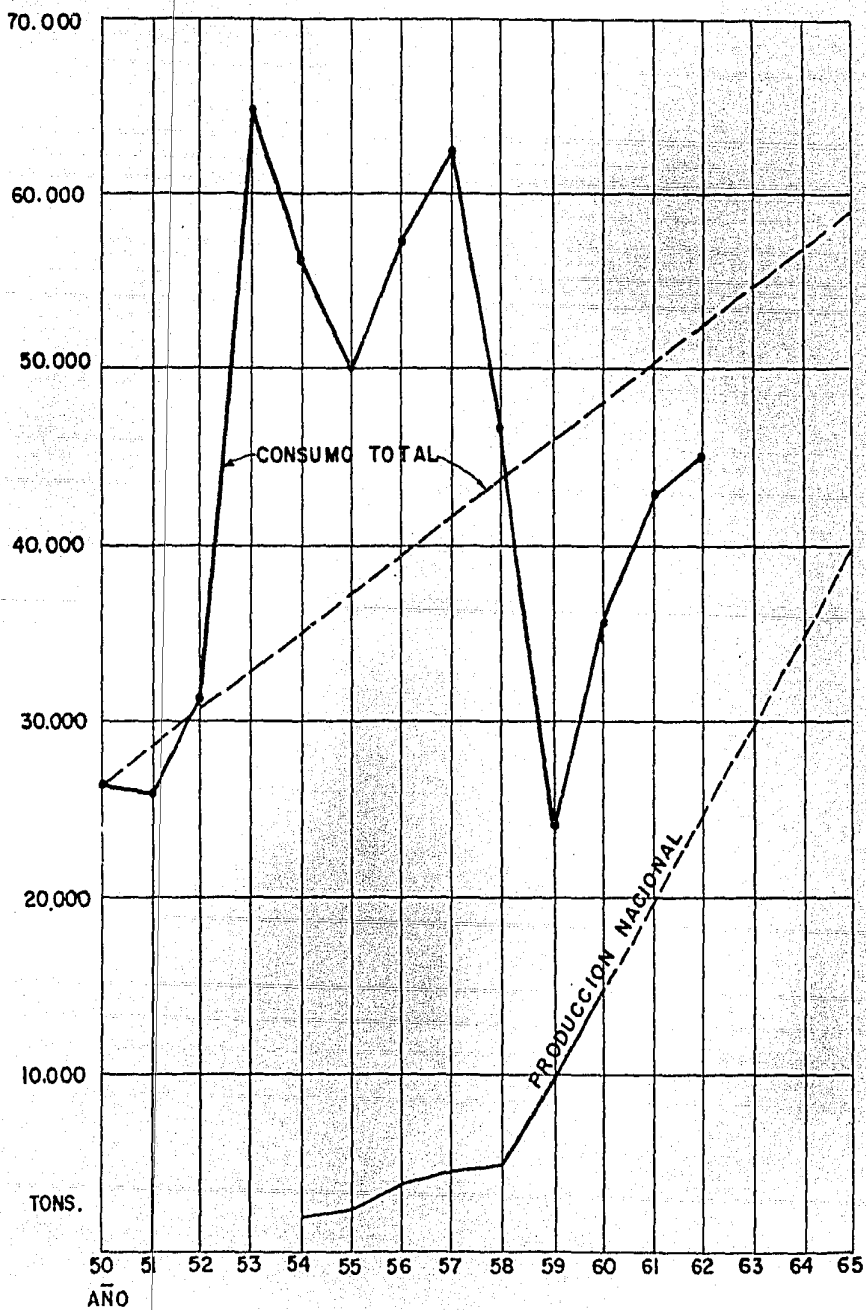
Esto nos hace suponer que es lógico esperar que los productores de tubería del país necesiten suministros de 40000 toneladas de chapa o más para el año 1965, ya que cuentan con las facilidades de producción para procesar este tonelaje y una de ellas está completando nuevas instalaciones que darán a Colombia una capacidad total de producción de tubería de 70,000 toneladas anuales en 1965.

IMPORTACIONES Y PRODUCCIONES DE TUBERIA DE ACERO.

<u>AÑO</u>	<u>TONELADAS IMPORTADAS</u>	<u>TONELADAS PRODUCIDAS</u>	<u>T O T A L E S.</u>
1950	26,354	-----	26,354
1951	26,013	-----	26,013
1952	31,575	-----	31,575
1953	65,210	-----	65,210
1954	55,164	1,500 (Est.)	56,664
1955	47,384	2,500 "	49,884
1956	53,927	3,500 "	57,427
1957	57,857	4,000 "	61,857
1958	41,893	5,000 "	46,893
1959	13,701	10,000 "	23,701
1960	21,084	15,000 "	36,084
1961	24,322	18,000 "	42,322
1962	25,575	20,000 "	45,575

NOTA: Información sobre importaciones del: Anuario de Comercio Exterior, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

# CONSUMO Y PRODUCCION DE TUBERIA EN COLOMBIA. —



A continuación se mencionan las firmas fabricantes de tubería con una breve descripción de sus facilidades.

#### FABRICAS DE TUBOS.

Las siguientes firmas producen tubería soldada eléctricamente en tamaños - desde 3/8" hasta 4" de diámetro nominal, tanto negra como galvanizada.

##### 1a.- EMPRESA SIDERURGICA, S.A. MEDELLIN.

Cuenta con el siguiente equipo:

Una máquina para fabricar tubería de 1/2" a 4" con capacidad de 25,000 toneladas anuales.

Una máquina para fabricar tubería de 3/8" a 2-1/2", con capacidad de 5,000 toneladas por año.

Capacidad total de producción: 30,000 toneladas por año.

##### 2a.- CONSORCIO METALURGICO NACIONAL, S.A. (COLMENA) BOGOTA.

Cuenta con el siguiente equipo:

Una máquina para fabricar tubería de 1/2" a 4", con capacidad de 20,000 toneladas anuales.

Esta planta ha estado funcionando desde Noviembre 1958.

##### 3a.- INDUSTRIAS COLOMBIA, MARCO SREDNI Y HERMANO - BARRANQUILLA.

Cuenta con el siguiente equipo:

Una máquina para fabricar tubería de 3/8" a 2-1/2", con capacidad de 5,000 toneladas por año.

Esta planta ha estado funcionando desde 1953. Dicha firma está construyendo una nueva planta en Bogotá, en la que instalarán dos máquinas para fabricar tubería hasta de 4". Estas máquinas fueron compradas de segunda mano en 1963, y su capacidad de producción se

estima en unos 15,000 toneladas por año.

#### 4a.- INDUSTRIAS METALICAS DE PALMIRA, S.A.

Su equipo es el siguiente:

Una máquina para producir tubería de 3/4" a 2" de diámetro, con capacidad de 3,000 toneladas por año.

Esta planta ha estado funcionando desde 1955. Por lo anterior se puede observar que la capacidad instalada de producción de tubos en 1961 es de 73,000 toneladas.

### EL MERCADO COLOMBIANO DE HOJALATA.

La Tabla II y la Gráfica II, ilustran elocuentemente el crecimiento del consumo de hojalata en Colombia.

Como la hojalata es un producto que se utiliza en la producción de bienes de consumo, su demanda no ha sido tan afectada por el programa de austeridad colombiano, como lo fué la demanda de tubería. Con la excepción del año 1959 cuando las importaciones llegaron al nivel de 1955, la tendencia es definitivamente creciente y la Gráfica II - ilustra que es razonable anticipar una demanda de 34,000 toneladas en 1965.

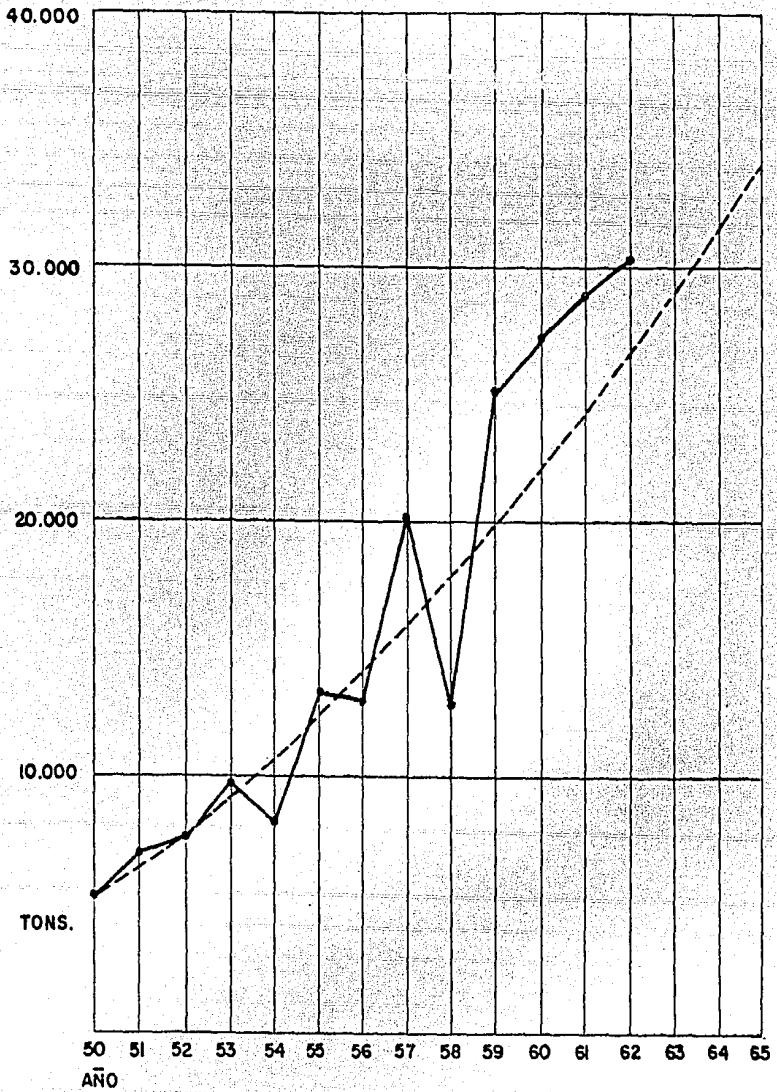
El consumo de hojalata aumentaría aún más si se realizaran dos programas que se están considerando seriamente por las industrias colombianas del café y de la cerveza. Uno es el programa de exportar café ya envasado. El otro es el de comenzar a usar en vasos de hojalata para la cerveza, en vez de botellas.

TABLA II  
IMPORTACIONES DE HOJALATA.

<u>AÑO</u>	<u>TONELADAS</u>
1950	5,549
1951	7,165
1952	7,804
1953	9,782
1954	8,090
1955	13,420
1956	13,020
1957	20,077
1958	13,300
1959	25,182
1960	26,848
1961	28,112
1962	29,835

Información del: Anuario de Comercio Exterior, Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

### IMPORTACIONES DE HOJALATA EN COLOMBIA



## C A P I T U L O II

### PROGRAMA DE PRODUCCION.

Basándose en el estudio del mercado que aparece en el capítulo anterior y en lo que se sabe de los programas de Acerías Paz del Río, se propone el siguiente programa de producción para la planta proyectada.

	<u>Toneladas año</u>
Chapa rolada en caliente en rollos, con una anchura de 1020 mm (40") para la producción de tubería de agua	25,000
Chapa rolada en frío en rollos, con una anchura de 1020 mm (40") para la fabricación de tubo conduit	5,000
Lámina rolada en frío con una anchura hasta de 1020 mm (40")	12,000
Lámina estañada electrolíticamente, con una anchura hasta de 970 mm (38")	<u>34,000</u>
	76,000

De las propuestas 34,000 toneladas anuales de hojalata, 30,000 toneladas tendrán como promedio una capa de estaño con un peso de 0.50 libras de estaño por caja-base y 4,000 toneladas tendrán un recubrimiento de 1.0 libra de estaño por caja base. Este último tipo de recubrimiento podrá usarse en lugar de la lámina estañada por inmersión actualmente usada. En adición 2,700 toneladas de hojalata de segunda clase (fuera de calibre y desperdicio) serán obtenidas como un producto secundario de las operaciones de estañado; este producto encontrará un mercado inmediato en la manufactura de artículos para el hogar, juguetes etc.

El programa de producción propuesto fué seleccionado con el objeto de -- conseguir la máxima posible utilización de los varios equipos que pueden conseguirse para



procesar los varios productos y sin embargo mantener la inversión inicial a un mínimo prudente.

## P R O C E S O:

El acero necesario para la producción de los productos planos de acero, -- cuya lista fué mencionada anteriormente, se logrará mediante la fusión de chatarra en un horno de arco eléctrico.

El monto total de la chatarra requerida no puede ser conseguido mediante suministros locales, lo que crea la necesidad de importar 84,000 toneladas anuales de chatarra de acero. El acero fundido en el horno de arco eléctrico se colará en placas por medio de una máquina de colada continua.

A las placas ya coladas se les acondicionará su superficie anteriormente a ser colocadas en un horno de recalentamiento de placas, después de lo cual serán entregados al molino caliente para su rolado. La primera operación de rolado será un ligero paso a través del molino descascarillador. La placa entonces será rolada hasta su calibre final en el molino reversible en caliente y enrollada para subsecuentes procesos; decapado, aceitado, rolado en frío y estañado.

Todos los rollos de chapa rolada en frío serán decapadas en una máquina de decapado continua. La chapa rolada en caliente que deberá usarse para la producción de tubería de agua será embarcada después de ser decapada y aceitada. La chapa rolada en caliente que piense destinarse a chapa y lámina rolada en frío y hojalata será reducida en un molino frío reversible combinación reducción-temple y lavada en una línea alcalina. Los rollos serán entonces recocidos después de lo cual se les templará en el molino de combinación. Chapa reducida en frío será entonces flejada y embarcada. La lámina reducida en frío será producida en una línea de corte en la cual se lograrán tanto sus dimensio-

nes de largo, como de ancho, después de lo cual se empacarán y embarcarán. Los rollos de chapa reducida en frío destinados a estañarse, después de ser templados pasarán a ser procesados en una línea electrolítica de estañado equipada con cortadora, clasificadora y apiladora.

La tabla siguiente incluye los requerimientos anuales de materias primas para la planeada producción de la planta.

La gráfica No. III presenta una ilustración gráfica de flujo de material a largo de las varias unidades de la planta, incluyendo las fuentes de chatarra y desperdicios de laminación dentro de la planta.

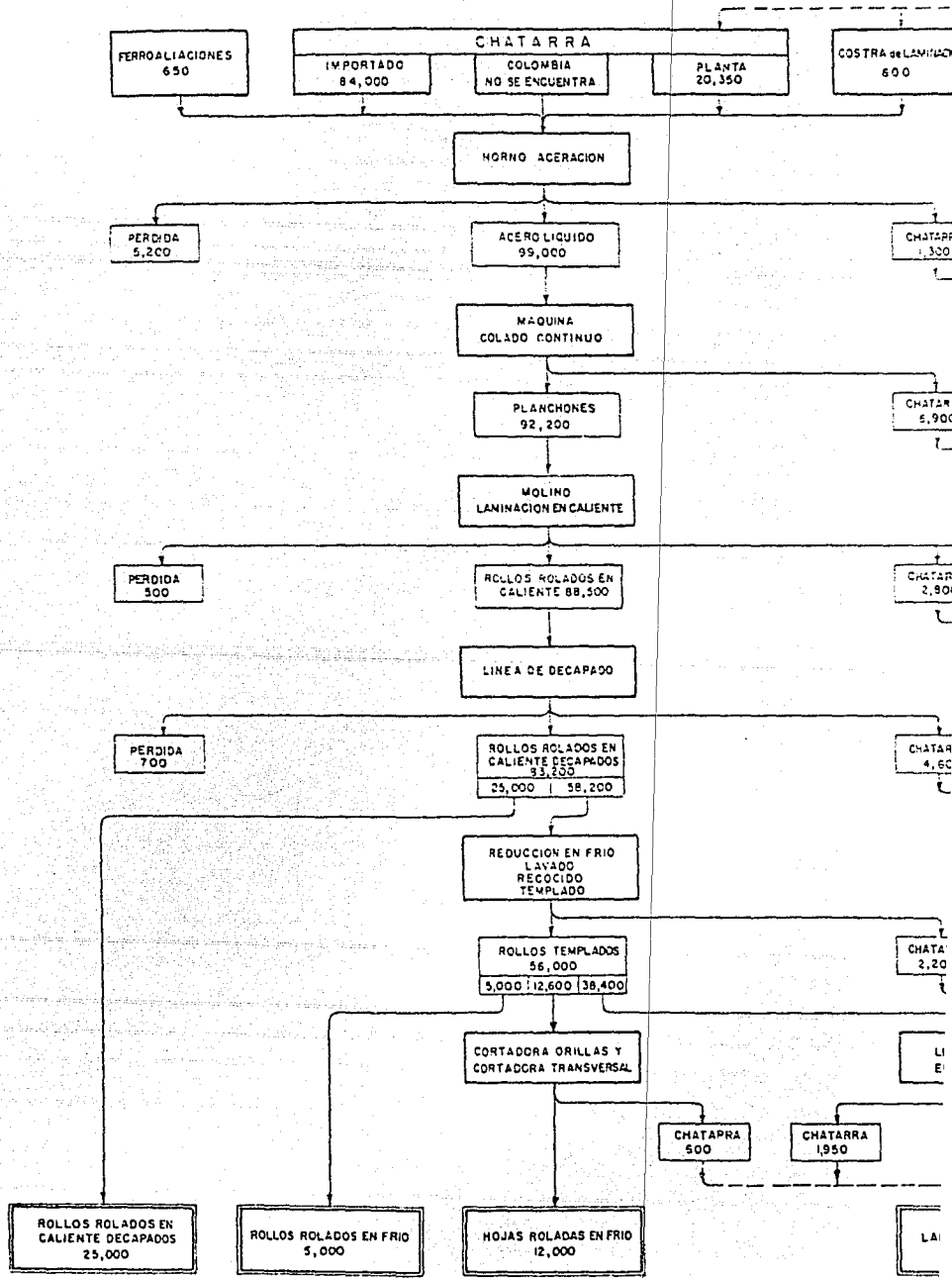
La tabulación y el diagrama de flujo también indican cuales materias primas deberán ser importadas:

#### MATERIAS PRIMAS REQUERIDAS PARA LA PRODUCCION ANUAL:

<u>MATERIA PRIMA</u>	<u>TONELADAS / AÑO</u>
Suministrador: Colombia	
Chatarra	No la hay
Cal	4,000
<b>SUMINISTRADOR - IMPORTACIONES</b>	
Chatarra	84,000 ton.
Ferroaleaciones	650
Estaño	250

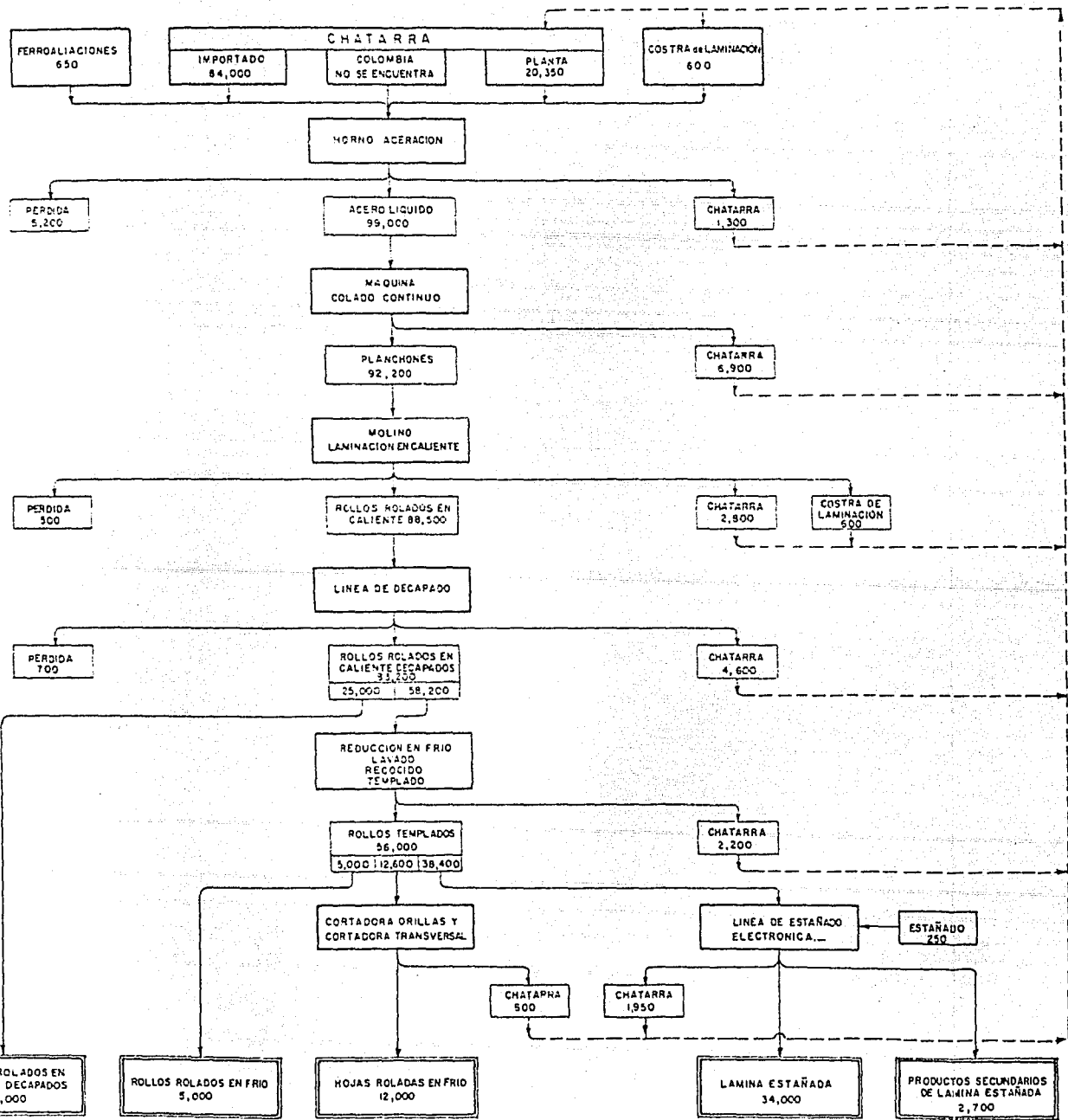
#### **SISTEMA DE OPERACIONES:**

El sistema de operaciones requerido para la completa y total operación de la planta propuesta se muestra a continuación:



PRODUCTOS DE ACERO ( SIN CONTAR LAMINA ESTAÑADA DE

NOTA: TODAS LAS CIFRAS MUESTRAN TONELADAS POR



PRODUCTOS DE ACERO ( SIN CONTAR LAMINA ESTANADA DE SEGUNDA CLASE ) - 76,000

NOTA: ... TODAS LAS CIFRAS MUESTRAN TONELADAS POR AÑO

## SISTEMA DE PRODUCCION

<u>PRODUCTOS INTERMEDIOS</u>	<u>TONELADAS</u>
Chapa rolada en caliente en bobinas, decapada y aceitada	25,000
Chapa rolada en frío en bobinas	5,000
Lámina rolada en frío	12,000
Lámina estañada electrolíticamente	<u>34,000</u>
Total de productos terminados	76,000

## C A P I T U L O III

### VENTAJAS ECONOMICAS.

Desde el punto de vista de la economía colombiana en general, el establecimiento de la planta propuesta brindará unas ventajas considerables:

#### 1.- Economía de Divisas.

A continuación aparece una estimación de las economías en divisas que el establecimiento de esta planta significará para Colombia.

#### a) COSTOS DE LOS PRODUCTOS IMPORTADOS.

La Empresa Siderúrgica de Medellín, S. A. ha importado recientemente -- tres lotes de chapa laminada en caliente y decapada para su fábrica de tubería.

La liquidación del costo de importación de un lote de este producto importado de E.E.U.U. es como sigue:

Costos de importación de 360.5 tons. de EE. UU.

<u>ARTICULO</u>	<u>COSTO DOLARES/TON.</u>	<u>% DEL COSTO TOTAL</u>
Material F.O.B.		
New York.	148.97	66.35
Gastos Financieros	4.00	1.79
Gastos Consulares	1.43	.64
Flete Marítimo	19.65	8.78
Derechos de importación	39.30	17.55
Seguro	3.20	1.43
Gastos financieros en Colombia	<u>7.75</u>	<u>3.46</u>
	224.30 dólares	100 %

Similarmente las liquidaciones de un lote importado del Japón y de un lote - importado de Chile, dieron los siguientes costos del producto importado:

Lote importado del Japón.	201.17 dólares por Ton.
Lote importado de Chile	196.40 dólares por Ton.

La tabla siguiente nos da el costo de importación de materiales planos de - acero a Colombia.

<u>Costos de importación.</u>	
Producto	Precio por tonelada (Dólares)
Chapa laminada en caliente	190
Chapa laminada en frío	220
Lámina rolada en frío	240
Hojalata	300

Debe indicarse que el 83% del costo es pagadero en dólares. Por lo tanto si Colombia tuviera que seguir importando los productos de la nueva planta, los costos de importación serían:

25,000 Tons. de chapa rolada en caliente en bobinas

a 190.00 dólares por tonelada 4750,000

5,000 Tons. de chapa rolada en frío en bobinas

a 220.00 dólares por tonelada 1100,000

12,000 Tons. de lámina rolada en frío a 240 dólares

por tonelada 2800,000

34,000 Tons. de hojalata a 300.00 dólares por tone-

lada. 10400,000

19,050.000 dólares

Costo en divisas de los productos importados	15,800.000 dólares.
b).- Costos de Importaciones de materias primas, materiales, etc. para la planta propuesta en (divisas)	
84,000 tons. de chatarra a 50 dólares por Ton.	4.200,000.00
460 tons. de electrodos a 550 dólares por Ton.	253,000.00
650 tons. de ferroaleaciones a 200 dólares por Ton.	130,000.00
2,000 tons. de refractarios básicos a 150 dólares por Ton.	300,000.00
250 Ton. de estaño a 2200 dólares por Ton.	550,000.00
Repuestos y otros suministros.	<u>600,000.00</u>
<u>Costo total anual de material primas y suministros</u>	<u>6,033,000.00</u>
c).- <u>Economía Anual de Divisas</u>	
Costo en divisas de los productos importados	15.800,000
Menos: Costo en divisas de Materias Primas y suministros	<u>6.033.000</u>
Economía anual de divisas	9.767.000 dólares
2.- Otras ventajas económicas:	
a) Utilidades	

Como se demostrará en el Capítulo VII, las utilidades netas de la Planta propuesta cuando esté funcionando a su régimen normal de producción de 99100 toneladas de acero por año ascenderán a aproximadamente 5.891,000 dólares anuales. Estas utilidades son netas, después de descontar depreciación de la inversión, gastos de administración y ventas, así como intereses por los créditos necesarios para la compra del equipo.

Estas utilidades permitirán a la nueva compañía hacer frente holgadamente a sus obligaciones financieras, contribuir sustancialmente con impuestos sobre las utilida-



des al gobierno del país, acumular reservas para futuras inversiones y pagar dividendos a los accionistas.

b).- Empleo de Personal

La operación de la nueva planta requerirá los servicios de aproximadamente 650 empleados y obreros cuando esté funcionando normalmente y su administración empleará aproximadamente otras 100 personas más. Los salarios y pagos para servicios sociales que el empleo de este personal representará son del orden de 1,500.000 dólares anuales.

c).- Efecto sobre otras industrias.

Es un hecho demostrado que la disponibilidad de materia prima nacional fomenta el desarrollo de las industrias que consumen dicha materia prima. Así pues, el que Colombia no tenga que depender de productos laminados planos creará una mayor demanda de estos productos lo que asegurará el éxito de la Empresa y le permitirá hacer futuras expansiones.

## C A P I T U L O I V .

### DESCRIPCION DEL EQUIPO.

a). - Justificación de una planta semi-integrada de acero para Colombia.

En el capítulo anterior hemos establecido para Colombia un mercado anual de 34,000 toneladas de haja lata, 25,000 toneladas de chapa en rollos rodada en caliente, 5,000 toneladas de chapa en rollos rodados en frío y 12,000 toneladas de lámina rodada en frío. Estas cifras elevan a 76,000 toneladas la capacidad anual de la planta en productos terminados. Para obtener esta última producción se requieren, o mo mas tarde trataremos - en detalle, una cantidad total de 99,100 toneladas de acero líquido.

Tomando como precios de venta de nuestros productos terminados el costo al cual se están importando actualmente en Colombia estos mismos artículos, encontraremos - que nuestra entrada bruta por concepto de ventas será de 18.33 millones de dólares (referir se al capítulo VII).

Estos datos, más la aclaración de que momentaneamente deseamos dejar de considerar la disponibilidad en Colombia de buen mineral de hierro, carbón coquizable o gas natural, nos servirán o mo base para mostrar en este caso la conveniencia de una planta semi-integrada sobre una integrada.

Los múltiples procesos existentes para la producción de materia prima para los hornos de aceración pueden dividirse básicamente en los siguientes grupos:

- 1) Alto Horno convencional
- 2) Horno de Cuba Baja
- 3) Horno eléctrico de reducción sin o con pretratamiento de mineral por medio de horno rotatorio o parrilla viajera.
- 4) Instalaciones para la obtención de fierro esponja (horno rotatorio, cama

fluidizada o cama estática).

Se podrá visualizar la posición predominante del alto horno convencional si mencionáramos que este último contribuye actualmente con el 98% de la producción total - en el mundo de hierro a partir de mineral.

Si deseáramos integrar nuestra planta a base de un alto horno necesitaríamos para las 99.100 toneladas anuales de acero un alto horno de aproximadamente 190 toneladas diarias de capacidad. A este resultado se ha llegado tomando el promedio americano de cargas en el horno de hogar abierto de 60 % de metal caliente y 40 % de chatarra, una utilización del 95 % y un rendimiento del horno de hogar abierto del 93 % (relación de acero vaciado a carga metálica)

Dejando a un lado la indudable baja eficiencia de un alto horno de 190 toneladas diarias, así como los problemas inherentes a su operación, tales como la disponibilidad de coque metalúrgico de alta calidad, alto contenido de hierro en el mineral, etc., - expandremos a continuación su falta de justificación económica.

La inversión necesaria en una planta productora de 190 toneladas diarias de arrabio a base de alto horno se dividiría en lo siguiente:

- a).- Instalaciones para recepción, almacenamiento y peso de materias primas. Tomando como base un mineral con contenido de hierro del 51 % y una eficiencia del 95 % tendríamos que la cantidad de mineral a manejarse sería 375 toneladas. Una instalación para manejar esta cantidad de mineral tendría un costo aproximado de 725,000.00 dólares. (El manejo de la piedra caliza y el carbón están incluidos en el costo de la planta de sinter).
- b).- Planta de Sinter. Considerando que todo el mineral va a ser convertido a sinter autofundente; tendríamos: Mineral  $375 \times .9 = 337.5$  tons. (se tiene 10% de pérdida en peso durante la sinterización. Piedra caliza tomando como base el promedio americano de 602 lbs.

por tonelada de arrabio producida menos un 50 % de pérdida en peso durante la calcinación tendríamos:  $190 \times .33 \times .50 = 32$  tons. de piedra caliza.

Total de sinter obtenido  $337.5 + 32 = 369.5$  tons.

Una instalación con capacidad suficiente para manejar este último tonelaje tendría un costo aproximado de 1.600,000.00 dólares.

c). - Alto Horno. Utilizando una relación de 1500 lb. de coque por tonelada de arrabio -- tendremos que quemar coque a relación de 142 toneladas diarias. Seleccionando un alto - horno con diámetro de crisol de 6' - 5", necesitaríamos efectuar una inversión de ----- 5,000,000.00 dólares.

d). - Coquería. Una planta de coque para procesar 142 toneladas diarias tendría un costo - aproximado de 4,200,000.00 dólares.

El total de las partidas anteriores es de 11.525,000.00 dólares. Si a ésto su mamos un 25 % por concepto de ingeniería e incidentales, alcanzariamos, exclusive de terreno y su preparación, una cifra de 14,500.000.00 dólares, como la cantidad a invertir se para producir 90 toneladas de arrabio por día.

En la lista siguiente, estamos indicando en una forma aproximada los diversos costos que entrarían en la obtención del precio del metal líquido en nuestra instalación. El costo total al que llegamos de 85.07 dólares, es muy similar al precio al que en la actua lidad se están importando en Colombia rollos de chapa laminada en caliente, decapados y aceitados (87.00 dólares) y que es también el precio que se fija para vender este mismo pro ducto. Es obvia, por consiguiente, la necesidad de descartar la idea de integrar una planta a base de alto horno.

SUMARIO DE COSTOS APROXIMADOS PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE ARRABIO  
EN UN ALTO HORNO DE 90 TONELADAS DIARIAS DE CAPACIDAD.

Toneladas métricas de arrabio por día		190
Toneladas métricas de arrabio por año (90 % de utilización)		60,000
Instalación	Un alto horno	190 TM
	Sinterización	100 %
Obreros requeridos por día		119
Hombres-hora por tonelada de metal caliente		5.0
Costo total de la instalación (excluyendo terreno y su preparación)		14,500,000.00
Inversión por tonelada métrica anual de metal caliente		242
Mineral de fierro (1.68 T.M. de mineral por tonelada de metal caliente a 16.50- dólares por tonelada bruta)	27.75	
1.2 T.M. de carbón a 16.00 dólares por- T.M. requeridos para producir 0.75 T.M. de coque necesario por T.M. de metal ca- liente.	19.40	
Piedra Caliza (0.275 T.M. de piedra ca- liza, por tonelada de metal caliente a -- 5.00 dólares por tonelada métrica)	1.38	
		<hr/> 48.53
Mano de obra a 0.55 dólares por hora		3.08
Amortización, impuestos, seguro, intere- ses (12 % inversión por T.M. anual de me- tal caliente)	29.00	

Gastos generales en mano de obra ( 10 % del Costo de mano de obra)	0.31	
Mantenimiento general (2 % de la inversión por tonelada anual de metal caliente)	4.84	
Gastos generales misceláneos (10 % de la mano de obra)	0.31	
		<u>34.46</u>
Costo bruto de la producción de metal caliente.		86.07
Descuento por sub-productos (Gas de alto horno de exceso, aproximadamente 50,000 pies cúbicos con poder calorífico de 95 -- BTU por pie cúbico)		1.00
Costo neto de la producción de una tonelada de metal caliente		<u>85.07 dólares</u>

Tomaremos ahora una segunda posibilidad: la de integrar a base de horno eléctrico de reducción, con pre-tratamiento en un horno rotatorio. El pre-tratamiento del mineral, aún cuando representa una inversión adicional, nos permite reducir sustancialmente nuestros costos de transformación.

a).- Instalaciones para recepción, almacenamiento y peso de materias primas. Si para la producción de una tonelada de arrabio fundido necesitamos aproximadamente 3750 lb de mineral con 51 % de hierro, 2000 lb de carbón para reducción y 660 lb de piedra caliza, en un día necesitaremos manejar, si deseamos producir 190 toneladas de arrabio, un total de 600 toneladas de materiales. El costo de una instalación capaz de manejar este tonelaje es de 850,000 dólares.

b).- Horno rotatorio para pre-tratamiento del mineral de hierro.

Un horno rotatorio capaz de reducir el mineral de hierro en un 60 % y de producir 600 toneladas diarias de mineral pre-tratado, tiene un costo de 1.500,000.00 -

en esto se incluyen todos los accesorios y transportadores al horno eléctrico. Como se ve su costo es bastante parecido al de una planta de sinter. Con este pre-tratamiento lograremos reducir el consumo de energía por tonelada de arrabio de 2100-2400 KWH a 1000 KWH en el horno eléctrico. El gas producido en la operación del horno eléctrico, que es del orden de 23000-25000 pies cúbicos por tonelada, con valor calorífico total de 7.0 millones de BTU, será aprovechado en el horno rotatorio. La compensación para llegar a la cantidad necesaria de calor en el horno rotatorio se hará a base de gas natural o aceite combustible.

c). - Horno eléctrico. A un factor de potencia estimado de 80 %, un factor de carga de 90 %, un consumo de energía eléctrica de 1100 KWH por tonelada, para producir 8.50 toneladas de metal caliente por hora (190 toneladas por día) necesitaríamos un horno con capacidad de  $(8.50 \times 1100) \div (0.8 \times 0.9) = 13,000$  KVA. El costo de este horno sería de --- 1.300,000.00 dólares.

El costo total de la instalación sería por consiguiente de 3.650,000.00 dólares mas ingeniería e intangibles (25 %), o sea 4.575,000.00 dólares.

En la siguiente lista se encuentra la relación de costos que contribuyen a la obtención del costo total de una tonelada métrica de metal caliente en esta segunda posibilidad. El costo total de 62.19 dólares al cual se ha llegado sin considerar que en Colombia difícilmente se podría conectar el horno eléctrico a líneas existentes; de no ser así, habría necesidad de instalar y operar una planta de generación de corriente eléctrica. Si bien este costo es considerablemente menor que el del alto horno, tampoco justifica la instalación si se compara con el costo de 64.00 dólares de nuestro acero líquido (referirse al capítulo VI).

SUMARIO DE COSTOS APROXIMADOS PARA PRODUCIR  
UNA TONELADA DE ARRABIO EN UNA INSTALACION-  
DE HORNO ROTATORIO DE PRE-TRATAMIENTO Y UN -  
HORNO ELECTRICO PARA REDUCCION FINAL

Tonelada de arrabio por día	190	
Toneladas de arrabio por año	60,000	
Instalación		Un horno rotatorio Un horno eléctrico - 12,000 KVA
Obreros requeridos por día	151	
Hombres-hora por tonelada de metal caliente.	6.4	
Costo total de la instalación (Excluyendo terreno y su preparación)	575,000.00 dólares	
Inversión por tonelada métrica anual de metal.	77.00 dólares	
Mineral fierro (1.68 TM de mineral por tonelada de metal a 16.50 dólares por tonelada bruta)	27.75	
Carbón como agente reductor (1 T. de carbón por tonelada de metal a 9.20 dólares por tonelada métrica)	9.20	
Piedra caliza (0.33 toneladas de piedra caliza por tonelada de metal a 5.00 dólares por tonelada métrica)	1.65	
Electrodos pre-calcinados (6.8 kilos por tonelada de metal caliente a 0.27 dólares por kilo)	1.87	
Electricidad (110 KWH por tonelada de metal caliente a 0.006 dolares por KWH)	6.6	
	<hr/>	47.07
Mano de obra a 55 dólares por hora.		3.90



Amortización, impuestos, seguro, intereses (12 % inversión por T.M. anual de metal caliente)	9.8	
Gastos generales en mano de obra (10 % del costo de la mano de obra)	0.39	
Mantenimiento general (2 % de la inversión por T.M. anual de metal caliente)	1.44	
Gastos generales misceláneos (10 % del costo de la mano de obra)	0.39	
		<u>11.22</u>
Costo neto de la producción de una tonelada de metal caliente		<u>62.19 dls.</u>

Con un costo de metal caliente de 62.19 dólares y tomando una condición ideal y por consiguiente muy debatible, de carga en un horno eléctrico de aceración, un 75 % de metal caliente de bajo contenido en carbono proveniente del horno eléctrico de reducción y 25 % de chatarra generada en la planta en la elaboración de todos los productos, tendríamos los siguientes costos de transformación a acero líquido:

Arrabio (.750 toneladas a 62.19 dólares por Ton)	46.50 dólares
Chatarra (.250 toneladas a 35.00 dólares por Ton).	8.75 dólares
Cal (.05 toneladas a 21.20 dólares)	1.06 dólares
Electrodos (11 Lbs. a 0.277 dólares por libra)	3.05 dólares
Aditivos (12 lbs. a 0.125 dólares - por libra)	1.50 dólares
Electricidad (370 KWH a 0.006 dólares por KWH),	2.22 dólares
Refractarios, mantenimiento, agua, etc.	4.45

Mano de obra directa e indirecta.	0.40
Cargos fijos (intereses, impuesto, - amortización, etc.)	3.60
	<u>71.53 dólares</u>
Menos crédito por 60 libras de cha- tarra recuperable de acero.	1.02
Costo neto de la producción de acero líquido.	<u>70.51 dólares.</u>

Habiendo descartado esta alternativa trataremos por último la posibilidad - de fabricar fierro esponja por medio de la reducción gaseosa del mineral de fierro. Aquí, - la inversión total se dividiría en:

a).- Instalación para recepción, almacenamiento y peso de materias primas tomando como producto final fierro esponja con un contenido de fierro metálico de 83.3 % (nuestros cálculos sobre la posibilidad de producir fierro esponja está basados en el proceso H-Iron). En reactores del tipo "cama fluidizada con 97 % de hidrógeno, se necesitarán 162 toneladas - de fierro esponja para que por medio de un horno eléctrico con una carga de 25 % de chatarra, 8 % de arrabio y 67 % de fierro esponja, se transformen en 190 toneladas de acero - líquido. Para la producción de 162 toneladas de fierro esponja tendremos que manejar aproximadamente 310 toneladas de mineral lo que representa una inversión de 600,000.00 dólares.

b).- Planta de trituración. Para poder triturar la cantidad de mineral arriba mencionada y así poder utilizar el principio de la cama fluidizada, necesitaremos instalar una planta de aproximadamente 500 toneladas diarias con un costo de 900,000.00 dólares.

c).- Planta de hidrógeno. Tomando un consumo de 20,000 pies cúbicos por tonelada de -- fierro esponja, nuestra planta de hidrógeno deberá tener una capacidad aproximada de 5 - millones de pies cúbicos diarios, lo que significa una inversión adicional de 1.400,000.00

dólares.

e). - El Cuarto de Calderas, cuarto de bombas, facilidades para briquetear, etc, tienen un costo aproximado de 200,000.00 dólares.

Todo lo anterior, más costos de ingeniería e intangibles que tomaremos como 1.055,000.00 dólares (25 %) hace que nuestra inversión final sea de 5.175,000.00 dólares.

La relación de costos de producción mostrada a continuación, nos muestra un costo de 54.14 dólares para la producción de una tonelada de metal.

SUMARIO DE COSTOS APROXIMADOS PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE FIERRO ESPONJA Y FIERRO METALICO POR MEDIO DE REDUCCION GASEOSA-DEL MINERAL EN CAMAS FLUIDIZADAS.

Toneladas de fierro metálico por día	135
Toneladas de fierro esponja por día	162
Toneladas de fierro metálico por año	47,500
Toneladas de fierro esponja por año	56,500
Instalación	Planta de Hidrógeno Reactores - Cama fluidizadas.
Obreros requeridos por día	109
Hombre-hora por tonelada de metal	6.4
Costo total de la inversión	5.175.000.00 dólares
Inversión por tonelada métrica de metal	107
Mineral de fierro (1.7 toneladas de mineral por tonelada de metal a 16.50 dólares por tonelada bruta)	28.00 dólares
Electricidad	0.70

	32	
Gas natural	4.55	
Refractarios, compuestos químicos, etc.	2.15	
		35.40
Mano de obra a 0.55 dólares por hora		3.00
Amortización, impuestos seguros, intereses (12 % int. por tonelada anual de metal)	13.00	
Gastos generales en mano de obra (10 % del costo de mano de obra)	0.30	
Mantenimiento general (2 % de la inversión por tonelada anual de metal)	2.14	
Gastos generales misceláneos (10 % del costo de la mano de obra)	0.30	
		15.74
Costo neto de la producción de una tonelada de metal.		54.14 dólares
Costo neto de la producción de una tonelada de hierro esponja.		44.40 dólares

Tomando el costo de producción de una tonelada de metal obtenido por el proceso de hierro esponja encontremos cual es el precio de una tonelada de acero líquido y comparémoslo con el costo de 64.00 dólares de nuestro acero líquido que se muestra en el balance económico de este proyecto.

La carga al horno eléctrico de aceración está compuesta por: 8 % de arrabio, 25 % de chatarra generada en la planta en la elaboración de todos los productos y 67 % de hierro esponja:

ARRABIO (170 lbs. a 61.70 dólares por tonelada)	5.25 dólares.
CHATARRA 8530 lbs. a 35.00 dólares por tonelada)	9.03 dólares
FIÉRRÓ ESPONJA (REDUCIDO POR MEDIO DE HI-DROGENO, (1700 lbs. a 43.50 dólares por tonelada)	37.00 dólares

CAL (115 lbs. a 19.25 dólares por tonelada)	1.10 dólares
PIEDRA CALIZA (30 lbs. a 5.0 dólares por tonelada)	0.15 dólares
ELECTRODOS (14 lbs. a .277 dólares por libra)	3.88 dólares
ADITIVOS (12 lbs. a 0.125 dólares por libra)	1.50 dólares
ELECTRICIDAD (620 KWHR a 0.006 dólares por KWH)	3.12 dólares
REFRACTARIOS, MANTENIMIENTO, AGUA, ETC.	5.40 dólares
MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA.	0.40 dólares
CARGOS FIJOS (INTERESES, IMPUESTOS, AMORTI- ZACION. ETC).	<u>3.60 dólares</u> 72.05
Menos crédito por 60 lbs. de chatarra recuperable de acero	<u>1.02</u>
	71.03 dólares

Con lo cual podemos descartar también esta alternativa.

Los tres procesos mencionados no son solamente los más populares dentro de su clasificación sino también los que mas perspectivas tienen para justificarse dentro del -- proyecto que estamos realizando. Podemos probar con un sin número de alternativas y llega- ríamos a la misma conclusión (con resultados quizás mas contundentemente negativos); por- lo que nuestro proyecto debe dirigirse por el camino de una planta semi-integrada.

Una vez alcanzado esta conclusión nuestra siguiente pregunta sería:

¿Cual sería el mejor sistema de semi-integración.? Otra vez nos encontramos con una -- gran cantidad de posibilidades.

Con el fin de abreviar tomaremos dos caminos: 1) el de operar con carga -- fría hornos de hogar abierto, 2) y el de operar también con carga fría hornos eléctricos de- arco sobre la carga.

Para producir 99100 toneladas anuales de acero líquido, o sea aproximado-

mente 330 toneladas diarias consideramos un horno de hogar abierto de 150 toneladas de capacidad vaciando dos coladas diarias y un horno eléctrico de 60 toneladas vaciando 5.5 coladas diarias. La comparación de inversión necesaria es como sigue:

	Horno de Arco de 60 Tons.	Horno de Hogar A- bierto de 150 Tons.
Horno completo con cimentación e instalación	450.000.00	750.000.00
Equipo para cargar chatarra, mol- des, ollas de vaciado, inventario inicial, partes de repuesto, elec- trodos en el caso del horno eléctri- co, etc.	175.000.00	225.000.00
Grúas, manejo de chatarra y esco- ria, cajas de escoria, extractor de- lingotes, etc.	300.000.00	425.000.00
Edificios	<u>275.000.00</u>	<u>250.000.00</u>
T o t a l:	1.200.000.00 dólares	1.650.000.00 dólares

La comparación de costos aproximados para producir una tonelada de acero

en estos hornos sería como sigue:

	Horno de arco de 60 tons.	Horno de Hogar Abierto de 150 tons.
Combustible para el horno de hogar abierto; energía eléctrica y electro- dos para el horno de arco.	4.20	3.30
Moldes y placas	1.25	1.20
Fundentes	0.50	0.50
Refractario para ollas tapones de -- grafito y boquillas de arcilla	0.20	0.20
Mano de obra y supervisión.	0.55	0.65
Reparaciones y mantenimiento.	0.30	0.55

Refractarios	0.60	0.70
Laboratorios	0.20	0.20
Herramientas, suministros varios	0.25	0.40
Servicios generales (agua, electricidad, aire comprimido, etc.)	0.25	0.40
Provisiones para reconstrucción.	0.55	1.60
Gastos generales.	<u>2.20</u>	<u>2.90</u>
T o t a l:	11.05 dólares	12.60 dólares

Por lo anterior se ve que además de incurrir en una inversión considerablemente mayor para el caso del horno abierto (450,000.00 dólares por encima de la instalación del horno eléctrico) nuestros costos de transformación serían mayores para el horno de hogar abierto. La diferencia de  $12.60 - 11.05 = 1.55$  por tonelada, nos representa para una producción de 99.100 toneladas un ahorro anual de 154,000.00 dólares en favor del horno de arco lo cual quiere decir que si utilizamos esta ganancia y la aplicamos en contra de una instalación para generar digamos 16000 KW habremos amortizado el costo de la planta en menos de diez años si tomamos una cifra de 100.00 dólares como el costo de instalación para generar un KW en plantas de esta capacidad.

La comparación entre los dos métodos más aceptados para la fusión de chatarra para la obtención de acero líquido nos lleva automáticamente a la selección de un horno eléctrico de arco. Será sobre esta base entonces que partiremos en la selección de nuestro equipo.

Para producir 330 toneladas de acero diarios es decir aproximadamente 14-toneladas por hora y tomando en consideración un consumo de energía eléctrica de 550 KWH por tonelada de acero y un factor de potencia promedio de 0.85 tendremos necesidad

de instalar un transformador de 10,000 KVA, La práctica moderna es sin embargo la de utilizar transformadores sobrados en capacidad con el fin de reducir lo mas posible el ciclo de fusión de una carga normal ó lograr vaciar cargas de capacidad mayor a la nominal dentro de tiempos aceptables. Es por esta razón que seleccionaremos un transformador de 16000 -- KVA para nuestro horno.

Sobre la base de 5,5 coladas por día seleccionaremos un horno de 60 toneladas métricas por colada. Esta capacidad corresponde a un horno de 17' - 0" de diámetro en el casco; a esta dimensión habrá que restarle 2' - 3" que corresponde al refractario de 13- $\frac{1}{2}$ , para llegar a un diámetro efectivo de 14' - 9".

b)

### HORNO ELECTRICO

El horno eléctrico considerado es una unidad de fusión que trabaja a base de transformar energía eléctrica en energía térmica. Esta conversión se realiza por medio de arcos voltaicos establecidos entre tres electrodos de grafito y la carga por fundirse. La energía térmica resultante está en relación directa a las corrientes que circulan por los electrodos y a las resistencias eléctricas de cada arco. Para poder materializar este principio de transformación de energía, es necesario un conjunto de partes mecánicas y eléctricas indicadas a continuación:

#### Equipo Eléctrico.

a).- Transformador Principal .- Para poder hacer circular grandes corrientes entre los electrodos y la carga, sin incurrir en pérdidas eléctricas excesivas o en desbalances del sistema eléctrico de distribución al cual se va a conectar el horno, es necesario -- instalar un transformador que reduzca el voltaje primario a aproximadamente 250 volts para la primera derivación. Este transformador, al cual usualmente se refiere como transformador principal del horno, es de diseño muy especial y constituye la parte esencial del equipo -



eléctrico con que debe de contar un horno. La razón del diseño especial se debe a la necesidad del transformador de poder absorber corrientes controladas de corto circuito por un tiempo razonable; de no ser así, cada vez que los electrodos hicieran contacto con la carga provocando un corto circuito, el interruptor del transformador principal tendría que actuar para evitar la destrucción del transformador.

Debido a consideraciones de tipo económico, así como a la necesidad de estabilizar el arco en instalaciones con transformador principal de menos de 7,500 KVA, se intercala un reactor en serie con el transformador. Este reactor se coloca del lado de baja del transformador y dentro del tanque del mismo. En instalaciones con transformador de capacidad superior a los 7.500 KVA, la reactancia inherente del sistema eléctrico es suficiente para estabilizar el arco y para reducir la corriente de corto circuito a 2.5 o 3 veces el valor de la corriente normal. Por esta razón no se requiere la instalación de un reactor en el horno de 16,000 KVA que hemos seleccionado.

Los transformadores principales para horno de arco, son usualmente enfriados con agua, por medio de un serpentín de cobre. Debido a la necesidad de entrelazar las barras secundarias, las terminales paralelas se sacan sin conectar. Por otro lado, con el fin de reducir a un mínimo posible las pérdidas inductivas, las conexiones de fase a fase se hacen lo más cercano posible a los electrodos; el arreglo del secundario es por consiguiente en delta abierta, es decir con las terminales de cada fase abiertas.

Para poder obtener una mayor versatilidad en la operación del horno, es deseable sacar un número relativamente alto de derivaciones en el secundario; por esta razón, el primario del transformador principal se diseño abierto para permitir conexiones en delta o estrella. Con 6 a 12 derivaciones que se saquen, al afectar el cambio de delta a estrella en el primario se podrá contar con 12 a 24 derivaciones en total.

El mecanismo del cambiador de derivaciones deberá localizarse dentro del tanque del transformador principal; este mecanismo, según la práctica norteamericana es del tipo de operación sin carga; de acuerdo con la práctica europea sería de operación bajo carga.

b).- Interruptor principal.- Debido al número de operaciones diarias al que está sujeto este interruptor, sobre todo si los cambios de derivaciones en el transformador principal se hacen sin carga, el interruptor deberá ser para servicio pesado. La práctica actual es la de instalar equipos blindados con interrupción a base de soplo magnético. Este tipo de interruptor tiene sobre aquel que trabaja bajo aceite, entre otras, la ventaja de poder reducir la severidad de las crestas de voltaje que se producen al sacar el transformador del circuito.

Además de proteger al transformador en contra de sobrecorrientes mantenidos por un período superior al permisible, este interruptor actúa en contra de una operación inadecuada de la instalación; si en aquellos transformadores con cambiador de derivaciones sin carga, se intenta efectuar un cambio de voltaje secundario cuando el horno está trabajando, se provocará el disparo del interruptor, si se intentan abrir las mordazas de los electrodos cuando el horno está operando el interruptor también abrirá el circuito; por medio de una interconexión adecuada, también evitará que se abran las cuchillas seccionadoras de alto voltaje, colocadas inmediatamente después de la mufa, antes de abrir el interruptor del transformador principal, etc.

c).- Equipo auxiliar.- Como complemento a los dos aparatos eléctricos arriba mencionados, se instalan entre la conexión a la red de distribución y el interruptor del transformador principal, cuchillas tripolares seccionales actuadas por medio de pértiga, así como un transformador de medición entre el interruptor y el transformador principal, Es

te transformador de medición se utiliza para alimentar los devanados de los diversos instrumentos colocados en el tablero de operación, tales como amperímetros, voltímetro con selector de fases, wattímetros indicadores de potencia por fase, wathorímetro, vámetro, -- etc. En este mismo tablero se encuentran localizados los reóstatos para ajuste de corriente-óptima, así como manijas para accionar el interruptor, seleccionar derivaciones y deslizar los electrodos.

d).- Equipo de regulación del arco.- La necesidad de un sistema de regulación que posicione los electrodos a una altura adecuada sobre la carga de chatarra, se entenderá fácilmente si se describe la forma en la cual los electrodos logran fundir la carga fría.

Después de haber vaciado una carga líquida, el horno se vuelve a cargar con chatarra, se hace girar y descender la bóveda que cierra el casco y se bajan los electrodos hasta lograr establecer el arco. A base de fundir el metal frío que encuentran a su paso los electrodos comienzan a penetrar en la chatarra; el metal líquido fundido por éstos escurrirá hacia el fondo del casco.

Llegará un momento en que los electrodos habrán perforado la carga de chatarra y empiecen a establecer arco con el charco de metal líquido depositado. Estas horas provocarán derrumbes de chatarra en contra de los electrodos, causando innumerables cortos circuitos; será necesario en esos momentos el levantar el electrodo para volver a establecer el arco.

Bajo esta última condición de corto circuito, el voltaje es cero. Por otro lado, si el electrodo al ser izado es posicionado por encima de la distancia a la cual se establece el arco para un voltaje determinado, se obtendrá la condición de máximo voltaje y cero corriente. Es necesario, por consiguiente, regular la posición de los electrodos para

una cierta corriente que reúna las condiciones de calorías necesarias y buen factor de potencia para el sistema.

El circuito básico de un horno eléctrico puede representarse por medio de tres elementos en serie, a los cuales se imprime un voltaje de línea  $E$ . Estos elementos son una resistencia inductiva  $X$ , una resistencia óhmica  $R$  y la resistencia del arco  $R_a$ . La expresión  $\sqrt{X^2 + R^2}$  será la impedancia del horno en circuito abierto.

La corriente eléctrica que circularía por este circuito básico sería:

$$I = \frac{E}{\sqrt{X^2 + R^2} (R + R_a)} \quad (1)$$

y la potencia útil del sistema sería:

$$W = I^2 R_a \quad (2)$$

Sustituye (1) en (2), tendremos:

$$W = E^2 \frac{R_a}{X^2 + R^2 + (R + R_a)^2} \quad (3)$$

Esta última expresión al ser diferenciada alcanza para  $W$  un valor máximo cuando:

$$R_a = \sqrt{X^2 + R^2} \quad (4)$$

o sea cuando la resistencia del arco es igual a la impedancia del horno en circuito abierto.

Siguiendo un razonamiento paralelo se podrá encontrar que la potencia máxima que se podrá introducir en el circuito, o sea  $I^2 (R + R_a)$ , ocurre cuando la resistencia inductiva del circuito es igual a la suma de las dos resistencias óhmicas, es decir cuando

$$X = R + R_a \quad (5)$$

Cuando en un horno existe la condición indicada bajo (5), el factor de po-

tencia será 0.707; el número total de KW sería entonces igual al de los KVAR.

La corriente óptima que servirá como base para el sistema de regulación será aquella que dé máximo número de KW en el arco y no máximos KW en el circuito. Con el fin de poder mejorar el factor de potencia se podrá hacer disminuir ligeramente la corriente óptima. Tal y como se podrá apreciar en la página 43, si se desplaza el valor de la corriente ligeramente hacia la izquierda del punto donde ocurre la corriente óptima, se encontrará que la disminución de KW en el arco es relativamente pequeña si se compara con el mejoramiento apreciable en el factor de potencia.

Esta corriente óptima deberá seleccionarse para cada derivación del transformador. En la página 43, se indican 4 curvas de KW en el arco para un transformador capaz de entregar al horno 15,000 KW a una corriente óptima de 35,000 amperes para la primera derivación.

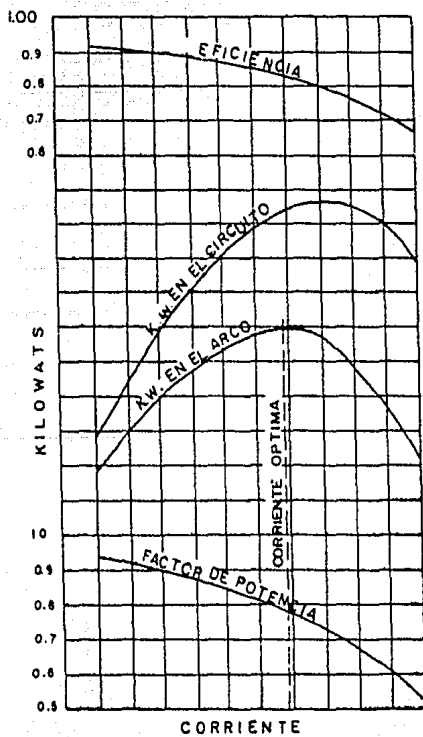
Aún cuando la corriente óptima puede calcularse a partir de la fórmula,

$$I_{opt.} = \frac{KW \times 10^3}{3 E \times \phi} \quad (6)$$

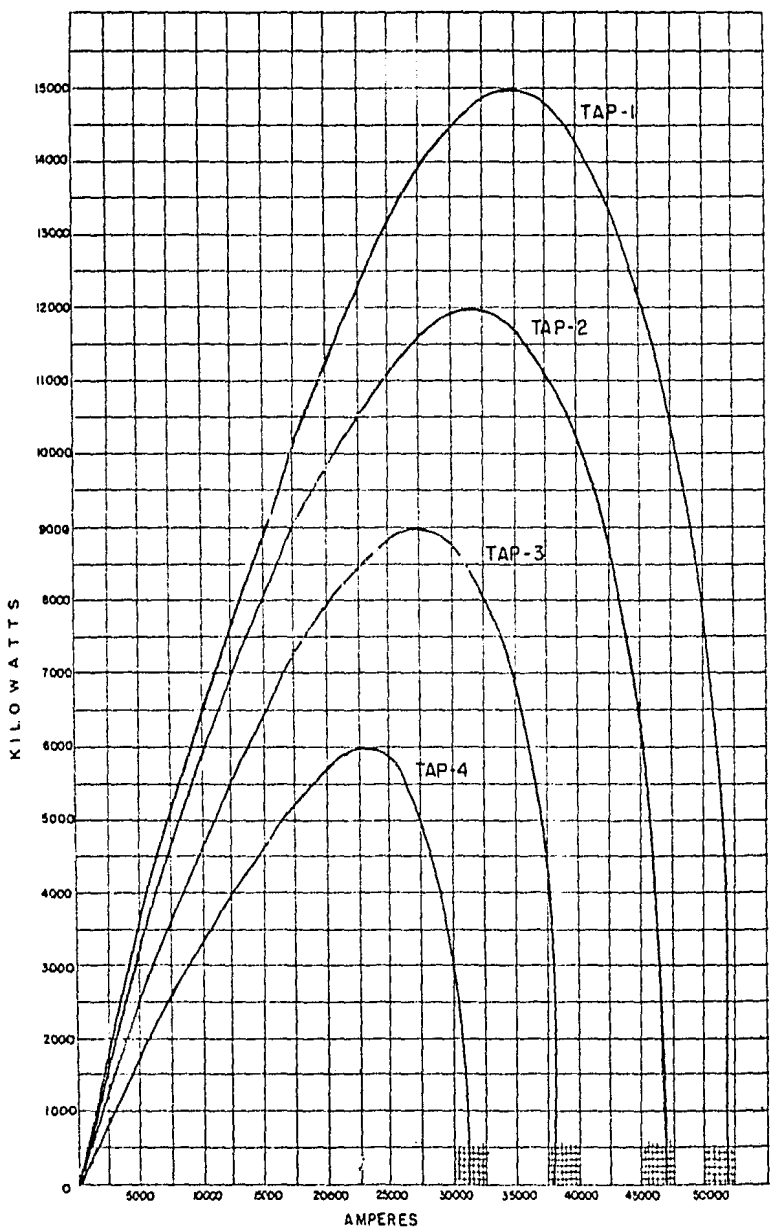
es más indicado el construir una gráfica que relacione KW en el arco con amperes en el circuito y factor de potencia y seleccionar en ella el valor de la corriente que deberemos regular para nuestras condiciones especiales.

En la expresión (6), E es el voltaje de fase a neutro, KW es el máximo valor de potencia útil para la derivación de voltaje considerada. El factor 3 se introduce en la ecuación por tratarse de un sistema trifásico en donde la potencia total es la suma de las potencias por fase. El factor  $\phi$  es el factor de potencia que existe para la condición de máximos KW útiles, o sea

$$\cos \phi = \frac{R + \sqrt{R^2 + X^2}}{\sqrt{X^2 + (\sqrt{R^2 + X^2} + R)^2}} \quad (7)$$



CURVA DE EFICIENCIA Y FACTOR DE POTENCIA



CARACTERISTICAS DEL HORNO

Los sistemas de regulación actuales operan a base de una señal de impedancia, es decir, a base de una combinación de una señal de corriente y otra de voltaje.

En el sistema mas elemental como es la viga balanceada se energizan dos bobinas, la primera por medio de un transformador de corriente colocado en las barras secundarias y la segunda por medio de una conexión entre los portaelectrodos y tierra, la cual imprimirá voltaje de línea a la bobina. Estas dos bobinas trabajan en forma opuesta; cuando el electrodo está tocando la chatarra, la bobina de corriente se energiza en forma proporcional a la corriente de corto circuito que está circulando por el horno; al mismo tiempo la bobina de voltaje se desenergiza ya que como indicamos anteriormente bajo la condición de corto circuito, el voltaje se hace cero. Al energizarse la bobina de corriente, atrae un extremo de la viga balanceada, provocando que el sistema mecánico o hidráulico que posiciona los electrodos levante el electrodo sobre la carga. Una condición inversa sucedería cuando el electrodo estuviera demasiado levantado sobre la carga; aquí la corriente sería nula y el voltaje máximo. La bobina de voltaje se energizaría provocando una inclinación de la viga balanceada que operaría el cierre de otros contactos con el resultado final de que el electrodo principiaría a descender.

Las dos condiciones arriba mencionadas son extremas. En cualquier sistema de regulación, sin embargo, al hacerse circular por el circuito una corriente superior o inferior a la óptima o a cualquier otra corriente que seleccionemos para ser controlada, provocará un desbalanceo del sistema de control y por consiguiente una corrección más o menos inmediata.

Como sistemas de regulación mas refinados, podemos mencionar la Amplidina o su equivalente Regulex y Rototrol, así como el nuevo sistema denominado de baja inercia que funciona por medio de una estación de transistores que energizan un embrague



de corrientes parásitas que actúa como acoplamiento entre un motor de corriente alterna y un malacate que posiciona por medio de cables de acero a los electrodos. La ventaja que ofrece este sistema sobre cualquier otro de tipo mecánico, es además de su baja inercia y simplicidad en diseño, el hecho de que opera en forma unidireccional.

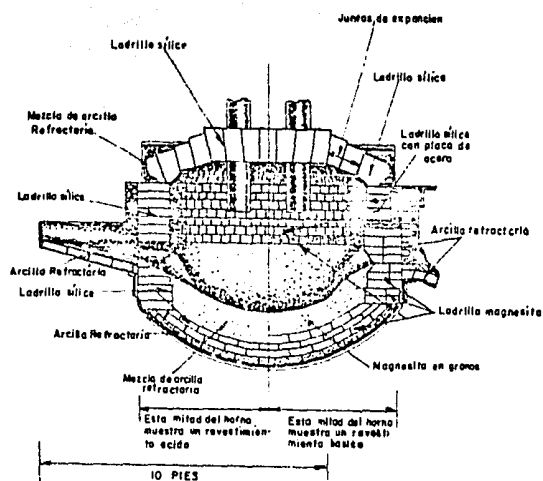
### Equipo Mecánico

Básicamente la parte mecánica del horno consiste de las siguientes partes:

a) Casco y Bóveda.- El recipiente cerrado donde se carga y funde la chatarra consiste de un casco con paredes de sección circular y un fondo esferoidal. La bóveda que lo cierra es únicamente un anillo usualmente refrigerado por agua que efectúa sobre el casco un sello por medio de arena refractaria.

El casco y la bóveda son revestidos de material refractario tal y como se indica en la página 47. El revestimiento ácido mostrado en la mitad izquierda de esta última figura es utilizado cuando la eliminación de fósforo y azufre no constituye problema, bien sea porque la práctica de fundición no lo demande o porque la selección de chatarra ha sido realizada a base de apartar sólo aquellas piezas que tengan fósforo y azufre en proporción igual o menor al del producto final. La práctica normal de una fundición como la que estamos considerando nosotros, requiere el control de estos dos elementos a valores relativamente bajos; consideraciones de tipo económico, por otro lado, no permiten la adquisición o selección de la chatarra que nos diera contenidos de azufre y fósforo iguales a los del producto final. Por esta última razón, el revestimiento que utilizaremos en nuestro horno será de tipo básico, el cual permite la reducción de los dos elementos mencionados.

b).- Portaelectrodos y Columnas.- Los portaelectrodos actúan como conexión entre los cables flexibles y los electrodos de grafito. La segunda terminal de los ca--



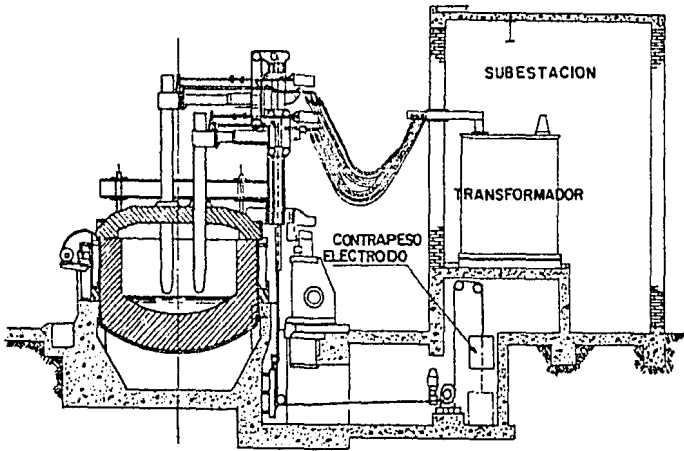
REVESTIMIENTO TÍPICO DE UN HORNO DE ARCO

bles flexibles está conectada a las barras secundarias del transformador principal del horno (Pág. 49 ). Estos portaelectrodos consisten básicamente de un brazo de sección circular y una mordaza de cobre electrolítico que sujeta al electrodo y efectúa el contacto eléctrico. Los electrodos usualmente se hacen deslizar o sujetar en posición al actuar un sistema neumático sobre una cuña con dientes de sierra. Las mordazas son enfriadas por agua con el fin de obtener buen contacto eléctrico y alargar su duración.

Las columnas están en ángulo recto en los brazos portaelectrodos. Existen dos tipos de columna en los sistemas a base de malacate: la fija que actúa como guía de los brazos portaelectrodos y la móvil en donde la columna es integral con el brazo. En este último diseño, que es el que se sigue usualmente en hornos de capacidad superior a 20 tons. por colada, la columna sube o desciende junto con los electrodos al actuar el sistema de control del arco. En sistemas hidráulicos para posicionar los electrodos la columna es un pistón hidráulico en sí que se levanta o desciende con el brazo portaelectrado.

El brazo consiste de dos tubos concéntricos separados por un aislamiento de mica; el tubo interior sirve como conducto eléctrico y el exterior como soporte estructural.

La práctica normal para el horno de fundición que estamos considerando es la de utilizar electrodos de grafito que se añaden en secciones de longitud variable por medio de un niple. En este horno con transformador de 16,000 KVA, tendremos necesidad de utilizar electrodos de 20" de diámetro, los cuales tienen una capacidad de conducción de corriente de 25,500 a 35,000 amperes cada uno. La corriente máxima que circularía en el circuito de nuestro horno sería de aproximadamente 12,500 amperes en la primera derivación de 395 volts. Cuando los electrodos hicieran corto circuito, tendríamos en circulación una corriente de aproximadamente 2.5 veces este último valor, o sea, 31,250 amperes. El electrodo de 20" sería por consiguiente, capaz de conducir esta corriente sin subli



mizarse.

3.- Sistema para levantamiento y giro de la bóveda.- Antiguamente los hornos se cargaban por una puerta localizada en el casco del horno.

Hoy en día los hornos se cargan por la parte superior del casco, haciendo levantar y deslizar o girar la bóveda. El ahorro de tiempo requerido para cargar un horno se reduce considerablemente por medio de este último sistema. La reducción en costos de transformación se reducen igualmente en forma considerable.

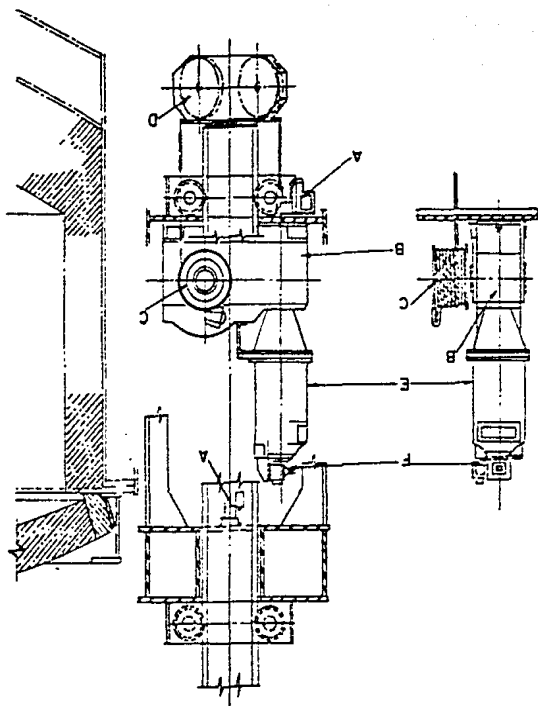
El método de levantar la bóveda por medios mecánicos y deslizar por medio de una grúa de pórtico está desapareciendo de la práctica de fundición. El medio universal para poder cargar el horno por la parte superior del casco, es hoy en día el de hacer girar la bóveda aproximadamente  $18^\circ$  sobre la parte superior del casco y el segundo de los cuales la hace girar  $90^\circ$  para dejar el horno completamente descubierto. Al girar la bóveda se efectúa la rotación de lo que se denomina superestructura del horno, es decir, el conjunto de electrodos, portaelectrodos y columnas. Los cables flexibles por consiguiente, deberán tener una longitud suficiente para permitir este giro.

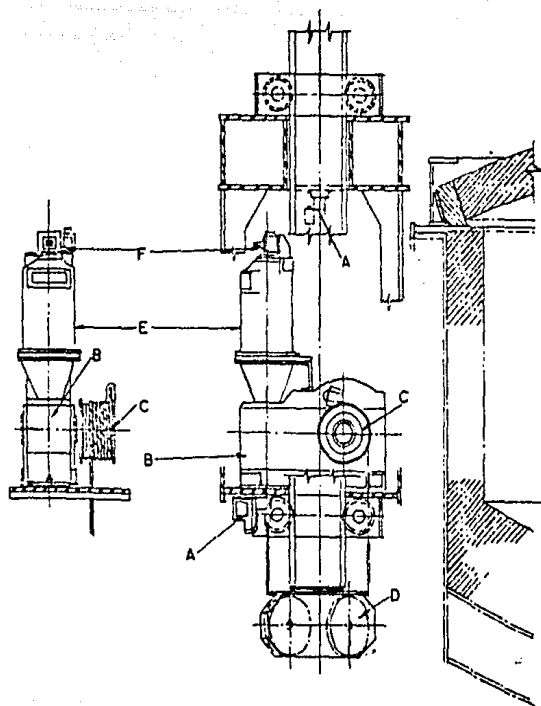
d.- Sistema de basculación del horno. Para poder vaciar o desescoriar el horno, es necesario bascularlo. Esto se logra usualmente por medio de cilindros hidráulicos que empujan el horno  $40^\circ$  hacia adelante para vaciar y  $15^\circ$  en sentido opuesto para quitar la escoria. El giro se efectúa sobre un punto desplazado con respecto al centro de gravedad del horno, de tal forma que si al vaciar el acero, el sistema hidráulico sufre algún desperfecto, el horno regresa a su posición normal por su propio peso. El método más común utilizado para guiar la operación de basculación es el de emplear un sector circular de engrane y una cremallera; el primero se coloca en el casco del horno y la segunda en la cimentación que soporta al horno.

e.- Mecanismo para posicionar los electrodos.- Existen dos tipos de mecanismos que posicionan los electrodos al recibir la señal de impedancia por cualquiera de los métodos indicados anteriormente: el sistema a base de malacates y el sistema hidráulico.

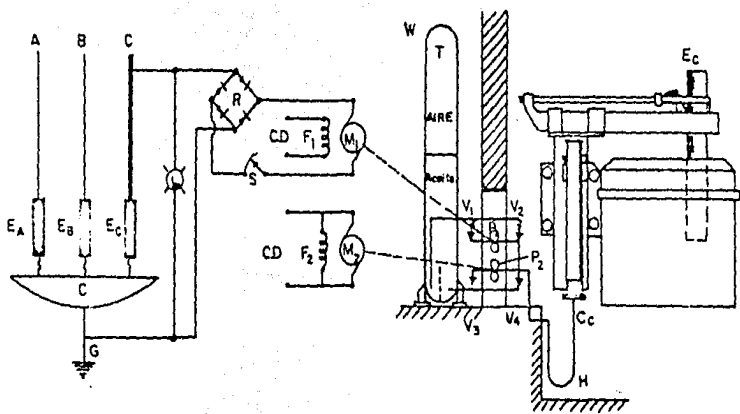
El sistema a base de malacates, con excepción del control que hemos denominado anteriormente como de baja inercia, consiste en un motor de corriente directa y el propio malacate. A este motor de corriente directa se le imprime la señal amplificada resultante de comparar la señal de corriente y la de voltaje. El motor de corriente directa es bidireccional; su flecha está acoplada a un sinfín que impulsa a un engrane que es precisamente quien hace girar al malacate. Con el fin de reducir a un mínimo la capacidad del motor del malacate y obtener respuestas rápidas, se utilizan contrapesos. El malacate es el punto central entre contrapeso y columna-portaelectrado. En la página 52, se ilustra este arreglo.

El sistema hidráulico para posicionar los electrodos se indica en la página 53. La señal de impedancia alimenta a través de un grupo de rectificadores el campo de un motor de corriente directa  $M_1$  que acciona la bomba  $P_1$ , la cual hace circular aceite desde el cilindro  $C_c$  hasta el tanque T. Por otro lado, el motor  $M_2$  conectado directamente a la bomba  $P_2$  hace circular aceite en una cantidad constante desde el tanque T hasta el cilindro  $C_c$ . Cuando los motores  $M_1$  y  $M_2$ , giran a la misma velocidad, la bomba  $P_1$  introducirá al cilindro  $C_c$ , la misma cantidad de aceite que  $P_2$  tratará de regresar desde este último. Bajo estas condiciones, el flujo resultante será nulo y los electrodos permanecerán inmóviles. Cuando  $M_1$  reduce o incrementa su velocidad, la diferencia en el gasto entregado por las bombas al cilindro  $C_c$ , hará descender o subir los electrodos. Puede verse -- que en realidad la bomba  $P_2$  es una bomba "patrón" mientras  $P_1$  actúa como simple válvula de medición.









CONTROL DEL HORNO DE ARCO

Además del sistema hidráulico mencionado, existen otros que trabajan más o menos bajo la misma idea de comparar la resultante del sistema de control con un flujo constante; limitaciones de espacio hacen imposible el que podamos señalarlos.

Los sistemas hidráulicos o mecánicos a base de malacates para posicionar los electrodos, proporcionan resultados análogos por lo que se refiere a consumo de energía eléctrica, siempre y cuando estén trabajando en conjunto con un sistema eléctrico de regulación que proporcione fidelidad y buena respuesta, tal como la Amplidina o sus equivalentes.

Básicamente se puede decir que el sistema hidráulico ofrece ciertas ventajas durante el período de fusión, debido a que efectúa correcciones más rápidas; en el período de refinación donde el arco no se interrumpe con frecuencia, un sistema que posiciona los electrodos con un poco de lentitud, es más deseable, ya que las interrupciones de grandes corrientes son indeseables cuando nos son absolutamente necesarias. Esta última observación se hace más cierta, a medida que el tamaño del horno va en aumento. Por lo que se refiere a costo de mantenimiento, el sistema mecánico a base de malacates ofrece considerables ventajas.

El sistema con respuesta intermedia es precisamente el que opera a base de embragues de corrientes parásitas; la popularidad de este último está aumentando considerablemente y creemos que por las razones ya señaladas, además de su simplicidad y bajo costo, deberá ser el sistema que elijamos en el horno que hemos considerado.

f.- Misceláneos.- Además de las partes esenciales arriba indicadas, el horno eléctrico cuenta con sistemas auxiliares para accionar los dispositivos, indicados. Un sistema neumático es necesario para proporcionar aire comprimido a los cilindros que actúan los cuñas que sujetan los electrodos así como para levantar y cerrar la puerta de es-

coriación. Una estación de bombeo se requiere para accionar los cilindros hidráulicos que basculan el horno y hacen levantar y girar la bóveda.

Además de la refrigeración ya mencionada de los anillos de la bóveda y las mordazas de los electrodos, debemos mencionar la de las jambas de las puertas en el casco, así como la de los anillos de acero que se colocan en la bóveda y a través de los cuales pasan los electrodos. Debemos mencionar, incidentalmente, que en algunas instalaciones, estos anillos se han hecho de acero inoxidable con el fin de eliminar pérdidas inductivas por la proximidad de los electrodos.

Después de haber discutido los fundamentos de un horno eléctrico, podemos dar a continuación las características generales del horno que hemos seleccionado: un horno de arco eléctrico con casco de 17' - 0" de diámetro para vaciar aproximadamente 60 toneladas métricas por colada. El transformador principal del horno tendrá 16,000 KVA de capacidad a 55° centígrados, 13.2 KV, 3 fases, 60 ciclos: los voltajes secundarios serán 395, 370 y 345 a plena capacidad y 325, 305, 290 y 275 a capacidad reducida. Estos últimos voltajes se logran a base de conectar en delta el lado de alta tensión; 7 voltajes más podrán conseguir al conectar el lado de alta en estrella. Interruptor tipo blindado de soplo magnético con capacidad interruptiva de 250 MVA, 1,200 amperes. Sistema de regulación a base de comparar señales de corriente y voltaje en una estación de transistores. Sistema de baja inercia para posicionar los electrodos compuesto básicamente de un motor de corriente alterna, un embrague de corrientes parásitas y un malacate.

Sistema hidráulico para levantar y girar la bóveda, así como para bascular el horno. Columnas móviles: anillo para bóveda enfriada por agua: mordazas actuadas neumáticamente. Refractario básico con ladrillo de 13-1/2" de espesor en las paredes del casco; fondo revestido con ladrillo y magnesita apisonada con espesor total de 24", dando una ca

pacidad volumétrica total de 1,478 pulgadas cúbicas hasta la parte inferior de la puerta de descoriación o sea 152,000 libras de peso de metal líquido.

c)

### VACIADO CONTINUO

En el proceso convencional de fabricación de aceros planos, el planchón de - aproximadamente 4" a 8" de ancho, es la materia prima que entra a los molinos terminados - res calientes. Los pasos a seguirse en la elaboración de este planchón a partir de acero líquido proveniente de un horno de aceración son los siguientes:

El metal fundido en los hornos de aceración es transportado por medio de - una olla a una estación en donde se vacía el metal líquido en lingoteras. Completada la solidificación del lingote éste es transportado a una estación de desmoldeo donde se extrae la lingotera. El lingote es inmediatamente llevado a las fosas de recalentamiento donde se eleva y homogeniza su temperatura para poder laminarlo en un molino de - planchones. Es precisamente en este molino que se obtiene el planchón como producto semi-terminado al mismo tiempo que como materia prima para la obtención de chapa o placa laminada en caliente.

Desde hace tiempo se ha pensado en la posibilidad de vaciar continuamente - este planchón a partir del acero líquido obtenido en los hornos de aceración. Bajo este proceso se eliminaría el vaciado ortodoxo de lingoteras, el recalentamiento subsecuente del - lingote en las fosas de recalentamiento, la reducción del lingote en planchón por medio de un molino de laminación en caliente y por último todas las maniobras para transportar el - acero a través de estos pasos.

En 1857 Bessemer patentó un proceso en el que el acero líquido era alimentado a un molino de chapa en el que los rodillos eran enfriados por agua y estaban provistos de collares en sus extremos para prevenir el flujo del metal a lo largo del eje de los radi-

llas. Desde esa fecha hasta la actualidad se han logrado considerables adelantos que han permitido la realización de la idea de Bessemer de vaciar acero en forma continua.

Hoy existen en el mundo un total de 70 instalaciones de vaciado continuo, sin incluir plantas de experimentación. Planchones de 8" x 60" están siendo vaciados continuamente en Dillingen. Palanquillas de 2 x 2" son vaciadas bajo producción normal en Aceros de Chihuahua, México. Dentro de estos límites existe una gama completa de secciones en forma de planchón, cuadrados o redondos.

Aceros efervescentes o calmados bajo análisis químicos simples o especiales son producidos indistintamente. Los cuatro millones de toneladas de acero que actualmente se fabrican por año entre todas las instalaciones de vaciado continuo, provienen bien sea de hornos de hogar abierto, convertidores u hornos eléctricos.

De todos los métodos de vaciado que se han probado solamente el que utiliza el principio del molde vertical o curvo, abiertos en ambos extremos y enfriados por agua han mostrado ser enteramente satisfactorios. Estas máquinas consisten básicamente de los siguientes elementos:

- 1.- Una olla que transportará el metal líquido desde los hornos de aceración hasta la plataforma superior de vaciado.
- 2.- Un recipiente intermedio revestido con ladrillo refractario y provisto de una o varias boquillas que alimentan y regulan el nivel de acero dentro del molde.
- 3.- Un molde abierto en ambos extremos y enfriado por agua que es el encargado de formar la piel de la sección.
- 4.- Una zona de enfriamiento secundario en la cual se consigue la solidificación de casi la totalidad de la sección.
- 5.- Un grupo de rodillos de tensión que son los encargados de extraer la sec-

ción y pasarla a través de:

6.- Equipo de enderezado y corte.

### Olla principal

Existen tres tipos de ollas:

a).- Las ollas comunes de vaciado por abajo con boquilla y tapón de grafito como válvula reguladora de flujo.

b).- Ollas tipo sifón o tetera en las cuales existe, en la pared de ladrillo, un pasaje tubular.

c).- Ollas tipo semitetera, provistas de un puente por debajo del cual el metal líquido tiene que pasar para alcanzar el pico de salida.

En las ollas tipo tetera y semi-tetera debido a la pared que existe enfrente del canal de colada el primer metal que vacían está libre de escoria. Para vaciar estas ollas es necesario bascularlas. Esta es su primera limitación. En ollas de gran capacidad, digamos superiores a 150 toneladas, el mecanismo basculante sería muy pesado.

El tipo de olla a escogerse depende principalmente de la sección transversal, duración de cada colada y condiciones locales. Debido al peligro de falla del tapon de grafito se ha establecido que el uso de ollas de vaciado por abajo se debe limitar a aquellos casos en que la vaciada no dura mas de 45 minutos.

Independientemente del tipo de olla que se utilice, es necesario precalentarla. Para ollas de la misma capacidad, el nivel de pre-calentamiento deberá ser sustancialmente el mismo para los tres tipos de olla. Sin embargo, debido a que el volumen de metal contenido en una olla cuando está llena es aproximadamente proporcional al cubo del diámetro medio de la olla, mientras que el área de enfriamiento, es decir, las paredes de la olla son aproximadamente proporcionales al cuadrado de su diámetro, es lógico suponer

que la temperatura de precalentamiento varíe con la capacidad de la olla. Para ollas de -  
 menos de 10 toneladas de capacidad, el nivel de precalentamiento es usualmente superior-  
 al punto de fusión del acero, mientras que una olla de 100 toneladas de capacidad no de-  
 bería ser precalentada a más de 500°C.

Como práctica complementaria para precalentar las ollas se recomienda el em-  
 pleo de quemadores para reducir al mínimo la diferencia entre la temperatura a la que se -  
 principia a vaciar y con la que se termina. El uso de estos quemadores es más necesario en  
 tre mas largos sean los períodos de vaciado. Por este método se logra que la temperatura -  
 del último acero que se vacía sea lo suficientemente alta para vaciar sin problemas y redu-  
 cir al mínimo la cantidad de acero congelado.

De esta forma se consigue que la relación de acero vaciado a acero original--  
 mente contenido en la olla sea de aproximadamente 98 %.

En lo que respecta a refractarios se ha encontrado que la duración de la hila-  
 da en contacto con el acero es de aproximadamente 10 coladas bajo la base de aceros de-  
 bajo carbono y 20 coladas en alto carbono.

#### Recipiente intermedio:

Con objeto de asegurar una velocidad constante del chorro de acero a la lingo-  
 tera durante todo el período de colada, se coloca un recipiente intermedio entre la olla y  
 la lingotera. Este recipiente generalmente tiene una sección trapezoidal y está provisto -  
 de un vertedero y una baquilla refractoria usualmente de silicato de zirconio.

Al igual que la olla de vaciado, el recipiente intermedio es precalentado en-  
 una forma directamente proporcional a su tamaño. Aquí también suele acomodarse un que-  
 mador para compensar las pérdidas de calor a través de las paredes refractorias.

Cuando se vacían continuamente planchones de gran tamaño suelen acomodar-

se hasta 4 boquillas en estos recipientes; en estos casos también suele utilizarse un tapón de grafito para regular el flujo a través de cada una de estas boquillas; así mismo, en instalaciones donde existe una olla alimentando varios hilos, suele colocarse una boquilla por hilo, cada una con su respectivo tapón de grafito. Una alternativa para resolver el problema de vaciar simultáneamente dos hilos por medio de una olla es la de utilizar un canal basculante entre la olla y los recipientes intermedios. Cuando existe una falla en uno de los hilos, el canal se bascula totalmente hacia el otro hilo.

Cuando se vacían secciones pequeñas, digamos una palanquilla cuadrada de 2", se recomienda el empleo de una boquilla con 4 u 8 ranuras radiales en su parte superior con el fin de eliminar una posible turbulencia.

La primera hilada de revestimiento refractario de este recipiente intermedio debe cambiarse después de cada colada, por lo que es recomendable que se cuente cuando menos con 5 recipientes intermedios por cada máquina de colada continua.

#### Molde:

Se utiliza el cobre electrolítico como material para el molde debido a su elevada conductividad calorífica; el enfriamiento se realiza con agua. La velocidad del agua de enfriamiento repercute en la extracción del calor. Numerosas investigaciones han demostrado la ventaja de operar con características de flujo turbulento, por ejemplo de 4 a 10 m/segundo. Durante la colada, la lingotera oscila con un movimiento de descenso que corresponde a la velocidad de los rodillos de extracción; el movimiento ascendente suele hacerse dos o tres veces mayor. El mecanismo de oscilación del molde puede obtenerse o bien mecánicamente por medio de excéntricos, o bien hidráulicamente. La carrera del molde es de 25 o 50 mm.

Recientemente se han puesto en práctica el principio de "extracción negativa"



que consiste en hacer descender el molde a una velocidad ligeramente superior a la de la sección que se vacía. En términos de la carrera del molde, esta extracción negativa puede ser hasta del 5 %. Es decir, en una carrera descendente, el molde cubrirá 50 mm. mientras que la sección vaciada habrá recorrido en el mismo tiempo solamente 47.5 mm.

Existen varias ventajas en el empleo de la "extracción negativa", las principales son:

1.- Se reduce la fricción entre el molde y la sección, lo cual hace disminuir la posibilidad de que se pegue la piel a la cara del molde eliminando de tal forma la formación de una pared falsa con lo cual se hace posible la obtención de velocidades de vaciado altas.

2.- Si llegan a producirse grietas debido a la fricción desarrollada durante la carrera ascendente, al efectuar el viaje de descenso, el molde las cerrará.

3.- Si la sección se pega a las paredes del molde debido principalmente a una falta temporal de lubricación, la piel se despegará bajo fuerzas de compresión.

Básicamente existen tres tipos de moldes. El primero es un molde maquinado a partir de una pieza sólida de cobre; dentro de las gruesas paredes formadas se taladran ductos para permitir el flujo de agua. Un segundo tipo de molde que se utiliza preferentemente en el vaciado de pequeños planchones y palanquillas es el molde tubular en donde se utilizan paredes relativamente delgadas de cobre electrolítico alrededor de las cuales fluye el agua de enfriamiento a alta velocidad. En su parte exterior el molde está rodeado por una carcasa de acero.

Un tercer tipo de molde es fabricado a partir de 4 placas atomilladas y reforzadas con placas gruesas de acero. Aquí se hacen ranuraciones adecuadas entre la placa de cobre y la de acero con el fin de permitir la circulación del agua de enfriamiento.

Frecuentemente los moldes llevan en la pared que entrará en contacto con el acero, una película protectora de cromo cuyo espesor es de 0.003" a 0.004".

Independientemente del tipo de molde utilizado deberán hacerse provisiones para que el molde pueda flexionarse para compensar expansiones térmicas localizadas. En el tipo de molde tubular esto se consigue dejando un claro entre la parte inferior de la pared de cobre y la carcasa de acero que se cierra con un sello de hule para evitar que salga el agua de enfriamiento. En el tipo de molde fabricado con 4 placas atornilladas se suelen acomodar resortes entre el molde y la carcasa de refuerzo.

Al pasar el acero líquido desde el recipiente intermedio hasta el molde entra en contacto con el medio ambiente. Para evitar su oxidación se utiliza un gas de protección tal como propano.

La vaciada se solidifica parcialmente en la lingotera y al abandonarla la "piel" o zona periférica solidificada tiene un espesor entre 6 y 25 mm., variable según la longitud del molde, la velocidad de colada, el sobrecalentamiento del acero, así como la capacidad de enfriamiento del molde. La contracción de la piel solidificada produce una pequeña cámara de aire entre esa piel y la pared de la lingotera o molde. Esa cámara de aire -- que se origina a cierta distancia del menisco del nivel de acero en el molde, reduce la extracción de calor en la misma, lo cual aconseja no disponer de lingoterías de excesiva longitud. Estas longitudes deben variar entre 1,000 y 1,500 mm. Esta contracción puede ser compensada ahusando dos de las paredes del molde que en el caso de vaciado de planchones serán las paredes estrechas.

La extracción de calor de las lingoterías o molde de cobre es de alrededor de  $.8 - 1.8 \times 10^6$  Kcal/m<sup>2</sup> h., que corresponde a unos 15-50 Kcal/Kg. de acero.

Zona de enfriamiento secundario.

Como dijimos anteriormente, a la salida del molde refrigerado por agua, la sección que se vacía tiene una piel mas o menos delgada y un núcleo en estado líquido. Es necesario enfriar la sección totalmente antes de que pase por la operación de extracción. Esta solidificación se logra en la zona de enfriamiento secundario.

Como vía de ilustración, podemos mencionar que en el vaciado de una sección de 7" x 17", la temperatura de la piel a la salida del molde es de aproximadamente 1050°C; a la salida de la zona de enfriamiento secundario la temperatura de la superficie de la sección es de 350°C; antes de llegar a la sección de corte, la temperatura exterior aumenta otra a 1,000 - 1,050°C.

La zona de enfriamiento secundario consiste de una columna vertical o curvada, dependiendo del tipo de máquina, de aproximadamente 1.5 a 3 metros de longitud en la cual se montan un grupo de boquillas que disparan perpendicular o tangencialmente agua de enfriamiento en contra de la sección que se vacía. Estas columnas pueden estar sostenidas por cadenas; si se trata de una instalación vertical en este caso su ajuste se logra por medio de la reacción de una boquilla con respecto a su compañera simetricamente opuesta. Mas popular que este método es el de montar la columna de boquillas sobre una estructura rígida. En lo que respecta al tipo de boquillas se ha descubierto que la boquilla que produce un cono sólido de agua es la más eficiente.

Los gastos de agua en la zona de enfriamiento secundario varían entre 0.3 y 1.0m<sup>3</sup> por minuto, dependiendo de su longitud. El consumo de agua en la zona de enfriamiento secundario es aproximadamente la mitad de la que se consume en la refrigeración del molde.

7.- Extracción, enderezado y corte.- Hasta este punto de la línea de vaciado continuo, la única diferencia sustancial entre la instalación que utiliza el molde vertical-

y la que emplea un molde curvo, está en el sistema de oscilación del molde. En la instalación que utiliza el molde curvado, la oscilación se realiza por medio de un brazo, fijo en uno de sus extremos y conectado al molde en el otro, que genera un arco que corresponde con el radio de curvatura que se da al molde. Este brazo deberá estar conectado con una leva u otro dispositivo similar que haga reciprocár al molde a una relación de velocidad de 2:1 o 3:1.

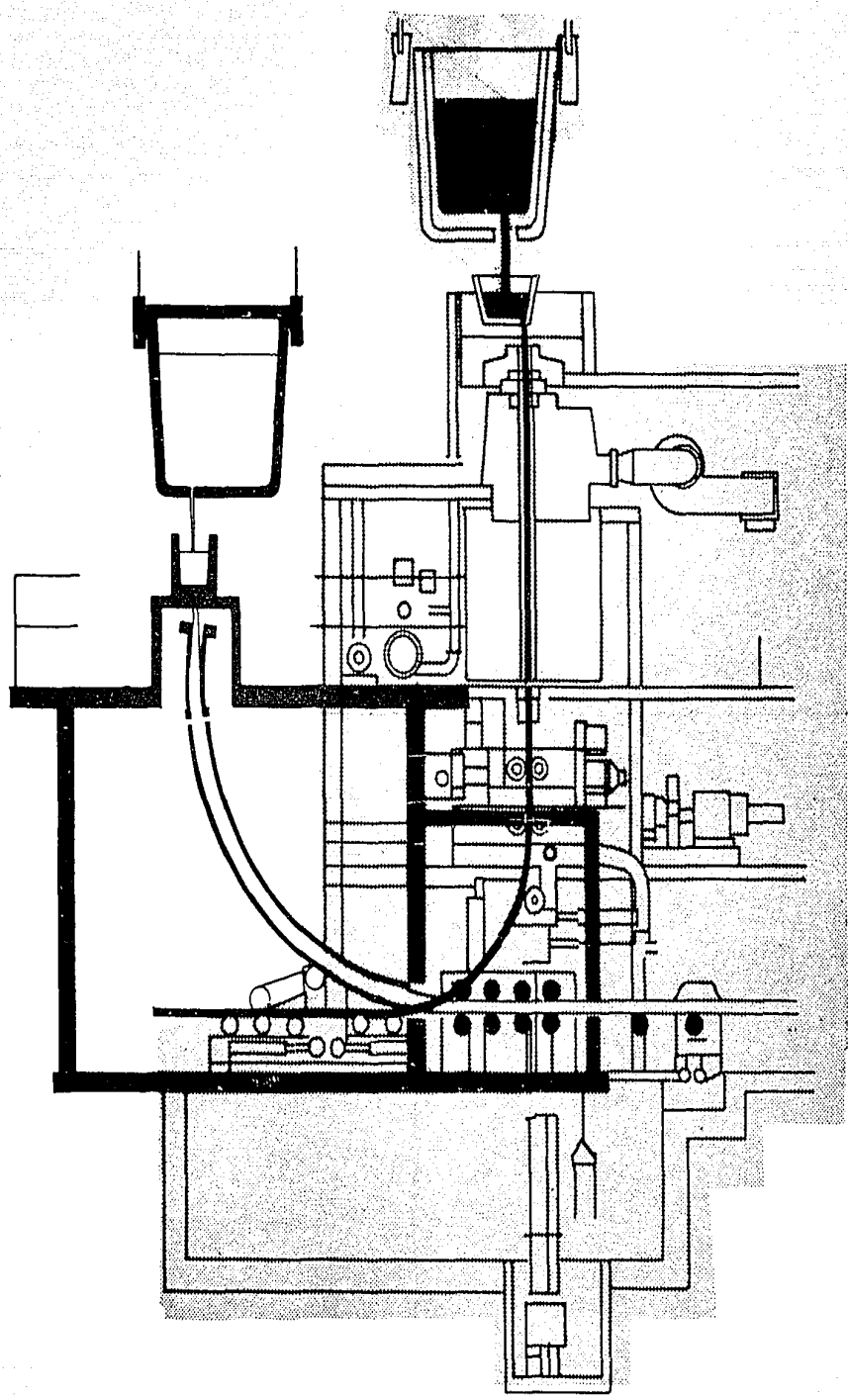
El radio de curvatura del molde está relacionado con el mínimo espesor de la sección que se vacía, por medio de la siguiente expresión:

$$G.C. = \frac{D}{2R} = 0.015$$

en donde G.C. es el grado de curvatura, D es el espesor de la sección que se vacía y R el radio del brazo de oscilación.

Sin embargo a partir de este punto de la instalación, la línea que utiliza el molde curvado se vuelve sustancialmente más simple que la línea que emplee el molde vertical. En la página , se nota que la altura total de la máquina vertical es sustancialmente mayor que la que utiliza el molde curvado. Es por esta razón, así como por la gran simplicidad de este último tipo de línea que la nueva máquina de vaciado continuo con molde curvado ha desplazado enteramente a la máquina convencional tipo vertical. Hoy en día no es necesario construir edificios especialmente altos para colocar una línea de vaciado continuo; la inversión inicial requerida para instalar la máquina, se ha reducido sustancialmente; los costos de transformación se han hecho menores a base de reducir la mano de obra requerida para operar la máquina; los rendimientos de la máquina de vaciado continuo se han superado.

En la máquina convencional la sección que se vacía se hace pasar desde la zona secundaria de enfriamiento a dos pares de rodillos extractores. Cada par tiene un



dillo fijo y otro móvil que actúa en contra de resortes comprimidos usualmente por medio de motores eléctricos independientes. Si la sección se va a doblar, se hace pasar por un rodillo operado hidráulicamente que curva la sección a un radio adecuado. Este rodillo es retráctil con el fin de permitir el paso de la barra falsa necesaria para principiar la operación de la máquina de vaciado continuo. En la tangente horizontal del radio que induce el rodillo que dobla la sección, se coloca un grupo de rodillos que efectúan las veces de rodillos de tensión y enderezador. Este conjunto de rodillos usualmente consiste de tres rodillos localizados en los vértices de un triángulo equilátero; dos de los cuales son fijos, y el tercero, que es el superior, se hace móvil. Los dos últimos rodillos de este conjunto están localizados uno sobre el otro y funcionan exclusivamente como rodillos de tensión para lograr la extracción completa de la sección vaciada. En seguida de este conjunto se instala equipo de corte manual o automático a base de cizallas o sopletes de oxiacetileno. Como equipo complementario será necesario instalar mesas de salida y de enfriamiento adecuadas.

En la instalación que emplea molde curvado, los dos pares de rodillos de extracción para la salida de la zona de enfriamiento, así como el rodillo que dobla la sección para colocarla en posición horizontal, son completamente eliminados. El conjunto de rodillos de enderezado y de tensión mencionado en la línea convencional se encargan de extraer y enderezar la sección a la salida de la zona de enfriamiento que sigue el mismo radio de curvatura que se ha dado al molde. El sistema de corte, mesas de salida y mesas de enfriamiento se hacen iguales en ambas instalaciones.

Otra diferencia que existe entre ambos tipos de instalación es la barra falsa que se utiliza para iniciar la vaciada. En el caso de instalación vertical, la barra falsa se hace usualmente a partir de varias secciones de acero sólido con macho y hembra en ambos extremos, los cuales al ser empalmados conectan los rodillos de extracción con la parte in-

ferior del molde. Una vez iniciada la vaciada, la barra falsa se hace descender en forma vertical a una fosa con una profundidad aproximada de 8 metros abajo del nivel del piso - donde se descarga la sección solidificada.

En la instalación a base de molde curvado, la barra falsa se hace flexible, -- usualmente a base de hule reforzado con acero. La tendencia que tiene esta barra falsa de resbalar en los rodillos de extracción es el minada al conectar un cable de acero al extremo que se introduce inicialmente, tensionándolo por medio de un malacate auxiliar.

En ambos casos, la parte de la barra falsa que encaja dentro del molde deberá estar provista de una o varias protuberancias generalmente en forma de tornillo cónico. Es to se hace con el fin de conseguir una mayor adhesión entre la barra falsa y el primer acero que se solidifica.

Para poder manejar la producción de acero del horno seleccionado, será necesario instalar entonces una máquina de vaciado continuo de 2 hilos, capaz de producir -- planchones de 6" a 8" de espesor y 31" a 45" de ancho.

En esta máquina se podrán vaciar continuamente planchones de acero calmado, semi-calmado o efervescente. Las velocidades de vaciado para cada una de estas calidades será diferente. De acuerdo con la práctica actual, se requiere una velocidad de aproximadamente 50" por minuto para las secciones arriba mencionadas, cuando se trata de acero - calmado; 45" para aceros semi-calmados y 32" para aceros efervescentes. El caso extremo por lo que se refiere a duración de colada estará dado por la sección de 6" por 31" en ace ro efervescente. Cada minuto, la máquina de vaciado continuo producirá aproximadamente 6,000" cúbicas o sea 1,500 lbs. En 45 minutos se podrán vaciar un poco mas de 30 tons. métricas de acero. Con dos hilos se conseguirá manejar la vaciada completa del homo. El tiempo de 45 minutos escogido como duración máxima de la colada continua, nos permite-

el empleo de ollas convencionales de vaciado por abajo y el empleo de bajos niveles de precalentamiento de los mismos.

Cuando se vaciara la sección de 6" por 31" en acero efervescente, podría seguirse la práctica de dividir el metal líquido en dos ollas de 30 tons. y trabajar cada hilo independientemente, o bien, hacer uso de un canal que dividiera el chorro de una olla de 60 tons. La primera práctica brinda más versatilidad pero representa el tener que realizar una inversión ligeramente superior.

El otro caso extremo sería el de vaciar acero calmado en planchón de 8" por 41". Aquí, el número de libras que se podrán vaciar por minuto serían aproximadamente 4,100, lo cual quiere decir que en aproximadamente 32 minutos se solidificará la carga completa del horno. Obviamente en este caso se necesitaría solamente hacer trabajar uno de los dos hilos de la máquina.

Debido a las grandes ventajas que ofrece la máquina que utiliza el molde curvado, será este el tipo de instalación que elijamos. La gama de velocidades que escogeremos para la máquina será de 15" a 90" por minuto y aún cuando inicialmente el tipo de acero que se trabajaría mayormente sería el efervescente, existe la posibilidad de que en un futuro se hiciera más popular el vaciado de aceros semi-calmados. La velocidad de 32" por minuto para aceros efervescentes pronto sería incrementada tan pronto los operadores de la máquina cobraran experiencia en esta práctica de vaciado. El corte y longitud del planchón se realizaría por medio de antorchas de oxiacetileno; la longitud standard que escogeremos para los planchones que procesaremos en laminación en caliente será de 16'.

d)

#### LAMINACION EN CALIENTE

Los planchones producidos en la máquina de vaciado continuo son usualmente enfriados y almacenados de acuerdo con una clasificación a base de tamaño y especificación



nes metalográficas.

La operación siguiente a la que se someten estos planchones es la de reacondicionamiento y laminación en caliente. Dependiendo del tipo y número de molinos calientes que se operen, el producto final puede llegar a tener un espesor mínimo que varíe entre 0.125" y 0.50".

Podríamos decir que existen 3 tipos de instalación de laminación en caliente de placa y chapa: trenes de laminación continuos, semi-continuos y puramente reversibles. En el primer tipo de instalación, cada molino dá una sólo reducción al material que se hace pasar por ellos. El segundo tipo usualmente consiste de un descascarillador, cuya misión principal es de eliminar la escama de óxido superficial que se forma en el planchón al salir del horno de recalentamiento, un molino reversible desbastador y 4 a 6 molinos unidireccionales en arreglo tandem. El molino desbastador puede terminar placa o producir una sección de aproximadamente 0.100" que es el material de entrada a los molinos terminadores de chapa en arreglo tandem. El tercer tipo de arreglo es el molino reversible que toma el planchón de 6 a 8" de ancho para terminar indistintamente placa o chapa. Este tipo de molino generalmente está precedido por un molino descascarillador y debe de contar con un par de rodillos verticales para controlar el ensanchamiento del planchón.

Este último tipo de molino será el que escojamos para la planta bajo estudio. La razón de esta decisión es puramente de tipo económico; los trenes continuos y semi-continuos solamente pueden justificarse para producciones medianas o altas, digamos superiores al medio millón de toneladas anuales.

Contraponiéndose a la ventaja de baja inversión inicial existe una desventaja del molino puramente reversible si lo comparamos con una instalación que utilice un tren tandem terminador de chapa. Uno de los factores que afectan la calidad del producto ter-

minado en un molino de chapa es la superficie de los rodillos de laminación terminadores.

Pese a la presencia de agua de enfriamiento, el acero, al pasar a altas temperaturas entre un par de rodillos de laminación, produce un choque térmico que se manifiesta en los rodillos en forma de pequeñas fisuras longitudinales y circunferenciales. El efecto es mayor mientras más alta sea la temperatura del acero que se esté laminando. De aquí se puede apreciar la conveniencia de que los últimos pasos de la laminación de chapa, -- donde el acero entra a más baja temperatura, se efectúen por rodillos diferentes de los desbastadores que son los que toman el acero a la salida del horno de recalentamiento.

En un molino reversible como el que estamos considerando, debido a la necesidad de impartir desbaste y acabado con el mismo par de rodillos, la superficie de la chapa laminada presentará ciertas imperfecciones superficiales usualmente indeseables sobre todo cuando se desea producir hoyalata. Para contrarrestar esta desventaja, será necesario contar con un inventario suficientemente grande de rodillos y ser especialmente cuidadosos en la operación del molino por lo que se refiere a controlar la magnitud del choque térmico. -- Esto último se puede lograr siguiendo una buena práctica de aplicación de agua de enfriamiento y de control de temperaturas del horno de recalentamiento.

Para calentar los planchones de acero utilizaremos un horno continuo de tres zonas equipado con un recuperador de doble paso.

Para manejar una producción de 95,000 toneladas anuales de planchones con anchos variables entre 31" y 41", largos de 96" a 192" y espesor constante de 6", será necesario contar con un horno de 50 tons. por hora sobre la base de operar un turno diario de 7 horas efectivas y 25 días hábiles por mes.

Si se emplea la cifra de 130 libras por pie cuadrado y por hora como la capacidad para la cual puede diseñarse un horno continuo de tres zonas, entonces el área a ser cu

bierta por el acero será de 845 pies cuadrados. Tomando como longitud máxima efectiva -- las 192" que corresponden al planchón más largo, tenemos que la longitud efectiva de la solera, o sea la longitud cubierta por el acero a calentarse, será de 53 pies.

Las dimensiones del horno deberán ser por consiguiente 18' x 60'. Estas distancias están tomadas entre las caras interiores del refractario. La dirección de desplazamiento de los planchones será obviamente perpendicular al eje mayor de los mismos.

Utilizando un peso específico de 490 libras por pie cúbico, tenemos que el tiempo que cada uno de los planchones permanecerá en el horno será de 2.13 horas o sea 127.8 minutos.

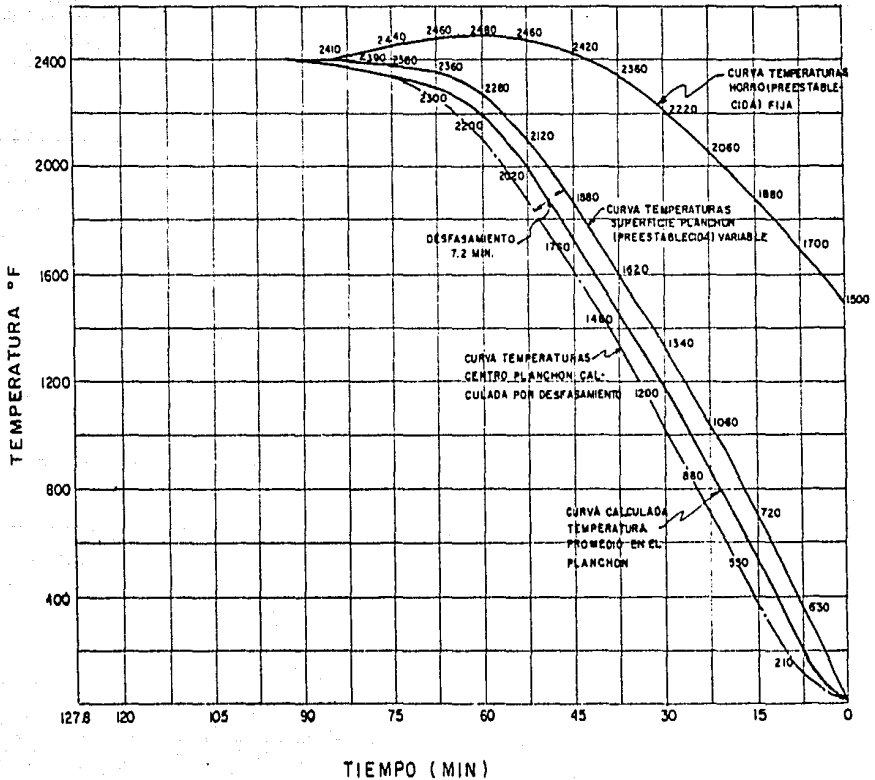
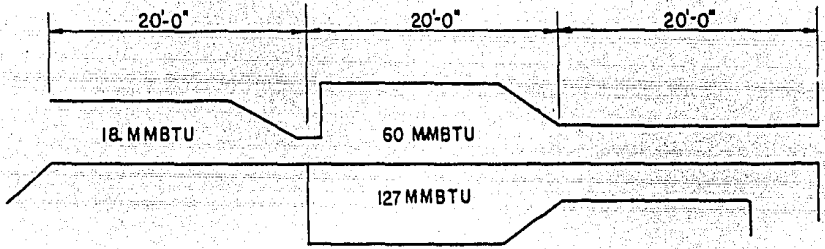
El cálculo de la capacidad de los quemadores que deberán instalarse se realiza a base de pre-establecer las curvas de temperatura para el horno y la superficie de los planchones. Este método requiere cierta experiencia en el diseño de hornos de este tipo. La posibilidad de efectuar un cálculo puramente teórico debe de ser descartada debido a la excesiva complejidad que resulta de tener que trabajar con un número muy grande de variables.

En la página 72 hemos dibujado el perfil del horno bajo consideración, -- así como la curva que estimamos resultará para el horno (curva fija) y la curva de temperaturas para la superficie de los planchones (curva variable). La localización de la temperatura del centro del planchón servirá como comprobación de la curva pre-establecida para las temperaturas de la superficie del planchón.

En una sección de cierto espesor que expóngo un número determinado de caras a la flama existe una relación entre la temperatura del centro de la sección y la temperatura en su superficie. A esta constante se le denomina desfaseamiento y su valor se da en unidades de tiempo. Para la sección de 6" que deberemos calentar en este horno, el desfase-

# HORNO DE RECALENTAMIENTO DE PLANCHONES DE 60' x 18'

## TIPO TRES ZONAS



miento es de 7.2 minutos cuando la sección está sujeta al calentamiento de sus caras superior e inferior. La expresión por medio de la cual se llega a este valor es puramente empírica:

$$\text{Desfasamiento} = 0.2 (\text{espesor})^2$$

Debe de advertirse sin embargo, que la comprobación de la curva pre-establecida de temperatura en la superficie del planchón por medio del principio de desfasamiento no se aplica a la región crítica, fase inicial de calentamiento o al período de permanencia.

En las curvas preestablecidas indicadas en las páginas 72 hemos seleccionado una temperatura de 1,500°F como la temperatura del horno a la entrada de la hilera de planchones. Hemos calculado por otro lado que la temperatura de 2,400°F para el horno y superficie del planchón se encuentran simultáneamente al principio de la zona inferior de calentamiento. Finalmente la zona de permanencia se ha fijado en 20' de largo con el fin de evitar diferencias de temperaturas en la sección transversal del planchón debido al contacto con los soportes enfriados por agua localizados en la zona de calentamiento principal: estos puntos de temperatura inferior a la recomendable para la operación de laminado, los cuales se manifiestan como sombras longitudinales, producen reducciones disporejas en la operación de laminado en caliente, así como zonas de dureza anormal. Estas últimas consideraciones están de acuerdo con los diseños más recientes de horno de recalentamiento de tres zonas.

En la página 72 se ha dividido el eje de las abcisas en períodos de 7.5 minutos. De derecha a izquierda el número de períodos se acumula hasta llegar a 127.8 horas, que corresponde a longitud total del horno con tres zonas de 20' cada una. Deberá recordarse que la temperatura del centro del planchón llega a los 2,400°F, 7.2 minutos des-

pués de que la superficie del planchón alcanza esta misma temperatura.

El calor transferido por el horno a la sección en cada uno de los intervalos de 7.5 minutos será, de acuerdo con la ecuación de Stefan Boltzmann:

$$Q = 0.172 \frac{(T_1 - 460)^4}{100} - \frac{(T_2 - 460)^4}{100} \div 1150$$

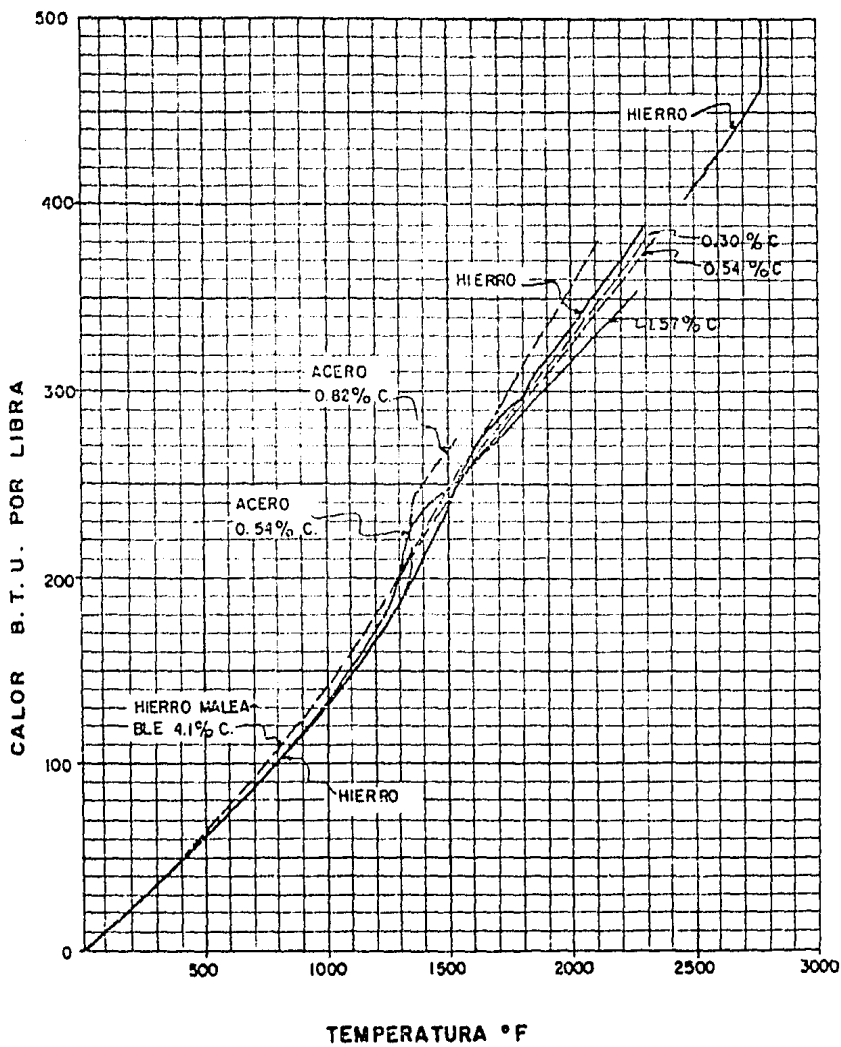
en donde Q es el calor transferido en BTU por libra,  $T_1$  es la temperatura promedio del horno para cada uno de los intervalos de 7.5 minutos y  $T_2$  es la temperatura promedio de la superficie de acero para esos mismos intervalos; ambas temperaturas están dadas en grados F. El divisor 1150 resulta de considerar el período de calentamiento ( $60 \div 7.5$ ) y el número de libras por pie cuadrado expuestos a calentamiento, divididos por un factor que considere la radiación de la flama y paredes con respecto a plena opacidad ( $122.5 \div 0.85$ ).

Los BTU por libra transferidos bajo cada uno de los períodos considerados, se encuentran también indicados en las gráficas de la página 72. Cada uno de estos valores son promedios para el punto más frío en la sección, o sea 3" debajo de la superficie; las temperaturas correspondientes pueden encontrarse en la página 75. Como vía de ilustración indicaremos a continuación el calor transferido al acero por el período que comprende los minutos 15 y 22.5.

La temperatura promedio del horno es  $\frac{1880 + 2060}{2}$ , o sea 1970°F. La temperatura promedio de la superficie del acero para el período bajo consideración es  $\frac{720 + 1060}{2}$  o sea 890°F. El calor transferido, por consiguiente será:

$$Q = 0.172 (24.3^4 - 13.5^4) \div 1150$$

o sea 47.45 BTU por libra que, sumados a los 62.64 BTU por libra acumulados antes de los 15 minutos nos dan un total de 110.09 BTU por libra que corresponden a 860°F.



Si hubiéramos seleccionado una temperatura superior o inferior para la superficie u horno, a los 22.5 minutos del recorrido del planchón, nos hubiéramos encontrado con una temperatura promedio a través de la sección considerablemente desplazada de la banda limitada por el desfase de 7.2 minutos.

A los BTU necesarios para calentar los planchones necesitamos sumar los BTU requeridos para compensar las pérdidas que encontramos en el horno. Estas pérdidas son desiguales para las diferentes áreas del horno. Como vía de ilustración, a continuación calcularemos las diversas pérdidas localizadas en la parte inferior de la zona principal de calentamiento, así como el calor que se necesitará transferir al acero para elevar su temperatura de acuerdo con la curva que preestablecimos originalmente.

Las pérdidas mayores atribuibles a esta zona, son las pérdidas por calor cedido a los soportes tubulares enfriados por agua y el calor cedido a las paredes de refractario. Entre las pérdidas menores se encuentran las que ocurren por infiltración de aire al levantar las puertas localizadas en esta zona, así como las debidas a la refrigeración de los marcos de estas puertas.

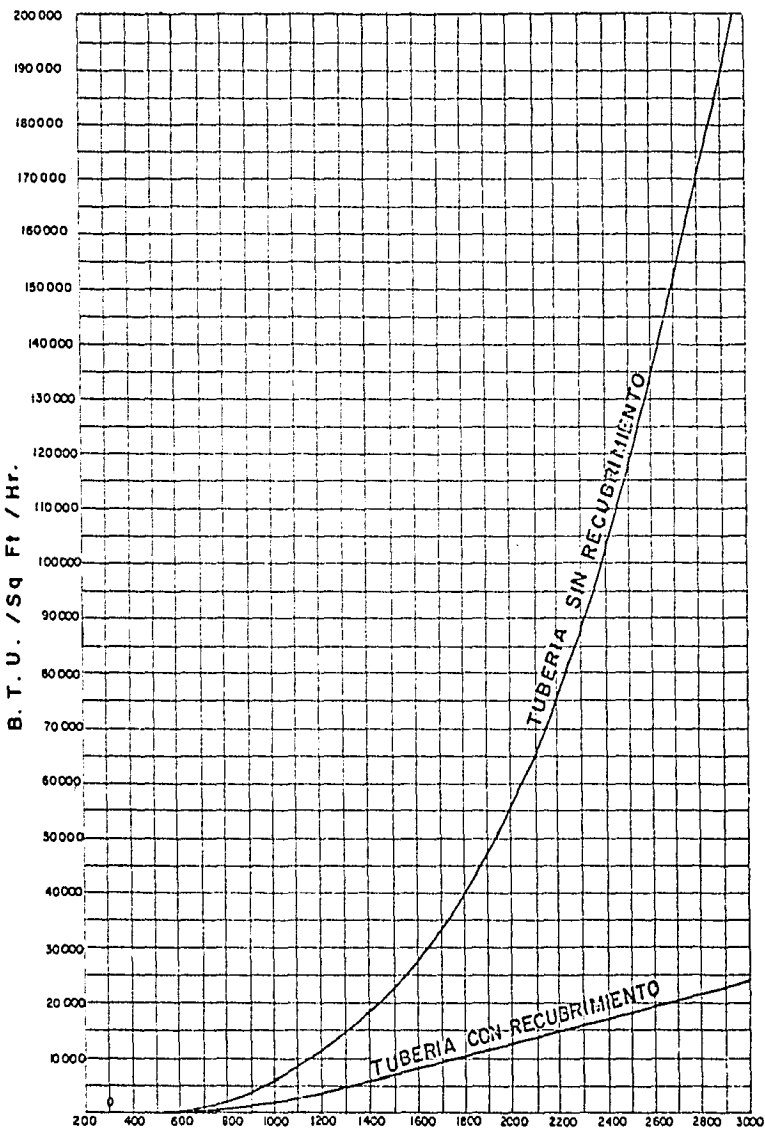
En el horno bajo consideración será recomendable instalar cuatro líneas de soportes tubulares reforzados con malla de acero inoxidable con una barra sólida en su parte superior sobre la cual deslizaremos los planchones. La longitud de estos tubos revestidos sería 20' que corresponden al largo de la zona principal de calentamiento. Estos cuatro soportes tubulares descansarán sobre 10 tubos revestidos de características similares a los anteriores con una longitud de 18' que corresponden al ancho del horno de recalentamiento; para posicionar los diez tubos transversales necesitaremos 40 tubos actuando como columnas, con una altura total de 6". Si los cuatro tubos principales y las 40 columnas las seleccionamos de 2 1/2" de diámetro nominal o sea 3.25" de diámetro exterior y los diez tubos



transversales las seleccionamos de 4" de diámetro nominal, o sea 5.2" de diámetro exterior, la superficie expuesta a transferencia de calor es de 508 pies cuadrados. En la página 78 se dan los valores de transferencia de calor para un tubo de soporte con y sin revestimiento refractario, ambos con circulación de agua de enfriamiento. Para un aislamiento refractario de 1-1/4" el transferencia de calor es para la temperatura promedio de 2450 que tendríamos para el horno en esta zona de calentamiento principal, 17,000 BTU por pie cuadrado por hora. A medida que se desgasta el refractario que reviste al tubo de soporte, las pérdidas se hacen más proporcionales a la curva que describe el transferencia a un tubo sin revestimiento. Como práctica normal los tubos en la zona de calentamiento principal deberán cambiarse cuando hayan perdido más de 30% del espesor original del refractario; de no ser así, el calor cedido al agua de refrigeración se hará excesivamente alto. Un buen método a seguirse para calcular las pérdidas al agua de enfriamiento en la tubería de la zona principal es la de considerar las pérdidas como la suma de una combinación de pérdida a un tubo revestido y a uno desnudo; la proporción a emplearse es 70 % y 30 % respectivamente. Las pérdidas por calor cedido a la tubería serían por consiguiente  $(0.7 \times 508 \times 17,000) + (0.3 \times 508 \times 110,000) = 23$  - MM BTU por hora.

Las pérdidas por calor cedido a las paredes son obviamente proporcionales a la superficie de éstas. Con una superficie total de  $(20 \times 18) + (2 \times 7.5 \times 20) = 660$  pies cuadrados y utilizando un coeficiente de 700 BTU por pie cuadrado de área expuesta a radiación y por hora, la cantidad de pérdidas a las paredes sería 462,000 BTU por hora que podríamos redondear a 0.5 MM BTU por hora.

La cantidad de calor que necesitaremos para compensar las pérdidas arriba indicadas deberán sumarse al calor que se necesitará transferir al acero, el cual, para la zo-



TEMPERATURA HORNO °F

na bajo consideración pasará de 1,380°F a 2,400°F, o sea de 210 a 423 BTU por libra. El número de libras de acero que pasarán por la zona principal de calentamiento serán  $(16 \times 20 \times 245) \div (0.87)$  en donde  $16 \times 20$  es el área cubierta por los planchones en la zona principal de calentamiento, 245 es el número de libras por pie cuadrado que pesa un planchón de 6" de espesor y 0.87 es el número de horas correspondientes a la longitud de la zona principal de calentamiento. Bajo esta condición se requerirán 19.5 MM BTU por hora. El calor que se necesitará transferir al acero (19.5 MM BTU por hora), más el calor necesario para compensar las pérdidas producto del agua de enfriamiento en los tubos de soporte (23 MM BTU por hora) más el calor necesario para compensar las pérdidas en el revestimiento del horno (0.5 millones de BTU por hora) dan un total de 43 MM BTU por hora. Tomando en consideración una temperatura promedio del horno para la zona principal de calentamiento de 2,450°F, una temperatura promedio del acero para esta misma zona de 1,890°F y una temperatura de los gases de combustión abandonando la zona de calentamiento principal de 2,350°F, podemos esperar una eficiencia de aproximadamente 0.34, lo cual dictaría que en la parte inferior de la zona principal de calentamiento se instalarán quemadores con capacidad total de 127 MM BTU por hora.

Siguiendo un razonamiento similar encontraremos que para la parte superior de la zona principal de calentamiento tendremos 60 MM BTU por hora como la suma total de la pérdida por calor cedido a las paredes y calor necesario de transferir al acero y para la zona de permanencia 18 MM BTU por hora como la suma total de las pérdidas por calor cedido a las paredes y solera, calor necesario para compensar la infiltración de aire al descargar planchones a la mesa de transferimiento al descascarillador y calor transferido al planchón durante el período de homogenización de temperatura.

Bajo estas condiciones necesitamos instalar quemadores adecuados para mantener

un ritmo de combustión de 127 MM BTU por hora en la parte inferior de la zona principal de calentamiento, 60 MM BTU por hora en la parte superior y 18 MM BTU por hora en la zona de permanencia, lo cual hace un total de 205 MM BTU por hora o, 4.1 MM BTU por TM de acero calentado, lo cual queda dentro de los consumos normales que pueden esperarse para un horno de este tipo y capacidad.

El equipo de laminación en caliente consistirá básicamente de un descascarillador duo de 27" x 48" y un molino cuarto reversible de 27" x 44" x 48". La instalación será capaz de procesar planchones de acero comercial con espesor máximo de entrada de 6" para entregar calibres no inferiores al equivalente de 0.080", anchos de 31", 37" y 41", longitudes de 8'-0" a 16'-0" correspondientes a pesos de 5,200 a 13,600 libras, a un ritmo de producción de 100,000 TM por año ó 50 TM por hora sobre la base de 2,000 horas anuales y una eficiencia de 75 %.

La distancia de aproximadamente 40' entre la línea de centros del horno de recalentamiento y el descascarillador será cubierta por una mesa de transferimiento con rodillos de 12" x 48" impulsados por una transmisión a base de cadenas y ruedas dentadas. El descascarillador, equipado con tornillos motorizados para posicionar el rodillo superior, será impulsado con un motor de CA de 1,000 HP, a través de un reductor de doble paso con piñones y engranes maquinados en doble helicoidal y una caja de piñones que divida el par transmitido por la flecha principal entre los dos rodillos del descascarillador.

Conectando el descascarillador y el molino cuarto tendremos una mesa de transferimiento de aproximadamente 90' de largo y construcción idéntica a la descrita anteriormente entre el horno y descascarillador. Como prolongación de esta mesa se instalará una mesa de corte en donde por medio de una cizalla hidráulica que cuenta con una cuchilla superior móvil y una inferior fija, se cortan los extremos del planchón que contenga el

chupe y la unión con la barra falsa utilizada en el vaciado continuo; este arreglo se repite en el lado de salida del molino cuarto.

A ambos lados del molino cuarto se instalarán dos hornos enrolladores. Cada uno de estos hornos estará equipado con quemadores de flama directa con suficiente capacidad para cubrir pérdidas de radiación a través de las paredes de refractario y la garganta para el paso de la chapa de acero, así como la pérdida por calor cedido a la flecha del enrollador. Estos hornos enrolladores entrarán en operación antes de que la chapa, al elongarse por reducciones sucesivas, sobrepase la longitud de la mesa de transferimiento al molino cuarto. Entre horno enrollador y molino cuarto se instalarán unos rodillos de tensión de 28" x 48" para alimentar la chapa a los hornos enrollados. La transmisión de los enrolladores consistirá de un motor de 300 HP completo con reductor de velocidad que permita máxima aceleración en un tiempo mínimo para la operación de inversión de rotación. Los rodillos de tensión estarán impulsados a través de grupos motor-reductor de 150 --- HP.

Con el fin de controlar el flujo de metal hacia las orillas de la chapa durante la operación de reducción en caliente, el molino cuarto será equipado con un orillador vertical instalado en el lado de salida del molino cuarto, con rodillos de 28" de diámetro y 18" de cuerpo; este orillador vertical deberá diseñarse para impartir reducciones de 1/2" en planchones de 41" de ancho y 4" de espesor. Este orillador estará equipado con un motor principal de corriente directa de 800 HP, 200/600 RPM y un motor auxiliar de CD para el desplazamiento de los rodillos hacia el centro de la línea de paso de 50 HP, 550 RPM.

El molino cuarto, equipado con rodillos de trabajo de 27" x 48" y rodillos de apoyo de 44" x 48", operará a una velocidad máxima de 1060 pies por minuto, estará también provisto de tornillos motorizados para posicionar los rodillos superiores, dos rodillos de alimentación de 16" x 42" en el lado de entrada y salida y una transmisión consistente en un motor de CD, 55/150 RPM con control de voltaje variable, acoplado directamente al molino a través de una caja de piñones.

La mesa de salida del molino cuarto tendrá una longitud total de aproximadamente 190' - 0" y estará equipado con rodillos impulsados individualmente por su propio motor. Al final de esta mesa se localizará un enrollador de tres rodillos capaz de aceptar material con espesor de 0.080" a 0.240" y formar rollos con peso máximo de 13,600 libras. Los tres rodillos que conforman la chapa estarán auxiliados por un par de rodillos de tensión, todos ellos de 8" x 48". Este enrollador estará equipado con dispositivos para descargar el rollo formado, así como una mesa para desalojarlo ó en su defecto una mesa de giro y una rampa de salida. Los rollos procesados son almacenados en una área adecuada antes de ser llevados por medio de carros de tipo industrial a la línea de decapado.

## e) LÍNEAS DE PROCESO, LAMINACIÓN EN FRÍO Y RECOCIDO

### I - Línea de decapado

El producto plano de acero terminado en un molino de laminación en caliente siempre muestra una superficie oxidada; el deterioro es proporcional, para una misma temperatura de calentamiento, al tiempo de exposición de la superficie del producto, tipo de molinos calientes empleados, composición y características físicas del acero que se trabaja, humedad y flujo del aire ambiente, así como a la efectividad del equipo empleado para retirar capas de óxido en los diversos pasos de laminación.

Si la lámina rodada en caliente va a ser posteriormente procesada en frío esta capa de óxido es definitivamente perjudicial. Si por ejemplo la lámina se va a galvanizar o estañar, de no eliminarse la capa de óxido no se logrará conseguir adherencia entre el acero y el recubrimiento protector. Si por otro lado el producto final requiere embutido entonces de no quitarse el óxido de la vida de dados y matrices se verá reducida considerablemente. Las irregularidades superficiales que aparecen en la lámina rodada en caliente así como la naturaleza del óxido que se forma, hacen que este producto tenga relativamente poca aplicación sobre todo en los calibres inferiores.

Esta capa de óxido, a la cual suele referirse como escama o cáscara, se compone de varias capas, más ricas en hierro a medida que se acercan a la superficie metálica y con mayor contenido en oxígeno mientras más se alejan de ella. Su eliminación puede realizarse por medios químicos y mecánicos; el término comúnmente utilizado para describir este proceso de eliminación de óxido es "decapado".

El decapado mecánico se realiza por medio de abrasivos en forma de perdigones o pequeños prismas de acero que se disparan en contra de la lámina. Este método presenta una ventaja esencial y es la de no requerir el empleo de ácidos que en algunas lo-

calidades presenta el problema de su disposición. Su desventaja primordial es la de requerir un mantenimiento excesivo. Debe de considerarse también que el decapado mecánico no constituye por sí mismo un método completo de decapado; usualmente se necesita instalar después de la máquina de disparo de abrasivos, uno o dos tanques de ácido sulfúrico diluido o equivalente.

El decapado químico es, por su efectividad, sus bajos costos de mantenimiento y facilidad de operación, el método más popular seguido en la industria siderúrgica para decapar lámina rolada en caliente. Por otro lado, de todas las soluciones que pueden emplearse para eliminar el óxido formado en el acero, el ácido sulfúrico en solución diluida se ha convertido prácticamente en el único medio utilizado con estos fines.

La cáscara de óxido es atacada por el ácido sulfúrico en la capa de  $\text{FeO}$  contigua al metal base. La reacción produce la solución de hierro como una sal de ácido sulfúrico y la evolución de hidrógeno. El óxido ferroso,  $\text{FeO}$ , no se disuelve tan rápidamente como el acero, pero sí reacciona con el ácido sulfúrico con mayor avidez que los óxidos férrico y ferroso-férrico,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , formados encima de él. Por esta razón la separación de la cáscara es completa; el ataque se realiza en su base. La sal depositada en los tanques de decapado es sulfato ferroso que se forma al reducir el hidrógeno libre al sulfato férrico primeramente originado.

La efectividad y rapidez de la acción de ácido sulfúrico depende de varios factores. El tiempo de inmersión se reduce en forma proporcional a medida que la concentración de ácido, la temperatura de la solución, ó ambas, aumentan. El sulfato ferroso depositado en los tanques de decapado o elementos de aleación tales como níquel o cromo actúan como inhibidores retardando la acción del ácido sulfúrico. El agitar mecánicamente los tanques de solución o el instalar descascarilladores mecánicos tipo McKay,



hacen aumentar la efectividad y capacidad de una instalación de decapado; la primera — práctica provoca una mayor actividad de la solución y la segunda un decapado primario — que reduce el trabajo a realizarse en los tanques de inmersión.

Uno de los factores que influyen sustancialmente en la operación de una instalación para decapado es el tipo de lámina que se procesa. Si la lámina ha sido rodada en caliente en molinos continuos, requerirá de 45 a 60 segundos de inmersión; sin embargo lámina rodada en un molino reversible tipo Steckel demanda tiempo de inmersión de — 100 a 130 segundos.

Si el material a decaparse viene en rollos, como es nuestro caso, entonces la operación será continua. La lámina se hace pasar por tres a cinco tanques en cascada o sea con concentraciones crecientes. En una línea de tres tanques, por ejemplo, las concentraciones normales serían 10% para el primero, 15% para el segundo y 25% para el — tercero; el ácido sulfúrico no diluido se añadiría directamente al tercer tanque; todos los tanques estarían interconectados para permitir el flujo de la solución en sentido opuesto — al viaje de la lámina, es decir del tercero al primer tanque.

Para lograr la continuidad de la línea y realizar ciertas operaciones asociadas con el decapado es necesario contar en la línea con los elementos que mencionamos a continuación. La lámina terminada en un molino caliente tiene una tendencia a arrugarse cuando se sujeta a dobleces u otro tipo de deformación similar. Esta tendencia que en inglés se denomina "fluting", tiene su origen en el bajo límite elástico rodado en caliente. Para contrarrestar este efecto en las líneas de decapado se instala equipo que realice trabajo mecánico en frío, el más eficiente de los cuales es el Procesador McKay, al cual ya nos hemos referido anteriormente en su primera función de realizar un predecapado. Este procesador consiste de un mandril sobre el cual el rollo laminado en caliente es co-

locado, un rodillo retráctil que en operación ejerce presión sobre la parte superior del rollo de lámina, y una serie de rodillos de pequeño diámetro que son precisamente los que flexionan la lámina fracturando la escama con lo cual se consigue aumentar el área que puede ser atacada por la solución de ácido sulfúrico. Esta flexión ejercida por los rodillos de pequeño diámetro es por otro lado la representante del trabajo mecánico necesario para evitar el arrugamiento de la lámina. A continuación del procesador se instala una cizalla de tipo estacionario que corta y escuadra el extremo final del rollo anterior; como una alternativa a esta cizalla puede instalarse un engrapador, denominado en inglés "stitcher", que trabaja al traslapar los extremos de dos rollos consecutivos y perforar el traslape en una forma especial. La ventaja que ofrece el soldar extremos de rollos sobre el método de engrape, estriba en que en el primero ofrece una unión que puede pasar por los molinos de laminación en frío.

Inmediatamente después de la soldadora, suele instalarse una fosa de almacenamiento tipo húmeda, que permitirá entregar material a los tanques de decapado mientras se realiza la operación de soldar dos rollos. En ambos extremos de esta fosa se instalan rodillos de tensión que alimentan la lámina a y desde la fosa. De aquí la lámina pasa a los tanques de decapado revestidos de hule y ladrillo a base de sílica resistente al ataque del ácido.

El ácido sulfúrico utilizado en líneas de decapado tiene usualmente una densidad de  $66^{\circ}$  Baumé; la concentración de ácido en la solución varía de 12% a 25% dependiendo de la posición del tanque; la temperatura de la solución suele variar de  $200^{\circ}\text{F}$  a  $220^{\circ}\text{F}$ .

Pasando el tanque de lavado a base de espreas y el tanque de agua caliente por inmersión, la lámina entra a un secador y a un juego de rodillos de tensión que ali-

mentan una nueva fosa de almacenamiento, esta vez de tipo seco. De la fosa la lámina entra a un nivelador, una cizalla, un cortador de rebordes, una máquina de aceitado y finalmente a un enrollador.

El equipo localizado antes de la fosa húmeda suele llamarse equipo de entrada, al equipo localizado después de la fosa seca suele referirse como equipo de salida. Con el fin de reducir el espacio requerido para la fosa de almacenamiento se hace que los equipos de entrada y salida operen a velocidades usualmente dos veces mayores que la velocidad a la cual pasa la lámina por los tanques de decapado.

Lo anterior es el equipo básico de que se compone una línea de decapado. La descripción general del mismo sirve para ilustrar la forma en que se obtiene continuidad en la línea y se realiza la operación de decapado. Existe una gran cantidad de posibles variantes al equipo descrito así como de elementos auxiliares, tales como dispositivos de enhebrado, equipo para desalojar humos, etc., los cuales, por las limitaciones naturales del objetivo de este estudio no pueden ser discutidas.

Para procesar 88500 toneladas anuales instalaremos una línea de decapado de 42" capaz de tomar y entregar rollos con paso máximo de 13,000 libras, diámetro exterior hasta de 64", diámetro interior de 20", y velocidades de 80' por minuto en los tanques de decapado, y 300' por minuto en el equipo de entrada. La línea deberá de ser de suficiente capacidad para permitir procesar lámina con espesor máximo de 0.1875". La disposición de la línea será tal que, manteniendo la misma velocidad máxima de 80' por minuto en los tanques, en un futuro pueda aumentarse la capacidad de la línea añadiendo uno o dos tanques más, a los dos tanques que proponemos se instalen originalmente. Con el fin de reducir a un mínimo la inversión inicial y poderla justificar con base de los tonelajes considerados, proponemos que en una primera etapa se instale una engrapadora -

en lugar de la alternativa de una soldadora para unir rollos consecutivos. Deberán, sin embargo, de hacerse provisiones para que en el futuro se instale la soldadora automática indispensable para altas producciones.

## II - Molino combinación reducción en frío y temple

Todo la lámina que desee colocarse en el mercado en espesores menores del calibre #18 inclusive, deberá hacerse pasar por laminación en frío. El tonelaje que representan estos calibres es precisamente la mitad de la producción anual e inicial de la línea de decapado.

La materia prima que entra a laminación en frío es el producto terminado en la línea de decapado. Habrá necesidad de contar con un área de almacenamiento entre estos últimos departamentos. La operación de aceitado que se ha impartido a la lámina a la salida de la línea de decapado sirve como protección al acero contra la oxidación del medio ambiente; por esta razón la cantidad de tiempo que puede estar almacenado un rollo sin sufrir un ataque apreciable en su superficie, es razonablemente largo.

La necesidad de reducir en frío calibres delgados se debe a la extrema dificultad o imposibilidad de controlar en un molino caliente espesores de lámina inferiores al calibre #16. La operación de reducir en frío o en caliente consiste en términos generales en hacer pasar lámina bajo tensión entre un par de rodillos motrices de material adecuado, generalmente acero forjado. Debido a que el por ciento de reducción en cualquier tipo de molino es directamente proporcional al ángulo de contacto que existe entre el rodillo y el material que se está reduciendo, los rodillos de laminación se hacen lo más pequeño en diámetro que sea posible. En molinos fríos la práctica es de utilizar cuatro rodillos en cada molino. Dos de ellos, de diámetro pequeño, son los que entran en contacto con la lámina y efectúan directamente el trabajo de reducción; es por esta ra-

zón que se denominan rodillos de trabajo. El segundo juego de rodillos es de diámetro mucho mayor y sirven para proporcionar a los rodillos de trabajo resistencia a la deformación; estos, rodillos por entran en contacto con los rodillos de trabajo, suelen llamarse rodillos de apoyo.

Al igual que en molinos calientes existen básicamente dos tipos de molinos — fríos: molinos reversibles y molinos continuos o en arreglo tándem. El primero de ellos es muy popular dentro de plantas de baja capacidad o en instalaciones mayores cuando se trabajan los calibres más altos de lámina rodada en frío. El arreglo tándem se emplea con frecuencia en plantas de alta producción, sobre todo cuando el producto acabado corresponde a los calibres de hojalata. Las reducciones en espesor que suelen darse en molinos fríos varían desde 25% hasta 99%. Para cualquier paso de reducción dado en un molino-frío, la resultante de las fuerzas compresivas de los rodillos y las fuerzas de tensión ejercidas por los enrolladores deben de exceder el límite elástico del acero si se desea conseguir una deformación permanente. El primer paso que se da a la lámina proveniente de molinos calientes de decapado requiere una relativamente baja potencia para conseguir su elongación; cada paso subsiguiente demandará una potencia progresivamente mayor debido a que el trabajo de reducir en frío hace aumentar el límite elástico del acero. Como consecuencia de esto último los pasos finales se realizan sobre acero con una ductilidad residual muy ligera.

Los lubricantes más comunes utilizados en laminación en frío son aceites solubles o aceite de palma. El primero se utiliza en todos los casos con excepción de aquél en que el producto final demande una reducción muy elevada; el ejemplo típico y casi exclusivo de esta situación lo constituye el rolado de los calibres inferiores de lámina para hojalata, la cual requiere normalmente reducciones totales del orden de 80% a 90% para llegar a es

pesores finales que oscilan entre 0.006" y 0.012".

La selección del lubricante en la laminación en frío afecta el tratamiento posterior del material. De utilizarse aceite de palma se necesitaría instalar una línea de lavado que lo elimine después del proceso de laminación en frío. De no ser así, los residuos de aceite se descompondrán y mancharán la lámina. Debido a que en la planta bajo consideración se tiene pensado procesar una cantidad relativamente alta de calibres equivalentes a los inferiores de hojalata consideramos necesaria la instalación de una línea de lavado. La eliminación del aceite de palma se lleva a cabo en líneas continuas que efectúan un lavado de la lámina a base de utilizar soluciones alcalinas detergentes, tales como soda cáustica, ortosilicato de sodio y fosfato de sodio. Con el fin de activar el ataque del detergente a la lámina, se emplean normalmente líneas electrolíticas en donde la solución detergente actúa como conductor entre el acero y los electrodos de la línea. En nuestro caso, para limpiar un total de 83.200 T de cinta necesitaremos una línea con velocidad máxima de 750' por minuto capaz de tomar calibres variables del #16 al #30. El peso, ancho y diámetros de los rollos serían iguales a los que manejaría la línea de decapado.

Sobre la base de operar 6000 horas anuales, es decir 24 horas diarias, 5 días por semana y 50 semanas por año, la producción normal de un molino frío reversible será de aproximadamente 70,000 TM para un ancho y calibre promedios de 39" y #25 (0.0209"), respectivamente, que son las cifras medias obtenidas al considerar en conjunto todos los productos a procesar en la planta bajo estudio. En la estimación de la capacidad del molino frío reversible se ha incluido un coeficiente de eficiencia del 75%. Tonelajes por encima de 80,000 toneladas demandarían potencias excesivas que desvirtuarían la ventaja de un molino reversible que, a parte de su flexibilidad, es su comparati-

vamente bajo costo de instalación. Existen por consiguiente 80000-58200 o sea 21800 toneladas de capacidad instalada en exceso que podrán ser tomadas por la operación de temple.

Con el fin de describir la función completa del molino reversible deseamos intercalar aquí los siguientes comentarios: la lámina reducida en frío por las razones indicadas anteriormente, es poco adaptable a procesos subsiguientes de deformación; para lograr reducir la zona elástica del acero rodado en frío es necesario tratarlo térmicamente. Esto se logra por medio de hornos tipo de campana o, en instalaciones en mediana y alta capacidad, en forma continua a veces combinándola simultáneamente con una segunda operación, como puede ser la de galvanizado. El acero tratado térmicamente recupera su ductibilidad a base de la regeneración de los cristales que han sido destruidos durante la laminación en frío. Sin embargo, para la gran mayoría de las aplicaciones subsiguientes este acero tratado térmicamente es considerado demasiado blando, por lo que es necesario procesarlo una vez mas en molinos fríos. Esta operación se denomina templado y las reducciones que se imparten para conseguirlo son de aproximadamente 1% a 2% dependiendo de la dureza y resistencia a la tensión que se requiera.

Para la planta bajo consideración, la relación de tiempo requerido para rodar en frío y para temple consideramos será de 5:1. Bajo esta proporción un molino que efectuará estas dos operaciones necesitaría tener una capacidad de aproximadamente 70,000 TM. Esto significa que con el molino reversible que estamos proponiendo tendríamos un margen de producción por encima de nuestros requerimientos de 10,000 toneladas anuales, aún considerando que nuestro molino sería de tipo de combinación, es decir que sería dedicado a reducción en frío y templado.

Las características generales del molino de combinación serían las siguientes:

Máximo espesor de la lámina de entrada 0.1875", mínimo espesor de salida 0.008"; máximo ancho de la lámina 41"; diámetro interior de los rollos 20"; peso máximo de los rollos 13,600 libras; rango de velocidades de reducción en frío 524/1572' por minuto, rango de velocidades para templado 688/2063' por minuto.

Debido al diferente tipo de trabajo al que se someterán los rodillos durante las operaciones de reducción en frío y templado, los rodillos denominados de trabajo deberán tener diámetros diferentes, menos el de reducción en frío y mayor el de templado. Para el molino bajo consideración recomendamos el empleo de rodillos de trabajo de 16" y 21" de diámetro, respectivamente. La denominación del molino será por consiguiente: molino frío reversible cuarto de 16"/21" & 46" x 46".

Los elementos principales de que consistirá este molino son en el orden de flujo del material, los siguientes: Los rollos provenientes de la línea de decapado son colocados en una rampa de entrada que descarga los rollos, por gravedad, a una caja con guías ajustables para permitir procesar diversas anchas de lámina; la curva del extremo inicial del rollo deberá aplanarse con el fin de facilitar la alimentación al molino; un grupo de tres rodillos aplanadores y dos de tensión, montados en forma integral con la caja de rollos son los que normalmente realizan esta operación.

En el primer paso de reducción la lámina pasa de la caja de rollos directamente al molino y al enrollador de salida; en los pasos subsiguientes la tensión se establece entre el enrollador de salida y un enrollador de entrada duplicado del anterior, localizado entre el molino y la caja de rodillos. El número de pasos de reducción para pasar del calibre mínimo de entrada (0.080") al calibre mínimo de salida (0.008") será 7.

Debido a que la gama de calibres que se desea procesar incluye calibres dentro del rango de hojalata, recomendamos la instalación de bridas de entrada y salida



a ser colocadas entre los enrolladores y el molino. Estas bridas permitirán desarrollar las grandes tensiones necesarias para rolar los calibres más delgados. En templado, éstas tensiones altas, combinadas con el empleo de rodillos de trabajo de diámetro mayor a los utilizados en reducción en frío, hacen posible la obtención de un producto final libre de ondas o de irregularidades en calibre.

Otro de los factores que afecta substancialmente la calidad del producto terminado es el empleo de coronas adecuadas. Por muy robustos que sean los rodillos de trabajo y de apoyo en un molino de laminación en frío, las fuerzas de separación producidas por el material al entrar entre los rodillos de trabajo producirán una deflexión en los rodillos, la cual tendrá un valor máximo en el centro. Para compensar este efecto los rodillos de apoyo y de trabajo se rectifican en forma convexa o sea con un diámetro mayor en el centro de los rodillos que en los extremos. Para un molino como el que estamos considerando esta convexidad o corona sería de aproximadamente 0.001" para los rodillos de trabajo. Los rodillos de apoyo, que usualmente son fabricados con un núcleo de acero vaciado y una manga de acero forjado, pueden tener coronas variables desde 0 hasta 0.010". La corona es obviamente mayor mientras más ancho sea el molino, de tal forma que en molinos muy angostos los rodillos llegan a ser planos.

En la operación de templado se puede conseguir un acabado brillante o mate. Este último es casi obligatorio cuando la lámina va a ser recubierta con una película protectora como zinc, estaño o simplemente pintura. Para conseguir este acabado mate es necesario que los rodillos de trabajo sean sujetos a una operación que en inglés se denomina "etching". Esto se logra por medio del disparo de abrasivos metálicos en contra de la superficie del rodillo de trabajo; una operación similar a la del decapado mecánico. Los abrasivos son disparados centrifugamente por medio de una rueda con paletas,

mientras que el rodillo de trabajo se hace rotar.

El desenrollador estará impulsado por un generador de 200 KW, 400/1200 - RPM actuando a través de un reductor con relación de 2.79/1; este arreglo permitirá una contratensión de 4255 libras. El molino frío cuarto contará con una transmisión consistente de un motor de CD de 2500 HP, 125/375 RPM y una caja de piñones. Los carretes de tensión o enrolladores contarán con motores de CD de 1000 HP, 200/600 RPM completos con reductores con relación de transformación de velocidad de 1.39/1.

### III - Hornos de recocido

Los rollos terminados por el molino frío en su primer función, es decir la de reducción, son posteriormente tratados térmicamente, dentro de un ciclo de recocido, con el fin de recobrar ductibilidad en el acero.

La deformación plástica impartida al acero durante el proceso de rolado en frío permite el lograr un restablecimiento del equilibrio microestructural a temperaturas muy por debajo de la correspondiente a una transformación de fase. Si los rollos se mantienen a una temperatura de permanencia suficientemente larga, entonces el producto final recobrará la estructura ferrítica equiaxial característica de los aceros efervescentes de bajo carbono laminados en caliente. El carburo formado durante la operación de recocido será cementita, bien sea en forma de esferoides esparcidos si el producto rolado en caliente se ha enrollado a temperaturas por debajo del punto de recristalización o en forma de conglomerados masivos si el enrollamiento se ha hecho a temperaturas superiores a este punto crítico.

El proceso de recristalización se origina en cada uno de los centros de nucleación formados al romper la estructura cristalina del acero al ser rolado en frío. Mientras mayor sea la reducción dada en frío más grande será la distorsión del material y

mayor el número de centros de nucleación y de esfuerzos localizados que inducirán recristalización. Por esta razón un acero que haya sufrido fuertes reducciones tendrá una temperatura de recocido inferior, un ciclo de tratamiento térmico más reducido y un grano más fino que un acero al que se le ha dado una ligera reducción en frío.

El recocido de rollos de lámina puede realizarse en hornos o en forma continua; el segundo método comúnmente asociado al recocido de grandes tonelajes de calibres delgados no se justifica técnica o económicamente en una primera etapa de la planta bajo estudio. El recocido se hará entonces en hornos tipo campana los cuales consisten básicamente de una estructura que lleva los elementos térmicos y una base donde se acomodan uno encima del otro, rollos de lámina. Esta base está provista de un abanico cuya función es la de hacer circular la atmósfera que se introduce al horno provocando un calentamiento por convección. La atmósfera pasa por un difusor colocada en la parte inferior del primer rollo y en su carrera ascendente es atraída al centro del rollo por la acción del abanico; su entrada se realiza a través de separadores colocados entre rollo y rollo. De esta forma el calentamiento del rollo se realiza simultáneamente por su parte interior y exterior con lo cual se logra reducir el tiempo necesario para lograr homogenizar la temperatura del rollo en todo su espesor.

Encima de la base cargado de rollos se coloca un horno en forma cilíndrica, de ahí su nombre de horno de campana, el cual puede tener quemadores de flama abierta que disparan en contra de un mamparo tangencialmente, o alternativamente, quemadores con tubos radiantes. En cualquiera de estas dos posibilidades se utiliza una cubierta interna entre horno y columna de rollos la cual, en el caso de calentar con flama abierta, evita el poner en contacto los rollos con los productos de combustión del quemador; en el caso de emplear tubos radiantes esta cubierta sirve para proporcionar una fuente de

calor con temperatura homogénea, la cual hace aumentar la eficiencia de la transmisión de calor a los rollos, así como para facilitar el enfriamiento de la carga.

Los quemadores de disparo abierto e indirecto producen una zona de calor con centrado que reduce considerablemente la duración de la cubierta interna y dificulta la buena distribución de temperaturas en la columna de rollos. Por esta razón hoy en día se ha generalizado el empleo de tubos radiantes en hornos de recocido; los resultados han sido producto final más uniforme y reducción en los costos de operación.

La longitud total del ciclo de recocido varía para una misma práctica de rodado en caliente y frío con la calidad del producto final. Para calidad extra de embutido profundo el tiempo requerido para llevar la carga a la temperatura de  $1320-1360^{\circ}\text{F}$  es de 14 a 26 horas y el tiempo de permanencia de 10 horas. Para una calidad normal de embutido profundo ( $1280-1320^{\circ}\text{F}$ ) estos tiempos son de 13 a 24 horas y 3 horas respectivamente. Para calidad de embutido común ( $1240-1280^{\circ}\text{F}$ ) de 11 a 21 horas y 2 horas respectivamente.

Ambas operaciones, calentamiento y permanencia se realizan con el horno de campana sobre la carga y cubierta interna. Al terminar el período de permanencia el horno se retira para principiar a calentar otra carga y deja al descubierto la cubierta interna que empieza a ceder calor al medio ambiente iniciando así el ciclo de enfriamiento que suele durar el tiempo combinado de calentamiento y permanencia. Este enfriamiento puede realizarse en forma forzada al colocar sobre la cubierta interna un caparazón cilíndrico provisto en su parte superior de un abanico.

Precisamente por la duración del período de enfriamiento con respecto al ciclo total de recocido es necesario tener una relación de tres bases por horno. Mientras una base es utilizada en el período de calentamiento, una segunda base está enfriando

la carga y una tercera está siendo cargada.

Con el empleo de abanicos de alta capacidad en las bases, hoy en día es posible obtener producciones de 1.25 a 2.5 TM por hora y horno para las calidades de lámina consideradas en nuestro estudio. Un valor conservador podría ser tomado como 2.0 TM. - Bajo esta base requeriríamos  $58.200 \text{ TM/año} \div 6000 \text{ horas/año} = 10 \text{ TM/hora}$  de capacidad de recocido o sea 5 hornos y 15 bases. Estos hornos deberían instalarse completos con una planta de generación de gas inerte, una combinación de hidrógeno y nitrógeno, de aproximadamente 6,000 pies cúbicos por hora. Debería contarse por otro lado con una estación de enfriamiento de rollos. Esta estación reduciría la temperatura de 300°F a la cual se retira la cubierta interna, a la temperatura ambiente o ligeramente superior.

Los rollos recocidos regresan al molino frío el cual, en su segunda operación, les dá una ligera reducción para impartir temple. La dureza del producto templado estará en relación directa con el porciento de reducción dada en la operación de temple.

Debido a que el propósito y modo de conseguir el temple han sido indicados, por tratarse de un molino de combinación, en la parte referente a rolado en frío, nos limitaremos a mencionar aquí que, mientras que la operación de reducción en frío se realiza con la ayuda de lubricantes minerales o vegetales, el templado se realiza en seco. Por esta razón el molino de combinación debe de trabajar por campañas; será necesario limpiar bien el molino por medio de detergentes antes de operarlo como templador. El tiempo requerido para efectuar esta labor de limpieza puede tomarse del exceso de capacidad instalado mencionada anteriormente como de 10,000 TM anuales.

#### IV - Línea de Corte

Los rollos templados ya cinchados podrán salir directamente al mercado - - (5000 T) entrar a la operación de corte a longitud (12,000 T) o ser procesados en la lí-

nea de estañado (38,400 T).

Para lograr el corte a longitud será necesaria una línea de corte con cizalla rotatoria, tipo tambor, si la velocidad de la línea es superior a 350' por minuto e inferior a 1000' por minuto o, alternativamente una guillotina volante Hallden si la línea opera a velocidades inferiores a los 300' por minuto que será precisamente nuestro caso.

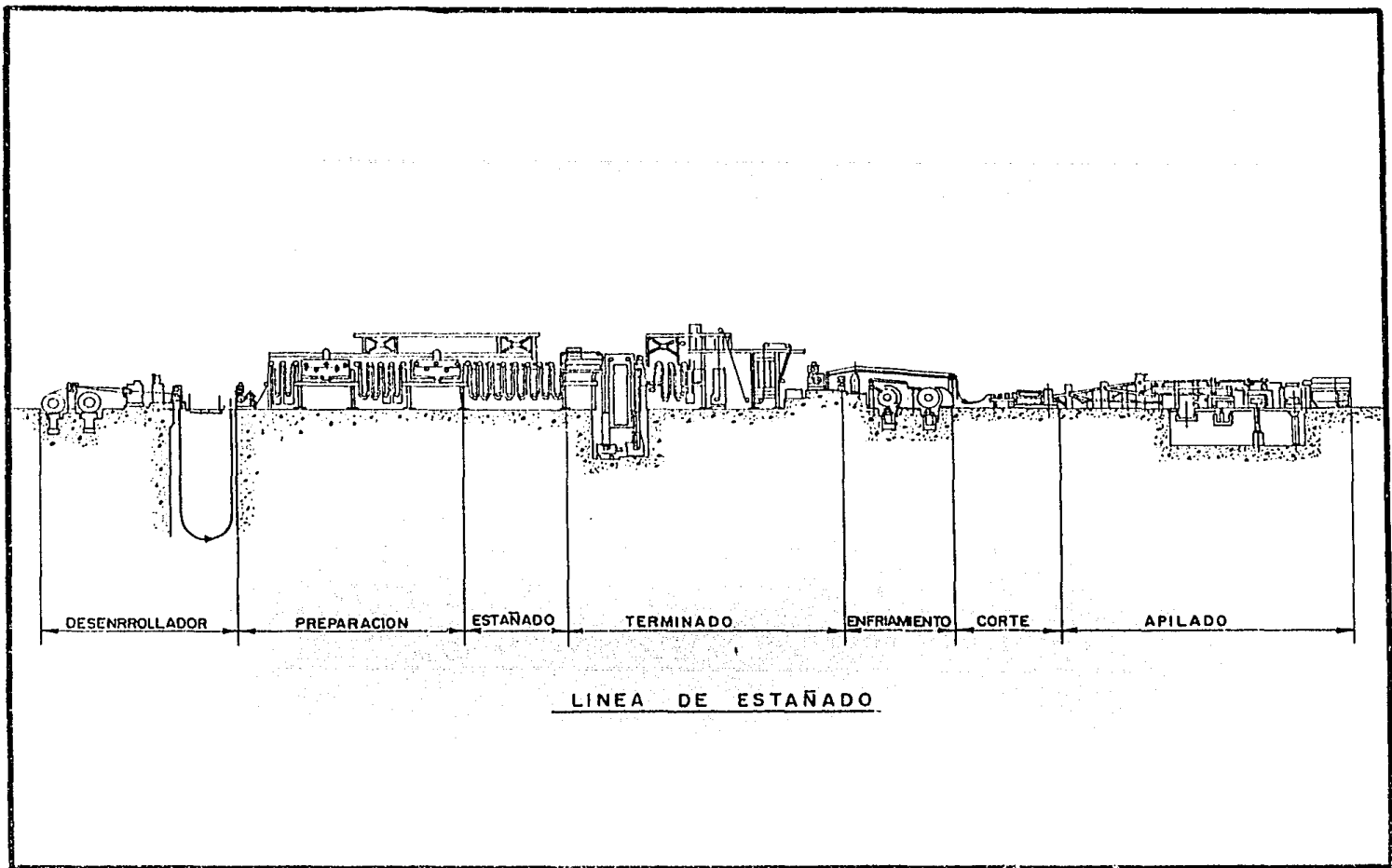
La línea continua de corte permitirá obtener lámina en longitudes variables - de 30" a 16'-0". La guillotina Hallden, dentro de este rango de longitudes tendrá una exactitud de corte de mas/menos 1/32". La línea necesitará básicamente de un desenrollador, una fosa de almacenamiento, una guillotina Hallden y un clasificador de dos paquetes. Esta línea es básicamente una línea de corte de hojalata a la cual se ha eliminado el medidor de calibres por medio de rayos "X" y el detector de puntos sin estaño.

La línea que proponemos deberá tener capacidad suficiente para tomar rollos con 20" de diámetro interior, hasta 64" de diámetro exterior y 13,000 libras de peso máximo. La lámina a procesar podrá tener ancho máximo de 40"; los calibres podrán variar del 16 (0.060") al 28 (0.015").

#### V - Línea electrolítica de estañado

En la actualidad aproximadamente el 90% de la hojalata producida se procesa en líneas de estañado electrolíticas. La poca aceptación que encuentra el método de estañado por inmersión se justifica principalmente por la imposibilidad de aplicar recubrimientos suficientemente delgados o recubrimientos diferenciales, así como la baja productividad de estas líneas.

Existen básicamente dos tipos de líneas dependiendo del electrolito que se utiliza: líneas ácidas y líneas alcalinas. Por la facilidad que presenta la adaptación de una línea ácida tipo halógena a producciones relativamente bajas, será este tipo de línea



el que seleccionaremos para la planta bajo consideración.

Las líneas alcalinas utilizan como agente electrolítico estannatos, potásicos o sódicos; las líneas ácidas utilizan cloruro estannoso (Halógena) o fenoldisulfonato de estaño (Ferrostan). Como ilustración mencionaremos que en la actualidad aproximadamente el 20% de la hojalata producida en Estados Unidos proviene de líneas alcalinas mientras que el 80% restante se procesa en líneas ácidas; expansiones proyectadas en plantas existentes o nuevas se están realizando a base de la instalación de líneas ácidas.

Las ventajas que ofrece el proceso alcalino son las siguientes:

- 1.- No se necesitan tanques, tubería o bombas diseñadas para resistir el ataque corrosivo y producido por el electrolito.
- 2.- El electrolito utilizado en las líneas actúa en cierta medida como detergente, por consiguiente la necesidad de lavar la cinta de acero en la parte inicial de la línea de estañado se reduce considerablemente.
- 3.- El costo de la solución alcalina es inferior al de las soluciones utilizadas en las líneas ácidas.
- 4.- La cantidad de lodo precipitado en los tanques es menor que el que se obtiene en las líneas ácidas.
- 5.- El control de la solución electrolítica es más simple que el requerido por los electrolitos ácidos.

En contraposición con las ventajas de las líneas alcalinas existen las siguientes condiciones favorables en la operación de una línea ácida.

- a).- Solamente se requiere el hacer circular la mitad de los amperes requeridos por la línea alcalina para lograr depositar sobre la chapa de acero una película con la misma cantidad de estaño. Debe hacerse notar, sin embargo, que las densidades de corriente requieren de voltajes ligeramente superiores a los utilizados en las líneas alcalinas.
- b).- En el proceso ácido la acción electrolítica se realiza a una eficiencia más alta que la encontrada en las líneas alcalinas; en términos generales se puede decir que mientras



las líneas ácidas se encuentran eficiencias del 98%, las líneas alcalinas operan con eficiencias alrededor del 65%.

c).- En el proceso ácido es posible operar con más altas densidades de corriente; se requieren menores áreas en los electrodos de estaño.

d).- Se ha encontrado en la práctica que la cantidad de rechazos obtenidos en las líneas ácidas es inferior a los producidos en el proceso alcalino.

e).- No es necesario el parar la línea para poder cambiar ánodos.

f).- El reducir la velocidad e incluso parar la línea ácida produce una cantidad de rechazos muy inferior a los que resultarían de operarse una línea alcalina.

Una línea de estañado electrolítico se divide en varias secciones. La primera de ellas contiene el equipo necesario para alimentar la chapa de acero en forma continua. Este equipo usualmente necesita de dos desenrolladores, una cizalla de doble corte, una soldadora y un par de rodillos de tensión que alimenten la cinta a una fosa de almacenamiento que permitirá seguir alimentando la línea durante el tiempo requerido para efectuar el soldado a tope del extremo final de un rollo con el extremo inicial del segundo.

Del otro lado de la fosa de almacenamiento, y formado parte de la segunda sección de la línea que sería la de preparación, se instala un grupo tensor a base de rodillos de diámetro relativamente grande para proporcionar un ángulo de contacto que permite desarrollar altas velocidades en la cinta de acero con el fin de evitar desplazamientos con referencia a los ánodos lo cual produciría aplicaciones no uniformes de películas de estaño. La preparación de la cinta incluye una operación de limpieza alcalina, usualmente electrolítica, y una operación de decapado. La parte relativa al lavado electrolítico es similar a la utilizada en la línea continua que procesa la chapa de acero al salir

de reducción en frío, antes de entrar a recocido. En las líneas alcalinas el decapado se realiza en tanques con solución conteniendo ácido sulfúrico del 10% al 15% a temperatura de 150°F a 160°F.

En las líneas ácidas a las cuales, por la naturaleza del electrolito utilizado - requieren preparar la cinta en un grado mayor, las soluciones que se utilizan tienen de 20% a 25% de ácido sulfúrico y temperaturas de 200°F a 220°F. Atención especial se da en líneas ácidas a la operación de eliminar residuos de ácido sulfúrico a la salida de los tanques de agua. Por esta razón se emplean frecuentemente cepillos rotatorios de diseño elaborado.

La tercera sección de una línea de estañado es aquella en donde se realiza el depósito de estaño por métodos electrolíticos. Independientemente de la línea utilizada, la corriente eléctrica es transmitida a la cinta de acero por medio de rodillos conductores equipados con cepillos colectores. Debido a las altas corrientes transmitidas por los rodillos empleados en las líneas ácidas, los rodillos conductores son de cobre; en líneas alcalinas, sin embargo estos rodillos usualmente se construyen a base de tubos de acero. El electrolito y ánodos en las líneas ácidas, se encuentran en pequeñas celdas individuales; la recirculación del electrolito se realiza a través de estas celdas desde tanques localizados en el sótano. En líneas alcalinas el electrolito se encuentra en un simple tanque en el cual se montan los rodillos conductores; aquí no se hace la circulación del electrolito mientras la línea está en operación, simplemente se vacía a un tanque de almacenamiento durante paradas.

La sección de acabado usualmente incluye tres operaciones. La primera de ellas está destinada a obtener un acabado brillante así como una liga química entre el fierro y el estaño, similar a la obtenida en el proceso de estañado por inmersión. Esto -

se consigue por medio de la fusión incipiente o fusión momentánea del estaño por medio de combustión indirecta a base de tubos radiantes o métodos eléctricos tales como empleo de rodillos conductores similares a los utilizados en la sección de electrolisis. Un método empleado recientemente consiste en inducir corrientes de alta frecuencia a la cinta estañada con lo cual se elimina el establecer contacto directo con la misma. La segunda operación consiste en tratar químicamente la hojalata con el fin de producir una delgada película de óxido de estaño con el fin de prevenir una oxidación posterior que se manifiesta como decoloramiento de la cinta; esta oxidación no sólo es detrimental desde el punto de vista de presentación sino que además hace decrecer la adhesión de esmaltados, dificulta la operación de soldado y, bajo ciertas condiciones, reduce la vida de alimentos en conserva. Los agentes químicos utilizados comúnmente son soluciones de ácido crómico. Después de realizar este tratamiento térmico la cinta se hace pasar por un tanque de agua pura y posteriormente secado por medio de vapor o aire caliente.

La tercera operación consiste en aplicar una película de aceite para prevenir abrasión durante operaciones de almacenaje, así como proporcionar cierta cantidad de lubricación en operaciones posteriores de maquinado, y dar cierta protección adicional en contra de posible oxidación en almacenaje. El aceite a utilizarse no deberá interferir con operaciones posteriores de esmaltado o litografiado.

Si la línea se va a operar para producir hojalata diferencial con distintos recubrimientos en las dos caras se deberá incorporar a la línea algún mecanismo que permita identificar al consumidor de hojalata el lado con el mayor espesor de estaño que es precisamente el que entrará en contacto con el alimento a envasarse. En la práctica se utilizan tres tipos de máquinas para identificar el lado más rico en estaño en una hojalata:

- a).- Impresión por medio de rodillos a base de la utilización de aceites o diversas soluciones que marcan la lámina con un diseño específico.
- b).- Tratamiento anódico de uno de las caras de la cinta antes de la operación de fusión incipiente del estaño, lo cual origina que el lado tratado presente una superficie opaca.
- c).- Producir un acabado mate en uno de los lados de la cinta durante la operación de templado.

Dentro de la sección de acabado se instala un grupo tensor antes de que la cinta estañada entre a una fosa de almacenamiento localizada ya dentro de la última sección de la línea que consiste de equipo de enrollado y/o equipo de corte a longitud, de inspección y clasificación. El equipo básico dentro de esta sección consiste de un grupo tensor para extraer la cinta de la fosa de almacenamiento, una cizalla de doble corte y dos enrolladores para el caso de producir hojalata en rollos. Este no será el equipo final de nuestra línea; por razones económicas y de condiciones de mercado en una primera etapa sólo se instalará equipo de corte a longitud el cual incluirá un transportador de banda con detector de puntos sin estañar, indicador de espesor de la cinta, una cizalla volante, un clasificador para rechazos y hojalata de primera y contadores electrónicos de hojas. La línea procesará material con espesores variables de 0.0239" a 0.006" en anchos de 18" a 36". Los rollos que entrarán a la línea tendrán un peso máximo de 13,000 libras, diámetro interior de 20" y 64" de diámetro exterior máximo. Las hojas estañadas cortadas a longitud tendrán largos variables de 18" y 37-1/2"; la línea tendrá una velocidad máxima de operación de 350 FPM.

#### VI - Talleres

Para el reacondicionamiento de los rodillos se tendrá un taller con un torno y un rectificador para torneado o rectificar según sea necesario, los rodillos de apoyo y -

de trabajo del molino descascarillador, del molino reversible en caliente y del molino de combinación reducción en frío temple. Para transferencia de los rodillos se instalaría un carro de cuatro ruedas que sobre una vía comunicaría el taller de rodillos con el edificio de molinos calientes; ésto se puede ver en el página No.

Para el mantenimiento en general de la planta se instalarían talleres mecánicos, de pailería, de carpintería, de fundición, etc. Estos talleres se equiparían con el equipo adecuado a las necesidades de la planta.

### VII - Energía eléctrica

Las características eléctricas de la planta serían 440/220 volts, 60 cilos, 3 - fases. La demanda estimada de 15 minutos en KW y el consumo mensual de KWH se indican a continuación.

#### Máxima demanda en 15 minutos

Molinos procesos auxiliares y servicios	14000
Horno eléctrico	<u>16000</u>
TOTAL KW	30000

#### Consumo mensual de energía eléctrica

Molinos y procesos auxiliares y servicios	3,500,000
Horno eléctrico	<u>4,500,000</u>
TOTAL KWH	8,000,000

### VIII - Calderas

Los procesos auxiliares de la planta, tales como líneas de decapado, línea de lavado, línea de estañado, etc. necesitan vapor; para ésto se instalarían calderas de gas con una capacidad aproximada de 16000 Kg por hora.

El consumo por hora y por mes de los principales procesos auxiliares es el si -

guiente:

<u>Proceso</u>	<u>Turnos por día</u>	<u>Consumo</u>	
		<u>Kg por hora</u>	<u>1000 Kg por mes</u>
Decapado	1	4500	1100
Lavado alcalino	2	5500	2600
Estañado electrolítico	3	4500	3300
Misceláneos	3	1300	900
		<u>15800</u>	<u>7900</u>
IX - <u>Agua</u>			

Las necesidades de la planta serían aproximadamente de 57 metros cúbicos de agua por hora; 1500 metros cúbicos por mes.

#### X - Gas natural

Se usará gas natural en todos los procesos donde haya necesidad de calentar.

La demanda mensual se ha calculado de la siguiente manera, romando 10230 Kg calorías por metro cúbico el poder calorífico del gas.

	<u>Metros cúbicos por mes</u>
Calderas	800,000
Horno recalentamiento planchones	1100,000
Hornos del molino reversible en caliente	70,000
Hornos de recocido	150,000
Colado continua	30,000
Misceláneos	<u>20,000</u>
	<u>2,170,000</u>

## CAPITULO V

### Costos de construcción.

La estimación de costos de construcción para la planta semi-integrada de acero aquí propuesta está basada en los medios de producción descritos en la sección anterior y mostrados en las páginas 128 y 129. Estas estimaciones se muestran en la tabla I de la página 128 y en la tabla II de la página 129. Gastos de construcción y materiales en Colombia se muestran por separado para cada una de las principales divisiones en la página 129. Para mayor claridad los costos de construcción han sido desglosados en la página 128 mostrándose los desembolsos en Estados Unidos y en Colombia, por equipo, materiales y servicios.

Los costos de los equipos se han estimado a base de reciente información obtenida de casas suministradoras de equipo de los Estados Unidos. Todos los costos indicados incluyen empaque especial para exportación y flete hasta Colombia. Los costos de cimentación e instalación están basados en salarios y materias primas colombianas.

Los costos de cimentación e instalación de equipo para quienes no estén familiarizados con la industria pesada; como ejemplo diremos que en los Estados Unidos estos costos alcanzan en término medio el 50% del valor de los equipos. En este caso se ha tomado sólo el 25% del costo del equipo por considerarse que aunque la experiencia que hay en Colombia para esta clase de trabajo es elemental, la mano de obra, la materia prima y tipo de construcción permitirán una construcción mas económica.

Dentro de los costos de cimentación e instalación se incluyen los de ingeniería civil, tubería de agua, gas, conductores eléctricos, drenajes, etc.

En las estimaciones generales de costos de construcción además del terreno e-

instalación de equipo se incluye los desembolsos por ingeniería, supervisión, herramientas y equipo para construcción, administración, compras, embarques, inspección de materiales y equipos, seguros, etc. Los impuestos aplicables a maquinaria, equipo ó materiales, no han sido incluidos.

Los costos por partes de refacción no han sido incluidos en las estimaciones de costos de construcción mostrados en las páginas 128 y 129 debido a que tales desembolsos no son usualmente considerados como parte del capital de la empresa. El gasto en el que se incurrirá al adquirir las partes de repuesto esenciales para la operación y mantenimiento de la planta se estima en 400,00 dólares los cuales deberán ser incluidos en el capital de activo circulante o también llamado capital de trabajo.

La planta de acero propuesta puede ser en el futuro aumentada en 100,000 toneladas adicionales de acero con solo un aumento en el capital de 13,000,000 de dólares basándose en los costos actuales. Para lograr este aumento habría la necesidad de adquirir un nuevo horno eléctrico, de la misma capacidad que el descrito en la sección anterior equipo terminador de placa, cortadora en caliente, molino combinación en frío para reducción y temple, hornos de recocido, conversión de la línea de lavado alcalina en electrolítica, adiciones mecánicas y eléctricas a la línea de estañado, aumento en la capacidad generadora y en las dimensiones de los edificios según sea requerido.

Estas adiciones, aproximadamente doblarán la capacidad inicial de producción de la planta e incluirán placa rolada en caliente y lámina rolada en caliente cortada en tamaño según requerimientos del cliente como nuevos productos, bajo una inversión cercana al 33% del costo de construcción original de la planta.



## CAPITULO VI

### COSTOS DE PRODUCCION Y PRECIOS DE VENTA

La estimación de los costos de producción esta basada en las ventas propuestas y en los programas de operación usandose materias primas, procesos y medios de producción tales como fueron descritos en Secciones anteriores. Costos unitarios y créditos usados en los costos estimados de producción están indicados en la siguiente tabla.

#### Costos Unitarios y Créditos usados en la Estimación de Costos de Producción

<u>Artículo:</u>	<u>Unidad:</u>	<u>Costo: (US Dls.</u>
<u>Materiales - Dentro de la planta</u>		
Costras de laminación	Tonelada	7.00
Chatarra	Tonelada	35.00
<u>Materiales - Importados</u>		
Ferroaleaciones	Tonelada	220.00
Chatarra	Tonelada	50.00
Estaño	Libra	1.00
<u>Servicios</u>		
Electricidad (a)	Kwhr	0.0054
Gas natural	M cu ft	.26
Vapor	M lb	.45
Agua	M gal	.01
<u>Empleo</u>		
Mano de obra	Hombre-hora	0.55

Los costos unitarios y créditos mostrados en la tabla anterior fueron obtenidos directamente por fuentes de información Colombianas o calculados en base del equipo puesto en las secciones anteriores.

Los costos de producción estimados para los productos intermedios y para los -  
(a) Costo de Producción.

productos terminados están tabulados en la siguiente forma:

Estimación de Costos de Producción

<u>Producto:</u>	<u>Costo por Tonelada: (US Dólares)</u>
<u>Intermedio</u>	
Acero líquido	64
Planchones	72
Rolls laminados en caliente	80
<u>Terminado</u>	
Rolls laminados en caliente (a)	87
Rolls laminados en frío	100
Hojas laminadas en frío	109
Lámina estañada baño de 0.50 lb. (b)	131
Lámina estañada baño de 1 lb. (b)	144

(a) decapados y aceitados

(b) electrolítico.

Los costos estimados de producción incluyen el costo de materiales, trabajo - directo e indirecto, reparación y mantenimiento, suministros y servicios, revestimiento y - reconstrucción de hornos, rodillos, trabajos generales, crédito para productos estañados de segunda clase, impuestos sobre importaciones de equipo o materiales requeridos en la plan - ta. Esta estimación de costos no incluye cargos fijos sobre inversión del capital, gastos ge - nerales administrativos y de ventas, seguros y impuestos locales.

Un detallado desglosamiento de los costos esta dado en las páginas 112 a 126

Precios Estimados de Venta

Los precios de venta de cada producto que sera manufacturado en la planta han sido establecidos como equivalente al menor costo de los mismos productos importados a Colombia incluyendo transportación, seguros y los aplicables impuestos Colombianos de importación.

Precios Estimados de Venta

Producto:	<u>Precio Por Tonelada</u> US Dólares
Rollos laminados en caliente (a)	190
Rollos laminados en frío	220
Hojas laminadas en frío	240
Lámina estañada - baño de 0.50 lb. (b)	280
Lámina estañada - baño de 1.00 lb. (b)	300

(a) Decapados y aceitados

(b) Electrolíticos

ESTIMACION DETALLADA DE LOS COSTOS DE PRODUCCION

Acero Líquido Proveniente del Horno Eléctrico

<u>Artículo</u>	<u>Costo por Tonelada de Acero Líquido</u> <u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo de Materiales Metálicos</u>	
Chatarra del interior de la planta - 0.205 Ton	7.18
Chatarra Importada - 0.848 Ton.	42.40
Costas de laminación - 0.006 Ton.	.04
Ferroleaciones - 6.6 Kg.	<u>1.45</u>
Costo bruto de materiales metálicos	51.07
 <u>Menor Crédito</u>	
Chatarra reemperada en el horno eléctrico - 0.013 Ton	<u>.46</u>
Costo neto de materiales metálicos	50.61
<u>Fuentes, etc.</u>	.68
<u>Costos de Transformación (electrodos, refractarios, etc.)</u>	<u>12.77</u>
Costo total de acero líquido proveniente del horno eléctrico	64.06
<u>A usarse para fines prácticos</u>	<u>64.00</u>

Planchones Colados Continuamente

<u>Artículo</u>	<u>Costo por tonelada de planchones co-</u> <u>lados continuamente</u> <u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo del Acero</u>	
Acero Líquido - 1.075 Tons.	68.86
<u>Menos Crédito</u>	
Chatarra reemperable - 0.075 Tons.	<u>2.62</u>
Costo neto del acero	66.24
<u>Costo de transformación (combustibles, refractarios, lubricantes etc.).</u>	<u>5.39</u>
Costo total de planchones colados continuamente	71.63
<u>A usarse para fines prácticos</u>	72.00

Rollos Laminados en Caliente

Costo por Tonelada de Acero en Rollos Laminados en Caliente  
U.S. DOLARES

ArtículoCosto de Acero

Planchones	-1.042 Ton	74.64
------------	------------	-------

Menos Créditos

Chatarra	-0.032 Ton	1.12
----------	------------	------

Costras de Laminación	- .007 Ton	<u>.05</u>
-----------------------	------------	------------

Crédito Total		<u>1.17</u>
---------------	--	-------------

Costo neto del acero		73.47
----------------------	--	-------

Costo de Transformación (combustible, lubricantes, energía, etc.)		<u>6.79</u>
---	--	-------------

Costo total de rollos laminados en caliente		80.26
---	--	-------

A usarse para fines prácticos		80.00
-------------------------------	--	-------

Rollos laminados en Caliente, Decapados y Aceitados

<u>Artículo</u>	<u>Costo por tonelada de acero en ro llos laminados en caliente, decapa dos y aceitados</u> <u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo del Acero</u>	
Rollos laminados en caliente	- 1.064 Ton. 85.40
<u>Menos Crédito</u>	
Chatarra	- 0.055 Ton. <u>1.92</u>
Costo neto del acero	83.48
<u>Costo de transformación (combustible, energía, ácido, aceite, etc.)</u>	<u>2.66</u>
Costo total de rollos laminados en caliente decapados y aceitados	85.14
<u>Gastos de Embarque:</u>	<u>.76</u>
Costo total de rollos laminados en caliente decapados y aceitados	85.90
A usarse para fines prácticos	87.00

Rollos Laminados en Frío - (Para Lámina Estañada)

Costo por Tonelada de Acero en  
Rollos Laminados en Frío  
U.S. Dólares.

ArtículoCosto del Acero

Rollos Decapados	- 1.020 Tons.	87.86
------------------	---------------	-------

Menos Crédito

Chatarra	- 0.020 Ton.	<u>.70</u>
----------	--------------	------------

Costo Neto del Acero		87.16
----------------------	--	-------

<u>Costo de Transformación (Energía, lubricantes etc.)</u>		<u>4.42</u>
--	--	-------------

Costo Total de Rollos Laminados en Frío (Para Lámina Estañada)		91.58
--	--	-------



Rollos Laminados en Frío (otros usos que lámina estañada)

<u>Artículo</u>		<u>Costo por Tonelada de Acero en Rollos Laminados en Frío U.S. Dólares</u>
<u>Costo del Acero</u>		
Rollos decapados	- 1.020 Tons	87.86
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- 0.020 Ton	<u>.70</u>
Costo Neto del Acero		87.16
<u>Costo de Transformación (energía, lubricantes, etc.)</u>		<u>3.91</u>
Costo Total de Rollos Laminados en Frío (Otros - usos que lámina estañada)		91.07

Rollos Lavados (para lámina estañada)

<u>Artículo</u>		<u>Costo por Tonelada de Acero en Rollos Lavados U.S. Dólares</u>
<u>Costo del Acero</u>		
Rollos laminados en frío	- 1.005 Ton	92.04
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- 0.005 Ton	<u>.18</u>
Costo Neto del Acero		91.86
<u>Costo de Transformación</u>		<u>2.86</u>
Costo Total de Rollos lavados (para lámina estañada)		94.72

Rollos Lavados (otros usos que lámina estañada)

<u>Artículo</u>		<u>Costo por tonelada de Acero en - rollos lavados U.S. Dólares.</u>
<u>Costo del Acero</u>		
Rollos laminados en frío	- 1.005 Ton	91.53
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- .005 Ton.	<u>.18</u>
Costo Neto del acero		91.35
<u>Costos de transformación</u> (energía, acidos, agua, etc.)		<u>2.86</u>
Costo total de rollos lavados para otros usos que lámina Estañada		94.21

Rollos Recocidos (para lámina estañada)

<u>Artículo</u>	<u>Costo por tonelada de acero en ro llos recocidos</u> <u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo del Acero</u>	
Rollos lavados - 1.002 Ton.	94.91
<u>Menos Crédito</u>	
Chatarra - .002 Ton	<u>.07</u>
Costo Neto del acero	94.84
<u>Costo de transformación (combustibles, energía, agua, etc.)</u>	<u>3.16</u>
Costo total de rollos decapados para lámina estañada	98.00

Rollos Recocidos (otros usos que lámina estañada)

<u>Artículo</u>	<u>Costo por tonelada de acero en ro llos recocidos</u> <u>U.S. DÓLARES</u>
<u>Costo de Acero</u>	
Rollos lavados - 1.002 Ton	94.40
<u>Menos Crédito</u>	
Chatarro - .002 Ton	<u>.07</u>
Costo Neto del Acero	94.33
<u>Costo de Transformación (energía, combustible, etc.)</u>	<u>3.16</u>
Costo total de rollos recocidos para otros usos que lámina estañada	97.49

Rollos Templados (para lámina estañada)

<u>Artículo</u>	<u>Costo por tonelada de acero en - rollos templados</u>	<u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo del Acero</u>		
Rollos templados	- 1.010 Ton.	98.98
 <u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- .010 Ton.	<u>.35</u>
 Costo neto del acero		 98.63
 <u>Costo de transformación (energía, lubricantes, etc.)</u>		 <u>2.37</u>
 Costo total de rollos de acero templados para ser usados en lámina estañada		 101.00

Rolls Templados (otros usos que lámina estañada)

<u>Artículo</u>	<u>Costo por tonelada de acero en rollos templados</u>	<u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo de Acero</u>		
Rollos recocidos	- 1,010 Ton.	98.46
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- .010 Ton.	<u>.35</u>
Costo neto del acero		98.11
<u>Costos de Transformación (energía, lubricantes, etc.)</u>		<u>2.08</u>
Costo total de rollos de acero templado para otros usos que lámina estañada		100.19
<u>Gastos de Embarque</u>		<u>.24</u>
Costo total de rollos de acero templado - a la venta		100.43
A usarse para fines prácticos		100.00

Hojas Roladas en Frío

Costo por tonelada de acero en ho  
jas laminadas en frío.

<u>Artículo</u>		<u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo de Acero</u>		
Rollos recocidos	- 1.052 Ton.	105.40
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- .052 Ton.	<u>1.82</u>
Costo neto del acero		103.58
<u>Costo de Transformación</u> (energía, lubricantes, etc.)		<u>2.55</u>
<u>Gastos de Embarque</u>		<u>2.53</u>
Costo total de hojas roladas en frío a la venta		108.66
A usarse para fines prácticos		109.00



Lámina Estañada Electrolyticamente (baño de 1/2 lb).

<u>Artículo</u>	<u>Costo por Tonelada de Lámina estañada electrolyticamente</u>	<u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo de materiales</u>		
Rollos de acero templados - 1.130 Ton		114.13
Estaño - 6.6 Kg.		<u>14.55</u>
Costo total de materiales		128.68
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra - 0.057 Ton.		2.00
Secundarios, etc. - .080 Ton.		<u>12.64</u>
Créditos totales		<u>14.64</u>
Costo neto de materiales		114.04
Gastos de Transformación (lubricantes, energía, combustibles, etc.)		<u>13.36</u>
Costo total de lámina estañada electrolyticamente en baño de 1/2 libra.		127.40
<u>Gastos de Embarque</u>		<u>3.33</u>
Costo total de lámina estañada electrolyticamente con baño de 1/2 libra a la venta.		130.73
<u>A usarse para fines prácticos</u>		131.00

Lámina estañada electrolíticamente (baño de 1 lb.)

<u>Artículo</u>	<u>Costo por Tonelada de Lámina Estañada Electrolíticamente.</u>	<u>U.S. DOLARES</u>
<u>Costo de Materiales</u>		
Rollos de Acero templado	- 1.125 Ton.	113.62
Estaño	- 13.2 Kg.	<u>29.11</u>
Costo total de materiales		142.73
<u>Menos Crédito</u>		
Chatarra	- 0.055 Ton.	1.92
Secundarios	- .080 Ton.	<u>13.60</u>
Créditos Totales		<u>15.52</u>
Costos netos de materiales		127.21
<u>Costos de transformaciones (energía, lubricantes, etc.)</u>		<u>13.36</u>
Costo total de lámina estañada electrolíticamente con baño de 1 lb.		140.57
<u>Gastos de Embarque</u>		<u>3.33</u>
Costo total de lámina estañada electrolíticamente con baño de 1 lb. - A la venta		143.90
<u>A usarse para fines prácticos</u>		144.00

## CAPITULO VII

### Analisis Financiero

#### Utilidades de operación:

Para nuestros analisis financieros tomaremos el año de 1965 como el año de iniciación de operaciones. En las tablas de las páginas y se muestra un sumario de las ventas anuales, costos de manufactura y utilidades de operación para cada año desde 1965 a 1969, inclusive. Los precios de venta y los costos de producción usados para preparar esta tabla están sacados del Capítulo VI. Para preparar esta tabla se ha asumido que los precios de venta permanecerán constantes durante el período de cinco años cubierto. El volumen de ventas de cada año de operación para cada producto está basado en las estimaciones de producción dados en Capítulos anteriores.

Para el año de 1965 se muestran unas utilidades de operación de 9531000 dólares; en los siguientes se muestra un pequeño aumento de las utilidades de operación debido a la ausencia de los gastos de puesta en marcha que se cargan al primer año de operación.

T A B L A

SUMARIO DE LA ESTIMACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION  
DESGLSADOS POR TIPO DE DESEMBOLSO

<u>A r t í c u l o</u>	<u>Desembolsos en E.U. en miles de dólares.</u>	<u>Desembolsos en Colombia en miles de dólares.</u>	<u>Costo Total en miles de dólares.</u>
Costo del terreno		100	100
Equipo principal incluyendo grúas	19,290		19,290
Equipo auxiliar incluyendo rodillos	2,670		2,670
Materiales para construcción	110	6,000	6,110
Mano de obra para cimentación e instalación		1,840	1,840
Ingeniería General	1,000		1,000
Supervisión del contratista, herramientas y equipo para construcción, gastos fijos y beneficios.	3,660	1,550	5,210
Flete de equipo y material comprado en los Estados Unidos	800		800
Artículos mezcláneos y contingencias.	<u>2,530</u>	<u>870</u>	<u>3,400</u>
	30,060	10,360	40,420

T A B L A

SUMARIO DE LA ESTIMACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<u>Medios de Producción.</u>	Equipo Importado, Ma- teriales y Servicios en Miles de dólares.	Mano de obra y materiales colom- bianos en miles de dólares.	Costo total en miles de dólares.
Costo del terreno y preparación del mismo		220	220
Acería y patio de chatarra	1,200	770	1,970
Máquina de colado continuo y accesorios	1,900	360	2,260
Laminación en caliente	7,870	2,380	10,250
Planta de generación eléctrica	4,870	890	5,760
Laminación en frío y acabado	8,400	3,490	11,890
Mantenimiento y taller de rodillos	1,100	20	1,120
Casa de máquinas	500	180	740
Distribución eléctrica	900	350	1,250
Distribución de gas, agua y vapor		320	320
Cañerías y sistema de tratamiento		50	50
Construcciones adicionales	730	460	1,190
Artículos misceláneos y contingencias	<u>2,530</u>	<u>870</u>	<u>3,400</u>
	30,660	10,360	40,420

T A B L A

SUMARIO DE VENTAS Y COSTOS DE PRODUCCION 1965-1969 POR TONELADA

PRODUCTO	TONELADAS	PRECIO DE VENTA DOLARES	COSTO DE PRODUCCION DOLARES	UTILIDAD OPERA CION DOLARES
Chapa rolada en caliente (a)	25,000	190	87	103
Chapa rolada en frío	5,000	220	100	120
Lámina rolada en frío	12,000	240	109	131
Lámina estañada - 0.50 Lbs.	30,000	280	131	149
Lámina estañada - 1.00 lbs.	<u>4,000</u>	<u>3,000</u>	<u>144</u>	<u>156</u>
TOTAL Y PROMEDIO	76,000	241	112	129
Gasto de puesta en marcha cargados a operaciones, -- 1965 solamente	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
TOTAL Y PROMEDIO 1965 solamente	76,000	241	116	125

(a) Decapada y aceitada

T A B L A

SUMARIO DE VENTAS Y COSTOS DE PRODUCCION 1965 - 1969 POR AÑO ( MILES)

<u>PRODUCTO</u>	<u>PRECIO DE VENTA DOLARES</u>	<u>COSTO DE PRODUCCION DOLARES</u>	<u>UTILIDAD DE PRODUCCION DOLARES</u>
Chapa rolada en caliente (a)	4,750	2,175	2,575
Chapa rolada en frío	1,100	500	600
Lámina rolada en frío	2,880	1,308	1,572
Lámina estañada - 0.50 lbs.	8,400	3,930	4,470
Lámina estañada - 1.00 lbs.	<u>1,200</u>	<u>576</u>	<u>624</u>
TOTAL	18,330	8,489	9,841
Gastos de puesta en marcha carga dos a operaciones, 1965 solamente.	<u>---</u>	<u>310</u>	<u>( 310)</u>
TOTAL 1965 SOLAMENTE.	18,330	8,799	9,531

T A B L A

SUMARIO DE OPERACIONES FINANCIERAS Y UTILIDADES RETENIDAS  
( MILES DE DOLARES )

<u>ESTADO DE OPERACIONES</u>	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>
Ventas Anuales	18,330	18,330	18,330	18,330	18,330
Costos de Producción	<u>8,799</u>	<u>8,489</u>	<u>8,489</u>	<u>8,489</u>	<u>8,489</u>
UTILIDAD DE OPERACION	9,531 (a)	9,841	9,841	9,841	9,841
MENOS:					
Gastos Administrativos y de Ventas	<u>730</u>	<u>730</u>	<u>730</u>	<u>730</u>	<u>730</u>
Utilidad Neta antes Depreciación	8,801	9,111	9,111	9,111	9,111
MENOS:					
Depreciación (8%)	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220
Gastos por intereses	<u>1,664</u>	<u>1,800</u>	<u>1,710</u>	<u>1,590</u>	<u>1,470</u>
UTILIDAD NETA	3,917	4,091	4,091	4,091	4,091
UTILIDAD NETA (ANTES GASTOS POR INTERÉS) % DE: Ventas Anuales	30.4	32.1	32.1	32.1	31.4
Inversión de Capital	13.0	14.4	15.1	15.9	16.5
Estado de Utilidades Retenidas	-	3,917	8,008	12,189	16,280
Utilidad Neta	<u>3,917</u>	<u>4,091</u>	<u>4,181</u>	<u>4,091</u>	<u>4,091</u>
UTILIDADES RETENIDAS - FIN BALANCE	3,917	8,008	12,189	16,280	20,371

(a) Incluye gastos de puesta en marcha de 310,000 dólares.



Con el propósito de preparar el análisis financiero de la propuesta planta de --  
acero, se han establecido las premisas siguientes:

- 1.- Las utilidades de operación son las formuladas en la página 132.<sup>32</sup> y
- 2.- Los gastos administrativos / de ventas se estiman en el 4 por ciento de las ventas netas.
- 3.- Se aplica una depreciación del 8 % anual a todo el equipo.
- 4.- El saldo de cuentas por cobrar está basado en un atraso de 60 días.
- 5.- El saldo de cuentas por pagar está estimado en 15 por-ciento de las ventas netas.
- 6.- El saldo de los inventarios de operación están estimados en 18 por-ciento de las ven-  
tas netas anuales.
- 7.- La necesidad de reemplazar equipo se estima se creará al comienzo del cuarto año de  
operaciones en un valor fijo anual de un veinticinquavo del costo original de la insta-  
lación.
- 8.- Los inversionistas locales aportarán un capital de 14,925,000 dólares.
- 9.- Un préstamo a largo término se conseguirá para cubrir las necesidades del capital.
- 10.- El préstamo a largo término tendrá un interés del 6 por ciento anual.

Para la operación de la planta se ha encontrado; basandonos en el costo de --  
construcción de la planta; que los siguientes estipulaciones son esenciales:

- 1.- Anteriormente al comienzo de las operaciones habrá la necesidad de contar con un ca  
pital de trabajo en la cantidad de 4,505,000 dólares.
- 2.- Un préstamo a largo plazo en la cantidad de 30,000,000 dólares se hará necesario pa-  
ra cubrir el capital requerido.
- 3.- El préstamo a largo plazo vencerá en 18 años. La amortización de este préstamo se ha-  
rá en 30 pagos semi-anales comenzando tres años después de haberse recibido el prés-  
tamo.
- 4.- Un préstamo a corto plazo en la cantidad de 1,500,000 se hará necesario para pagar-

intereses del préstamo a largo plazo.

Basandonos en los permisos y estipulaciones anteriores se ha preparado la tabla de la página donde se muestra un análisis de las operaciones financieras y utilidades retenidas durante los años de 1965 a 1969, inclusive.

Para un año completo de operaciones, la ganancia neta estimada, antes de pagar intereses será aproximadamente 5,891,000 dólares, esto es aproximadamente el 32 por ciento de las ventas anuales, o cerca del 13 por ciento del capital inicialmente invertido.

Las utilidades retenidas al final de cinco años de operación se estiman en cerca de 20,000,000 de dólares. El total acumulado en efectivo al cabo de esos cinco años se calcula en 26,000,000 de dólares aproximadamente. Asumiendo que 4,000,000 de dólares se deben conservar como capital de trabajo se tendrán cerca de 26,000,000 de dólares para pagar la deuda a largo plazo, construcciones adicionales o pago de dividendos.

## Resumen

La actividad industrial de Colombia depende en gran extensión de la importación de productos de acero debido a que la producción actual no satisface la demanda. A medida que la industrialización aumenta, la situación mencionada anteriormente se hará --mas crítica , sobre todo en lo que respecta a productos planos. En el estudio del mercado--mostrado en el Capítulo I, se muestra el déficit de productos planos de acero que habrá en los próximos años.

La fuga de divisas anuales está en contra de cualquier sistema nacional de progreso.

En Colombia existe una planta de acero, Acerías Paz del Río, S.A. que actualmente está produciendo 50000 toneladas de láminas rodadas en frío y cerca de 30000 toneladas de chapa para la producción de tubería. Esta acería está equipada con un molino manual reductor de láminas, y un molino estrecho para chapa. Con este equipo las aplicaciones del producto terminado estarán muy limitadas.

El consumo de lámina estañada habrá de seguir aumentando a un ritmo aproximado del 8% anual. Para 1966 se espera una producción de 48000 toneladas.

Toda la lámina estañada tiene que importarse debido a no haber ninguna instalación para su producción

### Productos.

Los productos a manufacturarse en la planta propuesta incluyen 25000 toneladas anuales de chapa rodada en caliente, decapada y aceitada, en rollos hasta de 40 pulgadas de ancho, 5000 toneladas de chapa rodada en frío en rollos hasta de 40 pulgadas de ancho, 12000 toneladas de lámina reducida en frío y 34000 toneladas de lámina estañada de 38 pulgadas de ancho. El acero requerido para estos productos terminados sería produci

do por la fusión de chatarra en un horno eléctrico de acero. Debido a que la chatarra no puede conseguirse localmente, habrá necesidad de importar cerca de 84000 toneladas anuales de diferentes países.

El acero líquido producido en el horno eléctrico será vaciado en la máquina de colado continuo para darle forma al solidificarse. Los planchones serán rodados en un molino de reducción en caliente hasta que su espesor permita se enrolle la chapa para subsecuentes operaciones. La chapa rodada en caliente será procesada en líneas de decapado y aceitado y posteriormente será de nuevo rodada en frío para obtener las dimensiones finales. Este producto se tratará en una línea de lavado, hornos de recocido y molino de temple, para darle finalmente características físicas apropiadas.

Los rollos de acero así preparados se procesarán a través de la línea de estaño-electrolítica para la obtención de lámina estañada.

La planta propuesta incluye servicios accesorios como, departamento de embarques, taller de rodillos, taller de mantenimiento, oficinas, enfermería, etc.

#### Costos de construcción

Los costos de construcción estimados para la planta propuesta son 40,420,000 dólares. La planta de acero podría expandirse en un futuro al doble de su capacidad con un costo aproximado de 13,500,000 dólares. Este gasto permitirá también la producción de placa en caliente y lámina rodada en caliente en medidas especiales.

#### Costos de producción y precios de venta.

Los costos de producción están basados en el equipo propuesto, costo de los materiales en Colombia, mano de obra local y ciertas eficiencias estimadas.

El costo de producción promedio será de 112 dólares por tonelada.

Los precios de venta han sido establecidos equivalentes al mínimo costo del mismo producto al importarse a Colombia. El precio de venta promedio será de 241 dólares

por tonelada.

### Utilidades.

La utilidad neta anual, anterior a pagarse los intereses sobre los préstamos, se estima en 5,891,000 dólares, lo que equivale al 32% de las ventas anuales ó al 13% del capital invertido originalmente. Las utilidades retenidas al final de cinco años de operación se estiman en cerca de 20,000,000 de dólares.

El total acumulado en efectivo al cabo de esos cinco años se calcula en ---  
26,000,000 de dólares.

### Beneficios de la Planta de Acero a Colombia.

Ahorro de divisas. Al producirse en la planta propuesta los productos mencionados anteriormente, quedarán en el país gran parte de los 18,330,000 dólares que costarían. A esto naturalmente habrá que descontar el costo de la chatarra, estaño, ferroaleaciones, accesorios, etc., que tendrán que importarse.

La creación de una planta como la propuesta dará trabajo a cerca de 800 personas. Se necesitarán trabajadores especializados, no especializados, empleados de oficina, supervisores y directores.

La planta ayudaría con el empleo de hombres y el ahorro de divisas, mas accesible el progreso industrial.

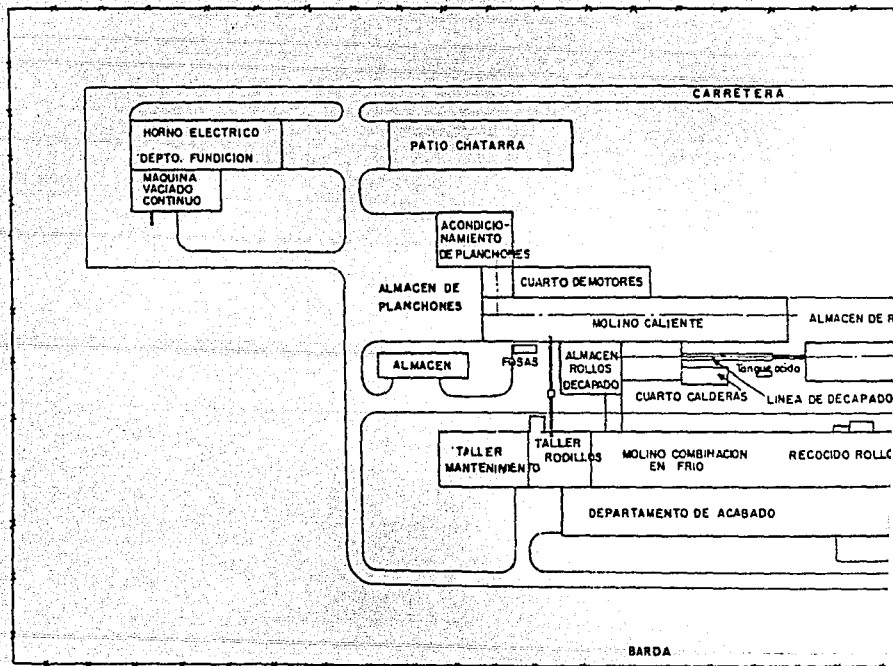


DIAGRAMA GENERAL DE LA PLANTA DE ACERO

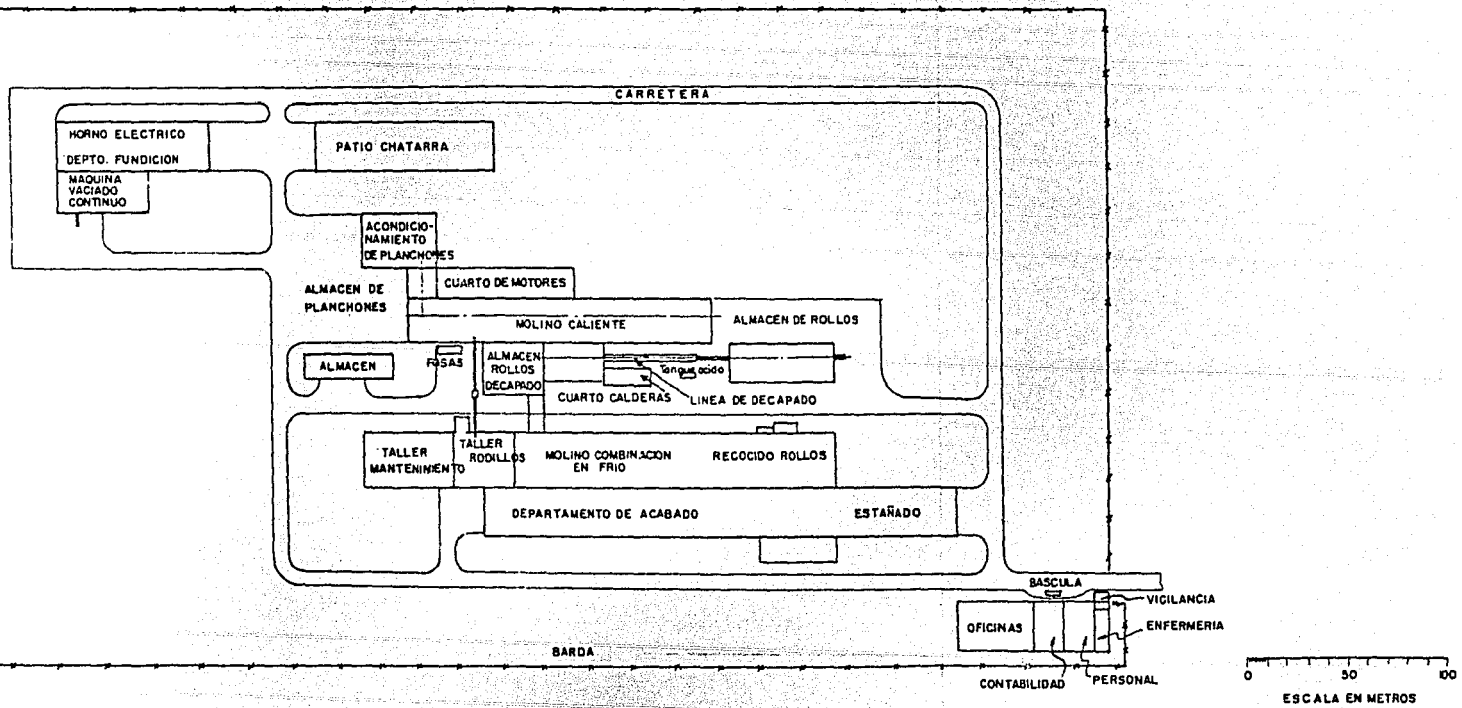
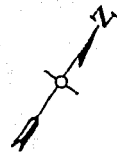
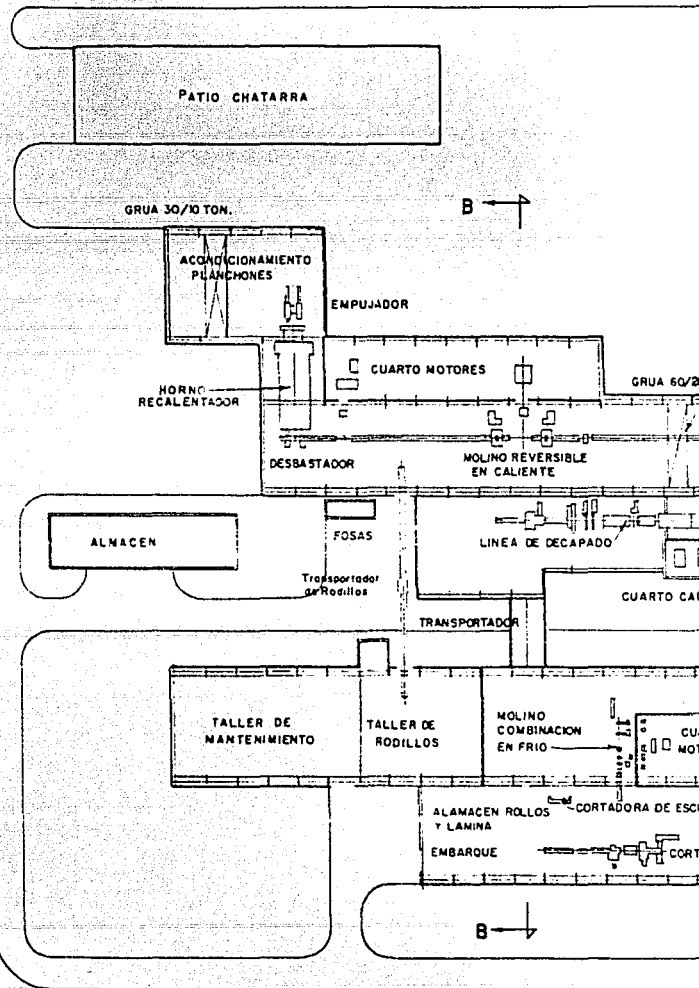
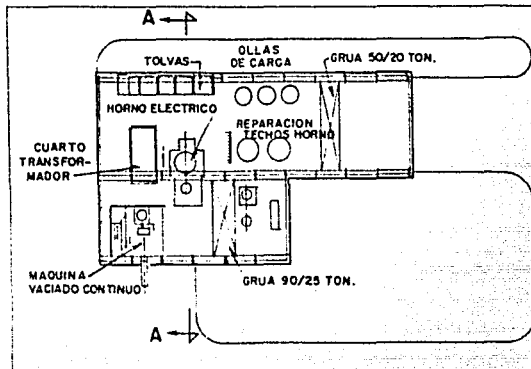
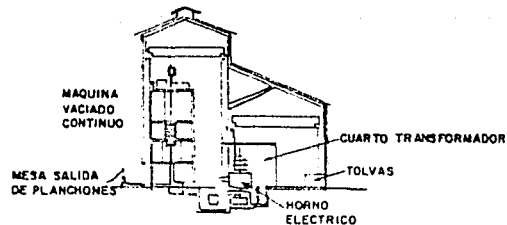


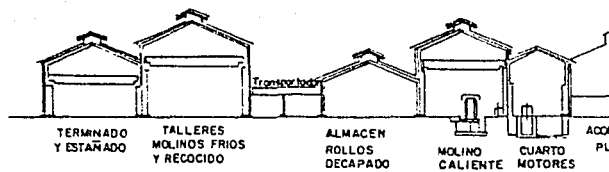
DIAGRAMA GENERAL DE LA PLANTA DE ACERO



**PLANTA**

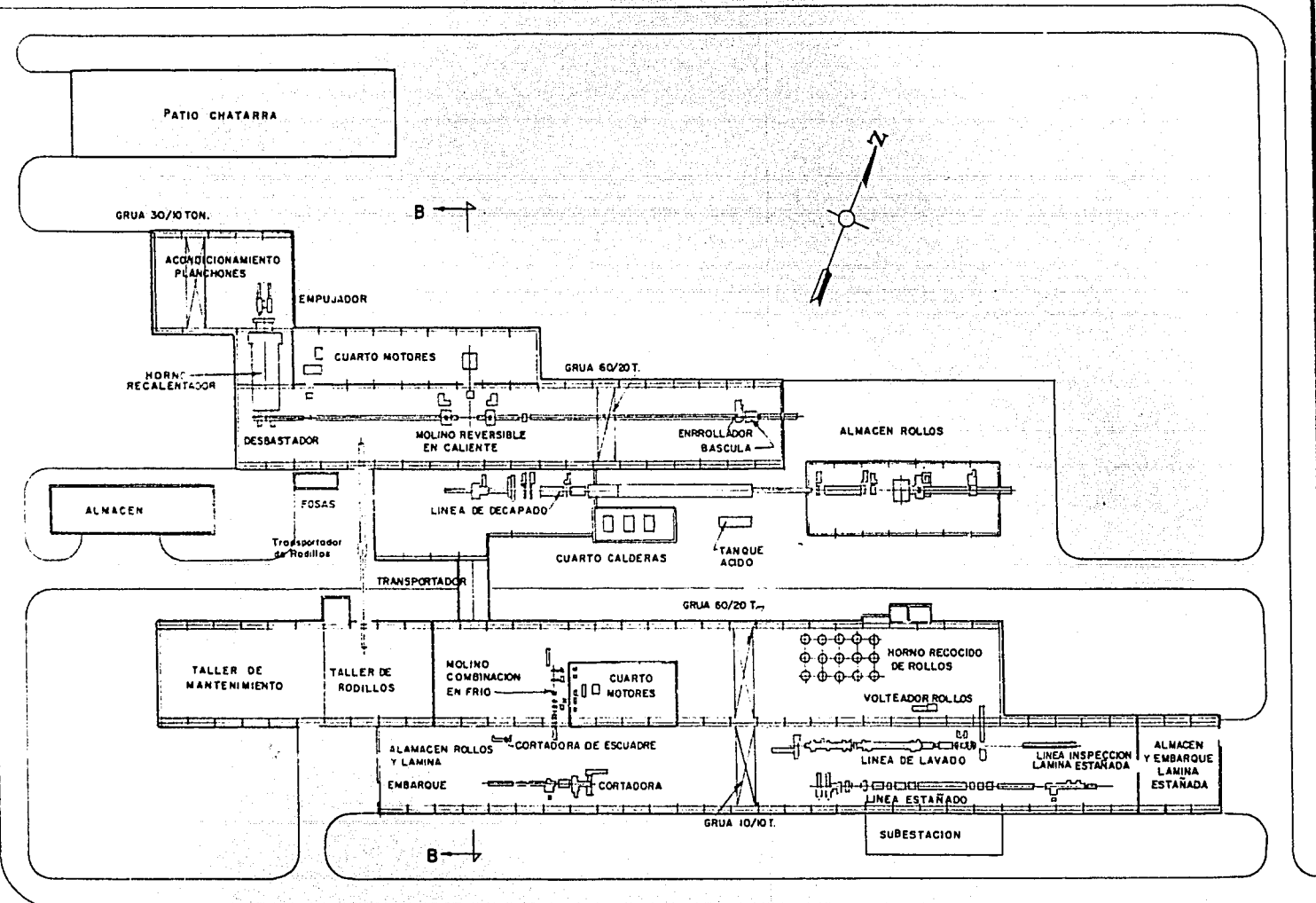


**SECCION A.-A.**

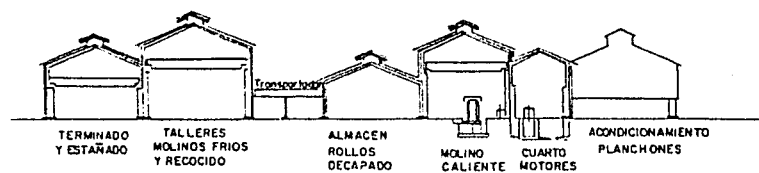


**SECCION B.-B.**





0 10 20 30 40 50 60  
 ESCALA EN METROS



SECCION B.-B.

DIAGRAMA DE PLANTA Y ELEVACION  
 DE LA PLANTA DE ACERO